

ISSN 2072-8352 (print)
ISSN 2310-7189 (online)



Вестник

МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОБЛАСТНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Серия

ЕСТЕСТВЕННЫЕ
НАУКИ

ИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ МЕРЗАЮЩЕ-ТАЁЖНЫХ
ЛАНДШАФТОВ НА ЮЖНОЙ ПЕРИФЕРИИ
КРИОЛИТОЗОНЫ В УСЛОВИЯХ
ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ
СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬ МОНОГОРОДОВ С УЧЕТОМ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ГРАДООБРАЗУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ
(НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

ФОРМИРОВАНИЕ КРАСНЫХ СПИСКОВ ЕВРОПЕЙСКИХ
БУЛАВООСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA:
HESPERIOIDEA ET PARCIONOIDEA): ПРОБЛЕМЫ
КРИТЕРИЕВ И ИНТЕГРАЦИИ РОССИЙСКИХ
ЭКОЛОГО-ФАУНИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ



2018/ № 1

ВЕСТНИК
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОБЛАСТНОГО УНИВЕРСИТЕТА

ISSN 2072-8352 (print)

2018 / № 1

ISSN 2310-7189 (online)

серия

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научный журнал основан в 1998 г.

Журнал «Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки» включён в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации (см.: Список журналов на сайте ВАК при Минобрнауки РФ) по наукам о Земле (25.00.00).

The academic journal is established in 1998

"Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Natural Sciences" is included by the Supreme Certifying Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation into "the List of leading reviewed academic journals and periodicals recommended for publishing in corresponding series basic research thesis results for a Ph.D. Candidate or Doctorate Degree" (See: the online List of journals at the site of the Supreme Certifying Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation). The journal features articles that comply with the content of such scientific branches as Earth Sciences (25.00.00).

ISSN 2072-8352 (print)

2018 / № 1

ISSN 2310-7189 (online)

series

NATURAL SCIENCES

BULLETIN OF THE MOSCOW REGION
STATE UNIVERSITY

Учредитель журнала «Вестник Московского государственного областного университета»:

Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области

Московский государственный областной университет

— Выходит 4 раза в год —

Научный совет «Вестника Московского государственного областного университета»

Хроменков П.Н. — к.филол.н., проф., ректор Московского государственного областного университета (председатель совета)

Ефремова Е.С. — к. филол. н., начальник Информационно-издательского управления Московского государственного областного университета (зам. председателя)

Клычников В.М. — к.ю.н., к.и.н., проф., проректор по учебной работе и международному сотрудничеству Московского государственного областного университета (зам. председателя)

Антонова Л.Н. — д.пед.н., академик РАО, Комитет Совета Федерации по науке, образованию и культуре

Асмолов А.Г. — д.псх.н., проф., академик РАО, директор Федерального института развития образования

Климов С.Н. — д.ф.н., проф., Российский университет транспорта (МИИТ)

Клобуков Е.В. — д. филол. н., проф., МГУ им. М.В. Ломоносова

Манойло А.В. — д.пол.н., проф., МГУ им. М.В. Ломоносова

Новоселов А.Л. — д.э.н., проф., Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова

Пасечник В.В. — д.пед.н., проф., Московский государственный областной университет

Поляков Ю.М. — к. филол. н., главный редактор «Литературной газеты»

Рюмцев Е.И. — д.ф.-м.н., проф., Санкт-Петербургский государственный университет

Хухуни Г.Т. — д.филол.н., проф., Московский государственный областной университет

Чистякова С.Н. — д. пед. н., проф., член-корр. РАО

ISSN 2072-8352 (print)

ISSN 2310-7189 (online)

Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. — 2018. — № 1. — 128 с.

Журнал «Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Регистрационное свидетельство ПИ № ФС77-65302.

**Индекс серии «Естественные науки»
по Объединенному каталогу «Пресса России» 40564**

© МГОУ, 2018.

© ИИУ МГОУ, 2018.

Редакционная коллегия серии «Естественные науки»

Ответственный редактор серии:

Медведков А.А. — к.г.н., Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Зам. ответственного редактора серии:

Евдокимов М.Ю. — к.г.н., доц., Московский государственный областной университет

Ответственный секретарь:

Гришаева Ю.М. — д.пед.н., доц., Московский государственный областной университет

Члены редакционной коллегии серии:

Алексеев А.И. — д.г.н., проф., Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; **Вакаш Икуджиро** — доктор наук, лектор, Университет Ритсумейкан (Япония); **Бакланов П.Я.** — ак. РАН, д.г.н., проф., Тихоокеанский институт географии ДВО РАН; **Галацкий Ливии-Даниэль** — доктор наук, лектор, Университет Овидиус (Румыния); **Гордеев М.И.** — д.б.н., проф., Московский государственный областной университет; **Горшков С.П.** — д.г.н., проф., Государственный университет «Дубна»; **Дачиана Сава** — доктор наук, лектор, Университет Овидиус (Румыния); **Емельянова Л.Г.** — к.г.н., доц., Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; **Зверев О.М.** — к.х.н., доц., Московский городской педагогический университет; **Коницев А.С.** — д.б.н., проф., Московский государственный областной университет; **Косов В.Н.** — д.ф.-м.н., проф., Казахский национальный педагогический университет имени Абая; **Крылов П.М.** — к.г.н., Московский государственный областной университет; **Мануков Ю.И.** — к.б.н., Московский государственный областной университет; **Москаев А.В.** — к.б.н., Московский государственный областной университет; **Мурадов П.З.** — д.б.н., проф., Институт микробиологии Национальной академии наук Азербайджана (Азербайджан); **Снисаренко Т.А.** — д.б.н., проф., Московский государственный областной университет; **Снытко В.А.** — чл.-корр. РАН, д.г.н., проф., Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова РАН; **Ткачева З.Н.** — к.п.н., доц., Московский государственный областной университет; **Чепалыга А.Л.** — д.г.н., Институт географии РАН; **Чернышенко С.В.** — д.б.н., к.ф.-м.н., проф., Университет Кобленц-Ландау (Германия); **Шумилов Ю.В.** — д.г.-м.н. проф., Московский государственный областной университет

Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), имеет полнотекстовую сетевую версию в Интернете на платформе Научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru), а также на сайте Московского государственного областного университета (www.vestnik-mgou.ru).

При цитировании ссылка на конкретную серию «Вестника МГОУ» обязательна. Воспроизведение материалов в печатных, электронных или иных изданиях без разрешения редакции запрещено. Опубликованные в журнале материалы могут использоваться только в некоммерческих целях. Ответственность за содержание статей несут авторы. Мнение редколлегии серии может не совпадать с точкой зрения автора. Рукописи не возвращаются.

**Адрес Отдела по изданию научного журнала
«Вестник Московского государственного
областного университета»**

г. Москва, ул. Радио, д.10А, офис 98

тел. (495) 780-09-42 (доб. 6401); (495) 723-56-31

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

Founder of journal «Bulletin of the Moscow Region State University»:
Moscow Region State University

———— Issued 4 times a year ————

Series editorial board
«Natural Sciences»

Editor-in-chief:

A.A. Medvedkov – Ph.D. in Geography, Lomonosov Moscow State University

Deputy editor-in-chief:

M.Yu. Evdokimov – Ph.D. in Geography, Associate Professor, Moscow Region State University

Executive secretary of the series:

Yu.M. Grishaeva – Doctor of Pedagogy, Associate Professor, Moscow Region State University

Members of Editorial Board:

A.I. Alekseev – Doctor of Geography, Professor, Lomonosov Moscow State University; **Wakai Ikujiro** – Doctor of Science, Lecturer, Ritsumeikan University (Japan); **P.Ya. Baklanov** – Member of RAS, Doctor of Geography, Pacific Geographical Institute Far-Eastern branch, Russian Academy of Sciences; **Galatchi Liviu-Daniel** – Doctor of Science, Lecturer, Ovidius University of Constanta;

M.I. Gordeyev – Doctor of Biology, Professor, Moscow Region State University;

S.P. Gorshkov – Doctor of Geography, Professor, Dubna State University; **Daciana Sava** – Doctor of Science, Lecturer, Ovidius University of Constanta (Romania);

L.G. Emalyanova – Ph.D. in Geography, Associate Professor, Lomonosov Moscow State University; **O.M. Zverev** – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor, Moscow City University; **A.S. Konichev** – Doctor of Biology, Professor, Moscow Region State University; **V.N. Kosov** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Abai Kazakh National Pedagogical University; **P.M. Krylov** – Ph.D. in Geography, Associate Professor, Moscow Region State University; **Yu.I. Manukov** – Ph.D. in Biology, Moscow Region State University; **P.Z. Muradov** – Doctor of Biology, Professor, Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Azerbaijan (Azerbaijan); **A.V. Moskaev** – Ph.D. in Biology, Moscow Region State University; **T.A. Snisarenko** – Doctor of Biology, Professor, Moscow Region State University; **V.A. Snytko** – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Geography, Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences; **Z.N. Tkacheva** – Ph.D. in Pedagogy, Associate Professor, Moscow Region State University; **A.L. Chepalysa** – Doctor of Geography, Institute of Geography, RAS; **S.V. Chernishenko** – Ph.D. in Physics and Mathematics, Doctor of Biology, Professor, University of Koblenz-Landau (Germany); **Yu.V. Shumilov** – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Moscow Region State University

The journal is included into the database of the Russian Science Citation Index, has a full text network version on the Internet on the platform of Scientific Electronic Library (www.elibrary.ru), as well as at the site of the Moscow Region State University (www.vestnik-mgou.ru)

At citing the reference to a particular series of «Bulletin of the Moscow Region State University» is obligatory. The reproduction of materials in printed, electronic or other editions without the Editorial Board permission, is forbidden. The materials published in the journal are for non-commercial use only. The authors bear all responsibility for the content of their papers. The opinion of the Editorial Board of the series does not necessarily coincide with that of the author. Manuscripts are not returned.

The Editorial Board address:
Moscow Region State University

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

Phones: (495) 780-09-42 (add. 6101); (495) 723-56-31

e-mail: vest_mgou@mail.ru; Site: www.vestnik-mgou.ru

Science council «Bulletin of the
Moscow Region State University»

P.N. Khromenkov – Ph. D. in Philology, Professor, Rector of MRSU (Chairman of the Council)

E.S. Yefremova – Ph. D. in Philology, Head of Information and Publishing Department (Vice-Chairman of the Council)

V.M. Klychnikov – Ph.D. in Law, Ph. D. in History, Professor, Vice-Principal for academic work and international cooperation of MRSU (Vice-Chairman of the Council)

L.N. Antonova – Doctor of Pedagogics, Member of the Russian Academy of Education, The Council of the Federation Committee on Science, Education and Culture

A.G. Asmolov – Doctor of Psychology, Professor, Member of the Russian Academy of Education, Principal of the Federal Institute of Development of Education

S.N. Klimov – Doctor of Philosophy, Professor, Russian University of Transport

E.V. Klobukov – Doctor of Philology, Professor, Lomonosov Moscow State University

A.V. Manoylo – Doctor of Political Science, Professor, Lomonosov Moscow State University

A.L. Novosjолоv – Doctor of Economics, Professor, Plekhanov Russian University of Economics

V.V. Pasechnik – Doctor of Pedagogics, Professor, MRSU

Yu.M. Polyakov – Ph.D. in Philology, Editor-in-chief of "Literaturnaya Gazeta"

E.I. Rjuntsev – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Saint Petersburg State University

G.T. Khukhuni – Doctor of Philology, Professor, MRSU

S.N. Chistyakova – Doctor of Pedagogics, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Education

ISSN 2072-8352 (print)

ISSN 2310-7189 (online)

Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Natural sciences. – 2018. – № 1. – 128 p.

The series «Natural sciences» of the Bulletin of the Moscow Region State University is registered in Federal service on supervision of legislation observance in sphere of mass communications and cultural heritage protection. The registration certificate ПИ № 0С77-65302.

Index series «Natural sciences» according
to the union catalog «Press of Russia» 40564

© MRSU, 2018.

© MRSU Publishing house, 2018.

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ ОТВЕТСТВЕННОГО РЕДАКТОРА.....	6
----------------------------------	---

РАЗДЕЛ I НАУКИ О ЗЕМЛЕ

<i>Кошелева Е.А., Шелухина О.А.</i> РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭВОЛЮЦИИ ЛУЖСКО-ПЛУССКОГО ЛАНДШАФТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	7
<i>Медведков А.А.</i> ИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ МЕРЗЛОТНО-ТАЁЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ЮЖНОЙ ПЕРИФЕРИИ КРИОЛИТОЗОНЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА	18
<i>Гулиева И.Ф.</i> ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ТАЛЫШСКИХ ГОР	29
<i>Ельчева И.О., Зубкова В.М., Гапоненко А.В.</i> ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ГОРОДА ИСТРА	42
<i>Ковязин В.Ф., Лепихина О.Ю., Зимин В.П.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬ МОНОГОРОДОВ С УЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГРАДООБРАЗУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ (НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ).....	51
<i>Шартова Н.В., Ватлина Т.В.</i> СМЕРТНОСТЬ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ В РОССИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ.....	66
<i>Щербакова С.А.</i> ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ТУРИСТСКОГО КЛАСТЕРА СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ: ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ	77

РАЗДЕЛ II БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Злобин Н.Е., Таранов В.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ БЕЛКОВ ХОЛОДОВОГО ШОКА В БИОТЕХНОЛОГИИ	86
<i>Моргун Д.В.</i> ФОРМИРОВАНИЕ КРАСНЫХ СПИСКОВ ЕВРОПЕЙСКИХ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA: HESPERIOIDEA ET PARIONOIDEA): ПРОБЛЕМЫ КРИТЕРИЕВ И ИНТЕГРАЦИИ РОССИЙСКИХ ЭКОЛОГО-ФАУНИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ.....	95

РАЗДЕЛ III ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Косов В.Н., Федоренко О.В.</i> КОНВЕКТИВНЫЕ РЕЖИМЫ ПРИ ДИФфуЗИИ В ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ ГАЗОВЫХ СИСТЕМАХ ПРИ РАЗЛИЧНОМ СОДЕРЖАНИИ САМОГО ТЯЖЕЛОГО ПО ПЛОТНОСТИ КОМПОНЕНТА В СМЕСИ	119
--	-----

CONTENTS

FROM EDITOR-IN-CHIEF.....	6
---------------------------	---

SECTION I EARTH SCIENCES

<i>E. Kosheleva, O. Shelukhina.</i> RECONSTRUCTION OF THE LUGA-PLYUSSA LANDSCAPE EVOLUTION USING DATA ON HOLOCENE SEDIMENTS	7
<i>A. Medvedkov.</i> INDICATION OF THE STATE OF TIAGA PERMFROST LANDSCAPES ON THE SOUTHERN PERIPHERY OF CRYOLITHOZONE UNDER CONDITIONS OF A CHANGING CLIMATE	18
<i>I. Gulieva.</i> NATURAL FACTORS DETERMINING THE FORMATION OF MODERN LANDSCAPES OF THE TALYSH MOUNTAINS	28
<i>I. Elcheva, V. Zubkova, A. Gaponenko.</i> ASSESSMENT OF SOIL CONTAMINATION IN ISTRAN	42
<i>Kovjazin V. F., Lepikhina O. Y., Zimin V.P.</i> DEVELOPMENT OF PREDICTIVE MODELS OF LAND VALUE OF SINGLE-INDUSTRY TOWNS WITH ALLOWANCE FOR THE FACTORS OF ACTIVITY OF CITY-FORMING ENTERPRISES (ON THE EXAMPLE OF THE MURMANSK REGION).....	51
<i>N. Shartova, T. Vatlina.</i> URBAN MORTALITY IN RUSSIA: CURRENT STATE AND REGIONAL DIFFERENCES	66
<i>S. Shcherbakova.</i> FORMATION OF THE TOURIST CLUSTER MODEL OF THE SMOLENSK REGION: ECONOMIC AND GEOGRAPHICAL ASPECT	77

SECTION II BIOLOGICAL SCIENCES

<i>N. Zlobin, V. Taranov.</i> APPLICATION OF BACTERIAL COLD SHOCK PROTEINS IN BIOTECHNOLOGY.....	86
<i>D. Morgun.</i> RED LISTS OF EUROPEAN BUTTERFLIES (LEPIDOPTERA: HESPERIOIDEA ET PAPILIONOIDEA): PROBLEMS OF CRITERIA AND INTEGRATION OF RUSSIAN ECOLOGICAL AND FAUNAL DATA	95

SECTION III CHEMICAL SCIENCES

<i>V. Kosov, O. Fedorenko.</i> CONVECTIVE REGIMES UNDER DIFFUSION IN THREE-COMPONENT GAS SYSTEMS AT DIFFERENT CONTENT OF THE DENSITY HEAVY COMPONENT IN THE MIXTURE.....	119
--	-----

ОТ ОТВЕТСТВЕННОГО РЕДАКТОРА

Первый номер 2018 года открывает серия публикаций по географическим наукам, распределённых по трём основным тематическим разделам: физическая и эволюционная география, геохимия ландшафтов и экологическая безопасность, социально-экономическая география и региональное развитие.

Начинается номер со статьи Е.А. Кошелевой и О.А. Шелухиной (РГПУ им. Герцена), посвящённой сценарной модели реконструкции эволюционно-ландшафтных процессов в средней части бассейна р. Луга (Ленинградская обл.). Предложенная схема базируется на палеоклиматических исследованиях позднелейстоценовых и голоценовых отложений озерно-ледниковой равнины. В статье сделан вывод, что в рассматриваемый период эволюции наименее подверженными к зональным изменениям, по сравнению с другими типами древесной растительности, оказывались сосновые леса.

Продолжает ландшафтно-эволюционную тематику статья А.А. Медведкова (МГУ имени М.В. Ломоносова), посвящённая индикации состояния мерзлотно-таёжных ландшафтов на южной периферии сибирской криолитозоны, применительно к условиям современного изменения климата. В статье рассмотрены важнейшие индикаторы мерзлотных ландшафтов и признаки, характеризующие их изменения. Показано, что не везде в пределах мерзлотного экотона многолетнемерзлые породы и мерзлотно-таёжные ландшафты столь уязвимы к наблюдаемым изменениям климата. По результатам индикационных исследований на южной периферии криолитозоны выявлены следы широкомасштабной деградации многолетнемерзлых пород.

В статье И.Ф. Гулиевой (Институт географии НАН Азербайджана) рассмотрена роль морфометрических факторов в пространственной дифференциации природных ландшафтов Талышских гор. В статье представлены результаты ландшафтного картографирования искомой горной страны с использованием ГИС-технологий.

И.О. Ельчева, В.М. Зубкова и А.В. Гапоненко (РГСУ) рассматривают в своей статье эколого-геохимическую оценку почвенного покрова г. Истра – одного из туристических центров Московской области. По результатам пространственного анализа концентрации тяжёлых металлов в почвах города установлено, что на всех обследованных участках содержание тяжёлых металлов относится к категории допустимого загрязнения, за исключением зон, примыкающих к промышленным предприятиям.

В статье В.Ф. Ковязина, О.Ю. Лепехина и В.П. Зими́на (СПГУ) на примере моногородов Мурманской области рассмотрено ценообразование на рынке недвижимости в зависимости от различных факторов, включая и экологические. Авторами предложено пять прогнозных моделей кадастровой стоимости земель моногородов. На основании проведённого исследования в статье сделан вывод о целесообразности использования нейро-сетевой модели для прогнозирования кадастровой стоимости земель моногородов, учитывая анализируемый в публикации набор показателей.

Статья Н.В. Шартовой и Т.В. Ватлиной (МГУ имени М.В. Ломоносова, СмолГУ) посвящена исследованию смертности городского населения России в зависимости от различных факторов, включая экологический. Авторы анализируют современное состояние рассматриваемого явления в крупных и крупнейших городах нашей страны и выявляют основные региональные различия. Отдельное внимание уделено обсуждению вопроса о возможных взаимосвязях между состоянием здоровья населения и качеством городской среды.

В своей статье С.А. Щербакова (СмолГУ) рассматривает экономико-географический аспект формирования модели туристского кластера Смоленской области и перспективы развития, связанные с этим. По мнению автора, определяющим фактором успешного развития кластера является информационная поддержка. По итогам исследования в статье сделан вывод, что создание и развитие туристского кластера позволит снизить территориальные диспропорции в социально-экономическом развитии Смоленской области и будет способствовать повышению конкурентоспособности её экономики.

Вторая половина данного номера посвящена публикациям химико-биологического профиля. Раздел «Биологические науки» представляют две статьи, одна из которых посвящена проблемам биотехнологии, а вторая – проблеме охраны живой природы. Авторы взглянули на данную проблему через призму анализа энтомологических данных. В разделе «Химические науки» публикуется статья, посвящённая одной из проблем физической химии.

Статья Н.Е. Злобина и В.В. Таранова (ВНИИСБ) раскрывает особенности применения бактериальных белков холодового шока в биотехнологии. Авторы делают вывод, что особенно перспективным представляется их широкое применение для получения сельскохозяйственных культур, устойчивых к различным абиотическим стрессам. Полученные результаты представляются актуальными в сегодняшних условиях увеличения частотности погодно-климатической нестабильности.

Д.В. Моргун (МДЮЦ ЭКТ) в своей статье рассматривает наиболее значимые факторы угрозы численности европейским чешуекрылым. В рамках стратегии охраны чешуекрылых в статье разбираются вопросы управления среды их обитания с учётом актуальных вызовов и угроз, в т.ч. и климатогенных. Автором отмечено, что наибольшим биоразнообразием европейских чешуекрылых отличаются открытые биотопы, преимущественно луговые.

Публикации в этом номере журнала завершает статья казахских коллег В.Н. Косова и О.В. Федоренко (КазНПУ имени Абая, КазНУ имени аль-Фараби), в которой рассмотрена диффузия бинарной смеси азота (N₂) и дифтордихлорметана (R12) при различных концентрациях в н-бутан (n-C₄H₁₀). В статье сделан вывод, что увеличение концентрации тяжёлого компонента в бинарной смеси способствует переходу в область неустойчивой диффузии и увеличению интенсивности конвективного режима.

А.А. Медведков

РАЗДЕЛ I НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 551.89

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-7-17

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭВОЛЮЦИИ ЛУЖСКО-ПЛЮССКОГО ЛАНДШАФТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Кошелева Е. А., Шелухина О. А.

*Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена
191186, Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 48, Российская Федерация*

Аннотация. В статье рассматривается вероятностная схема эволюции Лужско-Плюсского ландшафта озерно-ледниковой равнины в позднеледниковье и голоцене. Авторами применены стандартные методики реконструкции палеоклиматических показателей, анализ спорово-пыльцевых спектров опорных разрезов с учетом общих закономерностей развития других регионов Северо-Запада России. Исследование осложнено отсутствием полноценных спорово-пыльцевых спектров за весь отрезок времени с абсолютными датировками отложений для рассматриваемой территории.

Ключевые слова: болотные отложения, гаж, ландшафт, голоцен, река Луга.

RECONSTRUCTION OF THE LUGA-PLYUSSA LANDSCAPE EVOLUTION USING DATA ON HOLOCENE SEDIMENTS

E.A. Kosheleva, O.A. Shelukhina

*Herzen State Pedagogical University of Russia
Naberezhnaya reki Moika 48, 191186 Saint-Petersburg, Russian Federation*

Abstract. The paper considers a probabilistic evolution scheme of the Luga-Plyussa landscape of the glacial lake plain in the late glacial and Holocene periods. Use is made of standard methods for reconstruction of paleoclimatic indicators. The spore-pollen spectra of reference sections are analyzed with allowance for the general patterns of development of other North-West regions of Russia. The study is complicated by the lack of full spore-pollen spectra for the entire period with absolute dating of sediments for the whole territory.

Key words: swamp deposits, travertine, landscape, Holocene, river Luga.

Изучение условий формирования, этапов и закономерностей эволюции природно-территориальных комплексов разного ранга от момента их зарождения

© Кошелева Е. А., Шелухина О. А., 2018.

до настоящего времени имеет важное как научно-теоретическое, так и практическое значение. Оно позволяет наиболее точно установить не только особенности их природных условий в настоящее время, но и является важнейшим условием прогнозирования их будущего состояния.

Исследования проводятся в среднем течении р. Луги на стационаре РГПУ им. А.И. Герцена «Геостанция "Железо"», окруженном территорией Красногорского лесничества. В течение последнего десятилетия в результате хозяйственной деятельности человека на этой территории произошли существенные изменения: на некоторых участках практически вырублен весь древостой, нарушена система мелиоративных канав, произведены изменения естественного рельефа. Многие почвы, внесенные в Красную книгу почв Ленинградской области [6], были полностью уничтожены.

Материалы и методы

Реконструкция палеоклиматических показателей и этапов эволюции Лужско-Плюсского ландшафта проводилась на основании нескольких опорных разрезов.

Первый разрез был исследован в 1968 г. и представлял собой обнажение обрыва высокой поймы на правом берегу р. Луги, в 300–400 м ниже пристани. Обнажение вскрывает толщу рыхлых отложений мощностью в 4 м. Под дерниной залегает почти двухметровый слой светло-рыжего песка с признаками слоистости. В нижней части появляются слабые признаки оглеения и коричневые выцветы. На глубине 1,90–3,05 м выступает рыжий

влажный суглинок. Слоистости в нем не замечено. В этом горизонте были обнаружены кости, по всей видимости, принадлежащие копытным животным. В интервале глубин 3,05–3,50 м находится пласт сизой глины. Под глиной залегает пласт торфа (3,50–3,85 м). В нем встречены обломки древесины. Под торфом лежит тонкий прослой глины (3,85–3,90 м). Из торфа с глубины 3,60–3,65 м был отобран образец древесины. Его возраст $5\,920 \pm 80$ лет (ЛУ-1537) [7].

Второй разрез 1968 г. располагался примерно в 1 км от геостанции «Железо». На левом берегу реки в пределах высокой поймы находится глубокое почти круглое озеро, протокой связанное с р. Лугой. В 100 м к западу от него экскаватором был выкопан карьер глубиной более 4 м. Разрез подразделяется на две резко отличные части (рис.1) – ниже 2 м находится погребенный торфяной горизонт, выше обнажается слой гжи, покрытый почвой. Дерново-карбонатная почва мощностью 70 см налегает на палевый отчасти глинистый горизонт гжи (0,70–1,00 м). Под ним находится ржавый известковый прослой (1,00–1,06 м). На глубине 1,08–1,42 м залегает горизонт палевой глинистой гжи с признаками слоистости. От 1,42 до 1,52 м выступает ржавый известковый прослой, ниже (1,52–1,55 м) – прослой палевой глинистой гжи, еще ниже (1,55–1,63 м) – ржавый известковый прослой. Наконец, на глубине 1,63–2,00 м находится темно-палевый горизонт гжи с большим количеством ракушечника. Верхнюю часть торфяной толщи венчает горизонт торфа с прослойками глины (2,00–2,45 м). Под ним слои чистого торфа (2,45–2,70 м), торфа с рас-

тительными остатками (2,70–3,05 м), остатков древесины (3,05–3,10 м), чистого торфа (3,10–3,50 м), торфа с растительными остатками (3,50–3,65 м) и, наконец, чистого торфа (3,65–3,80 м).

С глубины 2,00–2,05 м, т.е. с границы торфяной толщи и гажы, были отобраны обломки древесины. Они показали возраст: $7\,940 \pm 90$ лет (ЛУ–1531) [7].

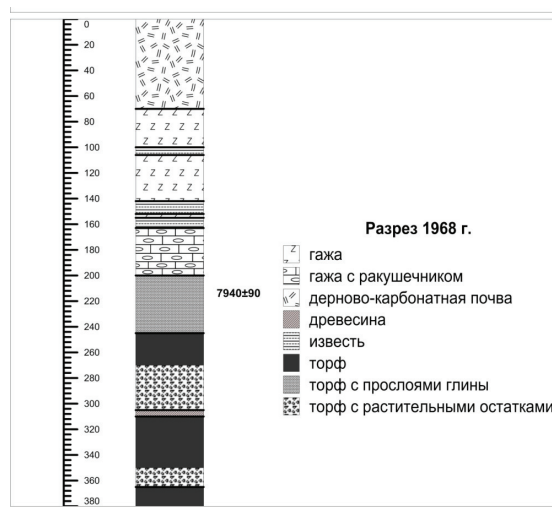


Рис. 1. Литологическая колонка разреза «Гажа» 1968 г. (построена авторами по данным [7] с применением программы ГИС Strater).

В 1991 г. был заложен новый разрез № 3 (рис. 2) примерно в 300 м. к северу от предполагаемого местоположения разреза № 2. Он также располагается в пределах той же самой линзы гажы на пойме. С глубины 1,65–1,70 (т.е. с самого верха торфяной толщи) и 2,50–2,55 м были отобраны образцы на радиоуглеродный анализ. Первый показал возраст 3670 ± 40 лет (ЛУ–2864), второй – 4610 ± 30 лет (ЛУ–2865) [8]. Литературные материалы по разрезу № 3 были обеспечены качественной спорово-пыльцевой диаграммой, позволяющей произвести реконструкцию палеорастительных сообществ и палеоклимата.

Четвертый разрез представляет территорию водораздельной равнины и был заложен 2001 г. на верховом болоте Большой Красногорский Мох

в 100 метрах юго-западнее территории геостанции «Железо». Скважина вскрывает болотные отложения мощностью 3 м, радиоуглеродные датировки отсутствуют [16].

Реконструкция палеоклиматических характеристик была проведена Е.А. Кошелевой [5]. Средние январские температуры были реконструированы по методике предложенной С.С. Савиновой, Н.А. Хотинским [13], а средние январские температуры, количество осадков – по методике В.А. Климанова [4]. Кроме этого применялась реконструкция с использованием теории вероятности [11]. По данным спорово-пыльцевых диаграмм реконструировалась ландшафтная принадлежность территории исследования.

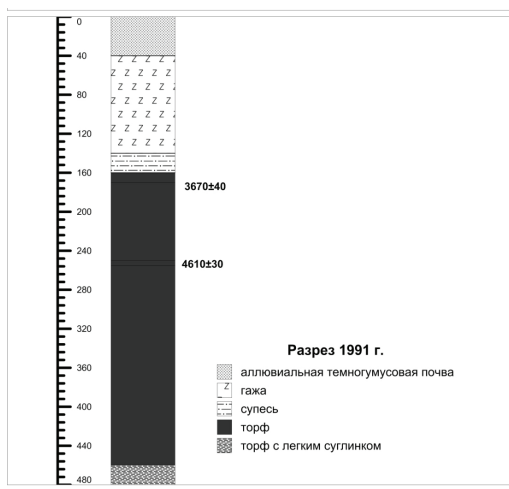


Рис. 2. Литологическая колонка разреза № 3 (построена авторами по данным [8] с применением программы ГИС Strater).

Результаты и обсуждения

История изучения современной долины р. Луги

Река Луга протекает в настоящее время по древней долине своей доледниковой предшественницы, заложенной еще в мезо-кайнозойский период развития территории. По-видимому, она приурочена к тектоническому разлому земной коры – линеаменту с ориентацией 300 – 120°. Дно Пралуги расположено ниже современного уровня Мирового океана, что установлено буровыми работами в Усть-Луге (более 100 м) и Толмачево (98 м). Долина заполнена толщей гляциальных отложений различного возраста, которые перекрыты толщей аллювия голоцена. Долина этой реки – широкая и глубокая, в ней выделяется до трех надпойменных террас. Формирование современной долины р. Луги и образование террасовых уровней отчасти связано с постепенной деградацией приледникового бассейна. Считается, что бассейн р. Луги освободился от

ледникового покрова и вод приледниковых водоемов при отступании ледников невиской стадии, т.е. в среднедриасовое время (12000–11800 л.н.) [3].

Спуск Верхне-Лужского ледникового озера происходил через ложбину Копорье – оз. Бабинское. Остатками этого водоема является множество озер, сохранившихся в пределах Лужско-Плюсского и других ландшафтов – Врево, Черемнецкое, Сяберское, Завердужское и др. [3]. В результате последующего расчленения водораздела сформировался спрямленный узкий участок р. Луги с отвесными выходами девонских толщ по обоим склонам долины, в пределах которого отсутствуют надпойменные террасы [14]. Общее направление р. Луги и ее современного притока р. Оредеж, по мнению Б.Н. Можаяева [15], предопределены системой тектонических нарушений палеозойского основания.

Бассейн реки Луги (в позднем дриасе 10,8–10,3 тыс. л.н.) располагался в суровых климатических условиях

тундро-степного ландшафта и сохраняющийся многолетней мерзлоты. Соответственно, режим реки Луги на поминал современный режим рек Севера Сибири с бурными половодьями летом и долгой меженью. В период от 10 до 7 тысяч лет происходит потепление климата, одновременно с этим происходил и врез русла реки Луги и формирование современного облика надпойменных террас. Образование надпойменных террас охватило в основном период от начала голоцена до эпохи литориновой трансгрессии. Третья и вторая надпойменные террасы образовались в пребореальное-бореальное время (10,8 – 8,3 тыс. л.н.). Развитие первой надпойменной террасы р. Луги, по происхождению в основном аккумулятивной, связано с анциловой трансгрессией. Она имеет позднебореальный – верхнеатлантический возраст, сформировалась 7,2–8,3 тыс. лет назад [9]. Первая надпойменная терраса выделяется почти вдоль всей долины реки, достигая 20–25 м.

Изменение ландшафтной принадлежности Лужско-Плюсского ландшафта

На рубеже позднеледникового и голоцена происходит смена условий зональной дифференциации ландшафтов. В пребореальное время отчетливо намечается, а в бореальное время – завершается распад гиперзональной структуры на Восточно-Европейской равнине. Переход к послеледниковому времени сопровождался широким распространением лесной растительности, которая уже никогда полностью не исчезала с рассматриваемых территорий, хотя в ней вплоть до атлантического периода сохранялись тундровые сообщества.

Пребореальный период (10300–9300 л.н.) характеризуется повсеместным распространением ландшафтов северотаежного подтипа. На территории Лужско-Плюсского ландшафта господствует северотаежный тип с редкостойными березовыми и сосново-березовыми лесами и значительным участием тундровых и перигляциальных представителей. В этих условиях происходило образование почвенного покрова по подзолистому типу.

Начало бореального периода (9300–8000 л.н.) характеризуется значительным потеплением, особенно ощутимым в летнее время. Значение июльских палеотемператур приближается к современным значениям (около 17°C). Одновременно отмечаются и изменения в растительном покрове – к середине периода отмечается снижение роли березово-сосновых лесов и усилении позиции ельников. Спорово-пыльцевые спектры фиксируют существенное увеличение пыльцы ольхи, незначительное увеличение доли широколиственных пород (вяза и липы), среди спор абсолютное господство принадлежит папоротникам – более 80% (рис. 3.) Ландшафт в конце бореала приобретает черты, позволяющие отнести его к среднетаежному подтипу.

Атлантический период (8000–4500 л.н.). В раннеатлантическое время в результате потепления, которое достаточно отчетливо прослеживается в пределах всего Северо-Запада России, происходит смещение природных зон к северу. В позднеатлантическое время средняя июльская температура превышала современные показатели примерно на 1,5° C.

В растительном покрове заметно возрастает роль термофильных элементов, о чем свидетельствует увеличение в спорово-пыльцевых спектрах пыльцы широколиственных пород. В позднеатлантическое время Лужско-Плюсский ландшафт относился к типу смешанных (широколиственно-хвойных) лесов. Неоспоримым доказательством этого вывода является наличие в растительном покрове широколиственных пород – вяза, дуба, липы и др., пыльца которых превышает 15%, изобилие лещины, а также высокие значения средних июльских палеотем-

ператур. Атлантический период отличается и высоким содержанием в спорово-пыльцевых спектрах сфагновых мхов (до 90–95%)

Суббореальный период (4500–2500 л.н.). Похолодание раннесуббореального времени, хорошо зафиксированное в более высоких широтах [12], в несколько меньшей степени проявилось в зоне смешанных лесов и подзоне южной тайги. В пределах Лужско-Плюсского ландшафта и соседних с ним ландшафтов в растительном покрове отмечается уменьшение широколиственных пород (до 13%).

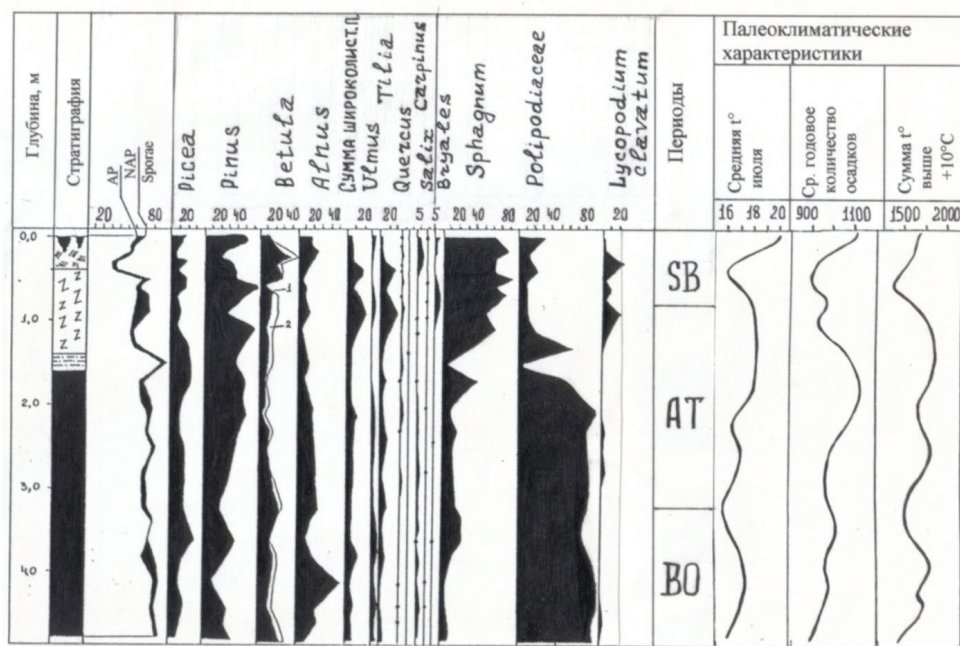


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза «Гажа – 1991 [8]. Реконструкция палеоклиматических характеристик – Кошелева Е.А. [5]. 1 – *Betula* sect. *Abbae*, 2 – *Betula* sect. *Fruticosae*.

Среднесуббореальное время характеризуется новым потеплением. Граница зоны смешанных лесов и подзоны южной тайги на Северо-Западе России, по-видимому, простиралась до 59–60° с.ш. Средние июльские палеотемперату-

ры достигали 20° С. Средние январские температуры повысились до – 6°. Лужско-Плюсский ландшафт по-прежнему находился в зоне смешанных лесов.

Позднесуббореальное время характеризуется существенным похо-

лоданием, хорошо зафиксированным в спорово-пыльцевых спектрах как высоких, так и средних широт. В растительном покрове происходит резкое уменьшение доли широколиственных пород, и границы природных зон быстро смещаются к югу. В спорово-пыльцевых спектрах фиксируется уменьшение пыльцы теплолюбивых древесных пород – примерно на 6%. В это же время возрастает роль березы, ольхи и орешника. Устанавливается современная зональная принадлежность ландшафта – южнотаежный подтип.

Субатлантический период (начало 2500 л.н.) практически не представлен в изучаемых спорово-пыльцевых спектрах. Можно предположить, что с этого времени происходит окончательное становление морфологической структуры Лужско-Плюсского ландшафта, и его частный возраст, по-видимому, правомочно рассматривать как позднесуббореальный – раннесубатлантический [15].

Вместе с тем несмотря на полученные результаты, интерпретация имеющихся спорово-пыльцевых диаграмм не является однозначной.

В обоих случаях наблюдается высокое содержание пыльцы широколиственных пород. Это может свидетельствовать о том, что большая часть болотных отложений разреза № 4, расположенного на водораздельной равнине, сформировалась в климатический оптимум голоцена.

Двойной максимум широколиственных пород четко проявляется и в разрезе № 3 («Гажа–1991»), расположенном в пойме р. Луга. Нижний пик широколиственных пород (глубина 0,90 м) можно сопоставить с раннеатлантиче-

ским временем (АТ-1), промежуточный интервал – со среднеатлантическим похолоданием (АТ-2) и верхний пик (глубина 0,40 м) – с теплым позднеатлантическим временем (АТ-3).

Относительно времени образования гжи высказано вполне определенное мнение. По фауне моллюсков и насекомых, найденным отпечаткам растительных остатков в известковых туфах, И.В. Данилевским было установлено: “образование известковых туфов на правом берегу р. Лути вблизи д. Вяз происходило 8000-4500 л.н., т.е. в атлантическое время и что с момента понижения Литоринского моря до уровня нынешнего Балтийского, отложение их на поверхности склона плато должно было прекратиться” [2, с. 663]. Кроме того, известно, что формирование известковых туфов (травертинов) в конце бореала и атлантике имело место также во Франции, Италии, Испании, Северной Африке [17; 18].

Вторым доказательством атлантического возраста гжи может служить тот факт, что с климатического оптимума голоцена, т.е. с середины атлантического периода, начала возрастать общая увлажненность климата [7]. В условиях Северо-Запада это привело к интенсивному заболачиванию. Ясно видно (рис. 3), что в разрезе гжи снизу вверх прослеживается быстрый рост содержания сфагновых мхов и плаунов и уменьшение спор папоротника.

Остается дискуссионным и вопрос о возрасте радиоуглеродных датировок в разрезах 1968 и 1991 гг. Выше было указано, что датировка верхней части торфяной толщи разреза № 2 по радиоуглеродному методу – 7 940 л.н. – скорее всего, отвечает действительности. Е.В. Максимов [8] вы-

сказал предположение, что датировки разреза № 3 – 3 670 и 4 610 л.н., омоложены, и это вызвано проникновением молодого углерода из верхних слоев почвы с дождевыми водами при понижении уровня грунтовых вод.

Выводы

В эволюции Лужско-Плюсского ландшафта озерно-ледниковой равнины в течение голоцена выделяется не менее девяти этапов переходов от одного подтипа к другому. Время принадлежности к одному и тому же подтипу различно и меняется довольно в широком диапазоне – от 300 до 3000 лет, установить определенную закономерную ритмичность в этом процессе

по имеющимся в настоящее время данным не представляется возможным. В растительном покрове, как в настоящее время, так и во многие этапы его эволюции, господствовали сосновые леса, которые менее подвержены зональным изменениям, чем другие типы растительности.

Отсутствие полноценных спорово-пыльцевых спектров за весь отрезок времени с абсолютными датировками отложений для рассматриваемой территории не позволяет утверждать, что предложенная схема эволюции неопределенна и не должна быть подтверждена и изменена в процессе дальнейших исследований.

Статья поступила в редакцию 08.02.2018 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вигдорчик М.Е., Малаховский Д.Б. Саммет Э.Ю. О стратиграфии четвертичных отложений северо-запада Русской равнины // Вопросы стратиграфии четвертичных отложений северо-запада Европейской части СССР. Л.: Гостоптехиздат, 1962. С. 25–30.
2. Данилевский И.В. Фауна и возраст известковых туфов на правом берегу реки Луги близ д. Вяз // Известия геологического комитета. 1928. Том XLVII, вып. 6.
3. Квасов Д.Д. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Л.: Наука, 1974. 278 с.
4. Климанов В.А. Реконструкция палеотемператур и палеоосадков на основе спорово-пыльцевых данных // Методы реконструкции палеоклиматов. М.: Наука, 1985. С. 38–48.
5. Кошелева Е.А. Пространственно-временная организация ландшафтов юга Ленинградской области: дис. ... канд. географ. наук. СПб., 2000. 198 с.
6. Красная книга почв Ленинградской области / Отв. ред. Б.Ф. Апарин. СПб.: Аэроплан, 2007. 320 с.
7. Максимов Е.В., Козырева М.Г. Голоценовые датировки в долине р. Луги в районе геостанции “Железо” // Вестник Ленинградского университета. Серия: Геология и география. 1988. Вып. 1. С. 88–89.
8. Максимов Е.В., Савельева Л.А. Разрез голоценовых отложений в среднем течении реки Луги: трудности хронологической привязки // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия: Геология. География. 1997. Вып. 1. С. 106–113.
9. Малаховский Д.Б., Баканова И.П., Буслович А.Л. Геоморфологическая характеристика территории // Геоморфология и четвертичные отложения Северо-Запада европейской части СССР. Л.: Наука, 1969. С. 28–48.
10. Можаяев Б.Н. Методы изучения новейшей тектоники и общий характер связи современного рельефа с погребенными структурами на северо-западе Русской платформы // Вопросы разведочной геофизики (Вып. 5). Л.: Недра. 1966. С. 51–60.

11. Муратова М.В., Боярская Т.Д., Либерман А.А. Применение теории вероятности для восстановления палеоклиматических условий по данным палинологического анализа // Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек. М.: МГУ, 1972. С. 239–246.
12. Никифорова Л.Д. Динамика ландшафтных зон голоцена Северо-Востока европейской части СССР // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1982. С. 154–162.
13. Савинова С.С., Хотинский Н.А. Зональный метод реконструкции палеоландшафтов голоцена // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1982. С. 231–244.
14. Саммет Э.Ю. Современные отложения // Геология СССР. Т. 1. Геологическое описание: Ленинградская, Псковская и Новгородская области. М. 1971. С. 345–360.
15. Юренков Г.И. Формирование и эволюция ландшафта Лужско-Плюсской озерно-ледниковой равнины. СПб.: РГПУ им. А.И.Герцена, 1999. 22 с.
16. Юренков Г.И. Спорово-пыльцевая диаграмма болотных отложений территории геостанции «Железо» (Лужский район Ленинградской области) и ее возможная палеогеографическая интерпретация // География и смежные науки (LV Герценовские чтения). СПб.: РГПУ им. А.И.Герцена, 2003. С. 43–46.
17. Lippmann P., Vernet J.P. Les travertins golocènes de Paestum (Italie méridionale) // Méditerranée. 1986. Vol. 57, no 1-2. pp. 45–51.
18. Refhay A., Campy M., Richard H., Rousseau D.D. Les formations carbonatées du Dortan (Ain): premières observations // Méditerranée. 1986. Vol. 57, no 1-2. pp. 105–112.

REFERENCES

1. Vigdorchik M.E., Malakhovskii D.B., Sammet E.Yu. O stratigrafii chetvertichnykh otlozhenii severo-zapada Russkoi ravniny [On the stratigraphy of quaternary deposits of the North-West of the Russian plain]. In: Voprosy stratigrafii chetvertichnykh otlozhenii severo-zapada Evropeiskoi chasti SSSR [The stratigraphy of the quaternary deposits of the North-West European part of the USSR]. L., Gostoptekhizdat Publ., 1962. pp. 25-30
2. Danilevskii I.V. Fauna i vozrast izvestkovykh tufov na pravom beregu reki Lugi bliz d. Vyaz [Fauna and age of the calcareous tuffs on the right Bank of the Luga river near village Vyaz]. In: Izvestiya geologicheskogo komiteta. Tom XLVII, vyp. 6 [Proceedings of the geological committee. Vol. XLVII, issue 6]. 1928.
3. Kvasov D.D. Pozdnechetvertichnaya istoriya krupnykh ozer i vnutrennikh morei Vostochnoi Evropy [Late quaternary history of large lakes and inland seas of Eastern Europe]. L., Nauka Publ., 1974. 278 p.
4. Klimanov V.A. Rekonstruktsiya paleotemperatur i paleosadkov na osnove sporovopyl'tsevykh dannyykh [Reconstruction of paleotemperatures and paleosediments on the basis of spore-pollen data]. In: Metody rekonstruktsii paleoklimatov [Methods of reconstruction of paleoclimates]. Moscow, Nauka Publ., 1985. pp. 38-48
5. Kosheleva E.A. Prostranstvenno-vremennaya organizatsiya landshaftov yuga Leningradskoi oblasti: dis. ... kand. geograf. nauk [Spatial-temporal organization of landscapes of the South of the Leningrad region: dis. ... cand. geograph. sci.]. SPb., 2000. 198 p.
6. Krasnaya kniga pochv Leningradskoi oblasti / Otv. red. B.F.Aparin [The red book of soils of the Leningrad region / Ed. by B.F. Aparin]. SPb., Aeroplan Publ., 2007. 320 p.
7. Maksimov E.V., Kozyreva M.G. Golotsenovye datirovki v doline r. Lugi v rayone geostantsii "Zhelezo" [Dating the Holocene in the valley of the river Luga in the area of geostation 'Zhelezo']. In: Vestnik Leningradskogo universiteta. Ser. 'Geologiya i geografiya' [Bulletin of the Leningrad University. Ser. Geology and Geography], 1988, no. 1, pp. 88-89.

8. Maksimov E.V., Savel'eva L.A. Razrez golotsenovykh otlozhenii v srednem techenii reki Lugi: trudnosti khronologicheskoi privyazki [The dating of the Holocene sediments in the middle course of the Luga river: challenges of chronological dating]. In: Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ser. 'Geologiya. Geografiya' [Bulletin of St. Petersburg University. Ser. Geology. Geography], 1997, no. 1, pp. 106-113.
9. Malakhovskii D.B., Bakanova I.P., Buslovich A.L. Geomorfologicheskaya kharakteristika territorii [Geomorphologic characteristics of the territory]. In: Geomorfologiya i chetvertichnye otlozheniya Severo-Zapada evropeiskoi chasti SSSR [Geomorphology and quaternary deposits of the North-West European part of the USSR]. L., Nauka Publ., 1969. pp. 28-48
10. Mozhaev B.N. Metody izucheniya novshei tektoniki i obshchii kharakter svyazi sovremennogo rel'efa s pogrebennymi strukturami na severo-zapade Russkoi platformy [Methods of the study of recent tectonics and general character of the contemporary terrain with buried structures in the North-West of the Russian platform]. In: Voprosy razvedochnoi geofiziki (Vyp. 5) [The issues of exploration geophysics (Iss. 5)]. L., Nedra Publ., 1966. pp. 51-60
11. Muratova M.V., Boyarskaya T.D., Liberman A.A. Primenenie teorii veroyatnosti dlya vosstanovleniya paleoklimaticheskikh uslovii po dannym palinologicheskogo analiza [The use of probability theory to recover paleoclimatic conditions by data of palinological analysis]. In: Noveishaya tektonika, noveishie otlozheniya i chelovek [Neotectonics, recent deposits and man]. Moscow, MGU Publ., 1972. pp. 239-246
12. Nikiforova L.D. Dinamika landshaftnykh zon golotsena Severo-Vostoka Evropeiskoi chasti SSSR [Dynamics of landscape zones in the Holocene of the North-East of the European part of the USSR]. In: Razvitie prirody territorii SSSR v pozdnem pleistotsene i golotsene [Development of nature of USSR in the late Pleistocene and Holocene]. Moscow, Nauka Publ., 1982. pp. 154-162
13. Savinova S.S., Khotinskii N.A. Zonal'nyi metod rekonstruktsii paleolandshtafrov golotsena [Zonal method of reconstruction of the Holocene paleolandscape]. In: Razvitie prirody territorii SSSR v pozdnem pleistotsene i golotsene [Development of nature of USSR in the late Pleistocene and Holocene]. Moscow, Nauka Publ., 1982. pp. 231-244
14. Sammet E.Yu. Sovremennye otlozheniya [Modern sediments]. In: Geologiya SSSR. T. 1. Geologicheskoe opisaniye: Leningradskaya, Pskovskaya i Novgorodskaya oblasti [Geology of the USSR. Vol. 1. Geological description: the Leningrad, Pskov and Novgorod regions]. Moscow, 1971. pp. 345-360
15. Yurenkov G.I. Formirovaniye i evolyutsiya landshafta Luzhsko-Plyusskoi ozerno-lednikovoi ravniny [The formation and evolution of the landscape Luga-Plyussa lake-glacial plains]. SPb., RGPU im. A.I. Gertsena Publ., 1999. 22 p.
16. Yurenkov G.I. Sporovo-pyl'tsevaya diagramma bolotnykh otlozhenii territorii geostantsii «Zhelezo» (Luzhskii raion Leningradskoi oblasti) i ee vozmozhnaya paleogeograficheskaya interpretatsiya [Spore-pollen diagram of the bog deposits on the territory of geostation "Zhelezo" (the Luga district of the Leningrad region) and its possible paleogeographic interpretation]. In: Geografiya i smezhnye nauka (LV Gertsenovskie chteniya) [Geography and related science (LV Gertsenovskie reading)]. SPb., RGPU im. A.I. Gertsena Publ., 2003. pp. 43-46
17. Lippmann P., Vernet J.P. Les travertins golocènes de Paestum (Italie méridionale). In: Méditerranée. 1986. Vol. 57, no 1-2. pp. 45-51.
18. Refay A., Campy M., Richard H., Rousseau D.D. Les formations carbonatées du Dortan (Ain): premières observations. In: Méditerranée. 1986. Vol. 57, no 1-2. pp. 105-112.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кошелева Елена Альбертовна – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и природопользования Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена;
e-mail: koshelevaelen@yandex.ru

Шелухина Ольга Андреевна – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и природопользования Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена;
e-mail: oshell@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elena A. Kosheleva – PhD in geographical sciences, associate professor at the Department of Physical Geography and Nature Management of the Geography Faculty, Herzen State Pedagogical University of Russia,
e-mail: koshelevaelen@yandex.ru.

Olga A. Shelukhina – PhD in geographical sciences, associate professor at the Department of Physical Geography and Nature Management of the Geography Faculty, Herzen State Pedagogical University of Russia,
e-mail: oshell@yandex.ru.

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Кошелева Е.А., Шелухина О.А. Реконструкция эволюции Лужско-Плюсского ландшафта на основе данных голоценовых отложений // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 1. С. 7-17

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-7-17

FOR CITATION

Kosheleva E.A., Shelukhina O.A. Reconstruction of the Luga-Plyussa landscape evolution using data on Holocene sediments In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences*, 2018, no. 1, pp. 7-17

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-7-17

УДК 551.343: 911.52

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-18-28

ИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ МЕРЗЛОТНО-ТАЁЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ЮЖНОЙ ПЕРИФЕРИИ КРИОЛИТОЗОНЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Медведков А.А.*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, Российская Федерация*

Аннотация. Рассмотрены особенности индикации мерзлотно-таёжных ландшафтов на южной периферии криолитозоны, с использованием методов полевых и дистанционных исследований. Особое внимание уделено визуально выразительным индикаторам мерзлотно-таёжных геосистем в экотонной части криолитозоны и признакам, характеризующим их изменение. Показано, что данные природные комплексы отличаются наибольшей уязвимостью к любым внешним воздействиям и являются важнейшими индикаторами современных изменений климата. Рассмотрены особенности выявления мерзлотно-таёжных ландшафтов в островной криолитозоне по результатам обработки тепловых инфракрасных снимков съёмочных систем Landsat TM и Terra ASTER.

Ключевые слова: мерзлотно-таёжные ландшафты, периферия криолитозоны, изменения климата, ландшафтная индикация, тепловые инфракрасные снимки

INDICATION OF THE STATE OF TAIGA PERMFROST LANDSCAPES ON THE SOUTHERN PERIPHERY OF CRYOLITHOZONE UNDER CONDIT TIONS OF A CHANGING CLIMATE

A. Medvedkov*M.V. Lomonosov Moscow State University
Leninskie gory 1, 119991 Moscow, Russian Federation*

Abstract. The features of indication of taiga permafrost landscapes on the southern periphery of the cryolithozone with the use of field and remote research methods are considered. Special attention is paid to visually expressive indicators of taiga permafrost geosystems in the ecotonic part of the cryolithozone and the signs characterizing their change. It is shown that these natural complexes are the most vulnerable to any external influences and are the most important indicators of modern climate changes. The peculiarities of identification of taiga permafrost landscapes in the island permafrost zone according to the results of processing of the thermal images of Landsat TM and Terra ASTER infrared imaging systems are considered.

Key words: taiga permafrost landscapes, climate change, permafrost ecotone, landscape indication, thermal-infrared survey.

Изучение последствий изменения климата – одна из важнейших задач современной науки. Природные объекты (скульптурные формы рельефа, ландшафтные урочища и др.) наиболее чутко реагирующие на внешние изменения располагаются на южной периферии криолитозоны, в подзонах островной и прерывистой «вечной» мерзлоты. Периферия криолитозоны или мерзлотный экотон – это территория с повышенной мозаичностью ландшафтов и спорадическим распространением высокотемпературных мерзлых грунтов. Здесь система «вечная» мерзлота – ландшафт претерпевает особенно быстрые изменения. Ландшафты, формирующиеся на близко залегающих к дневной поверхности многолетнемерзлых породах, именуется нами мерзлотными¹. В пределах мерзлотного экотона такие природные комплексы отличаются наибольшей визуальной выразительностью и являются важнейшими индикаторами современных природно-климатических изменений.

Мерзлотные ландшафты изучены в пределах малоосвоенного региона бореальной криолитозоны, на территории Центральной Сибири. Из-

учаемый регион располагается на границе двух физико-географических стран – Западной и Средней Сибири. Указанная особенность позволяет проводить ландшафтно-индикационные исследования в самых контрастных литолого-геоморфологических и геокриологических условиях. Ранее изучение ландшафтов рассматриваемого региона проводилось для уточнения результатов геологического картографирования [1]. Цель нашего исследования – индикация мерзлотных урочищ на южной периферии криолитозоны и фиксирование в их пределах визуальных признаков, свидетельствующих об изменении ландшафтно-геокриологических условий. При проведении мерзлотных исследований метод ландшафтной индикации считается одним из основных [9; 10; 11]. В условиях отсутствия геокриологических стационаров в рассматриваемом регионе, выявленные ландшафтные индикаторы представляют для мониторинговых исследований особую ценность.

Индикация мерзлотно-таёжных ландшафтов по результатам полевой съёмки

Криогенные ландшафты в целом весьма уязвимы к потеплению климата, хотя и в разной степени. Поэтому важна их индикация на основе анализа внутриландшафтных связей, а далее – ранжирование по устойчивости к воздействию температурного сигнала в форме потепления климата.

Главный фактор наличия многолетней мерзлоты на юге бореальной криолитозоны – состав поверхностных отложений. Поэтому граница плейсто-

¹ Мерзлотно-таёжные ландшафты – природные комплексы бореальной зоны разного иерархического уровня, ведущим формирующим фактором которых выступает криогенез, определяющий специфику почвообразования (криотурбация, оглеение, высокая влагонасыщенность, замедленная минерализация растительных остатков), экзодинамических процессов (солифлюкция, пучение, термокарст) и особую структуру растительного покрова (угнетенность, разреженность и низкий бонитет древостоя, широкое распространение пихты стланиковой формы, карликовой березы и голубики, типично преобладание сфагновых мхов).

ценовых ледниковых и озёрно-ледниковых отложений, преимущественно пелитового состава, выступает здесь в качестве важного ландшафтно-геокриологического рубежа. К северу от данного рубежа, в ледниковой плейстоценовой зоне, широкое развитие получили дисперсные грунты и приуроченная к ним «вечная» мерзлота. Южнее, в перигляциальной зоне плейстоцена, дисперсные грунты получили значительно меньшее развитие, а вслед за ними сократилась и площадь мерзлотных ландшафтов.

По итогам многолетних полевых исследований [3; 4; 6; 7; 12] были установлены важнейшие индикационные признаки криогенных ландшафтов экотонной зоны, которые классифицируются следующим образом:

1) тип поверхностных отложений: моренные глины, суглинки, озёрно-ледниковые и аллювиальные глины, алевроиты, глыбы курумов;

2) состояние поверхностных отложений: вязко-текучая консистенция дисперсных грунтов и обводнённые курумы;

3) формы мезорельефа: солифлюкционные наплывы или шлейфы подножья, обводнённые курумы, канавообразные русла ручьев и рек с признаками оползания;

4) формы микрорельефа: болотные кочки, солифлюкционные окна-разрывы, заполненные водой (фото 1), солифлюкционные валики, бугры пучения, термокарстовые понижения округлой и изометричной формы;

5) характер древесной растительности: разреженность и угнетённость древостоя, наклонное положение деревьев (фото 2), пихта стелющейся формы, букетный березняк;

6) состав живого напочвенного покрова: мохово-кустарничковая растительность с преобладанием сфагновых мхов, редины и ерники, кочкарники и кочкарные болота, обилие осоки дернистой, типична голубика (фото 2);

7) свойства почвы: оглеение, высокая влагонасыщенность, криотурбированные горизонты, значительная толщина торфа;

8) тип почвы: мерзлотные торфяные, аллювиальные болотно-глеевые, мерзлотные скелетные (курумозёмы) и др.;

9) условия увлажнения: повышенная обводнённость.

Таким образом, применение различных методов полевых исследований (литолого-геоморфологического, геокриологического, геоботанического, ландшафтного и др.) показало, что «вечная» мерзлота присутствует в тех ландшафтных урочищах, которым свойственны данные признаки.

Тогда как немерзлотные ландшафты выделяются по другим индикационным признакам, наиболее яркие из них: наличие полноценного прямостойного древостоя, близкое залегание скальных пород под маломощным чехлом поверхностных отложений, высокая степень дренированности территории и др.



Фото 1. Незаросшее солифлюкционное окно-разрыв, заполненное холодной водой. Его обводнённость в течение лета свидетельствует о стабильном положении многолетнемёрзлого водоупора.

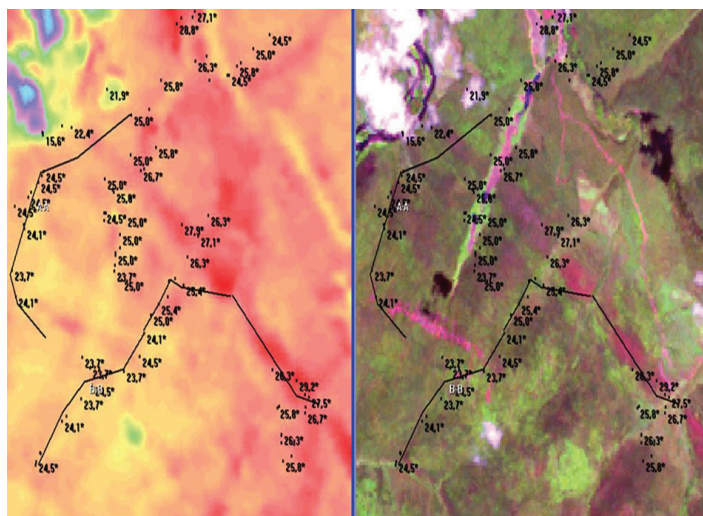


Фото 2. Разреженный и угнетённый древостой с характерными формами его наклона и преобладанием в напочвенном покрове ерника, осоки дернистой и сфагновых мхов.

Дистанционная индикация мерзлотно-таёжных ландшафтов

Наряду с обнаружением мерзлотно-таёжных ландшафтов по их характерным особенностям в полевых условиях, нами также использован дистанционный метод их выявления на основе обработки тепловых инфракрасных снимков и составленных на их основе карт приповерхностной температуры (рис. 1). Относительно высокое пространственное разрешение полученных данных определяет более детальный анализ термических характеристик ландшафтов. После тематической предобработки данных дистанционного зондирования были

составлены карты приповерхностных температур. Полученные значения приповерхностной температуры отражают объём потока явного тепла, выбрасываемого ландшафтом [8]. Красный оттенок маркирует самые «тёплые» природные комплексы – мерзлотные, а интенсивность окраски отражает степень влияния многолетнемерзлых пород на лесорастительные условия. Такие данные оказались весьма выразительными по отношению к рассматриваемым мерзлотно-таёжным ландшафтам, и к их немерзлотным аналогам, что подтверждено в ходе полевых исследований на Севере Енисейского кряжа.



потока явного тепла и приземной температуры в зависимости от типа и состояния растительного покрова [5].

Чем больше поток явного тепла, тем меньше его количество в скрытой форме, т.е. в форме транспирации и физического испарения с растительного полога. Это характерно для мерзлотных ландшафтов бореальной криолитозоны. Данные геосистемы отличаются пониженными значениями фитомассы, слабой дренированностью и более высокими значениями приповерхностных температур. Природный комплекс с минимальным выбросом явного тепла имеет самый высокий потенциал влагообмена и более низкие значения приповерхностной температуры [7]. Такие ландшафты с максимальной интенсивностью участвуют в водно-энергетическом обмене и лидируют по воспроизводству фитомассы. В сибирской тайге данную роль выполняют немерзлотные ландшафты.

Таким образом, синтезированный анализ температур поверхности и данных полевых исследований позволил нам также и по показателям поверхностной температуры отличить мерзлотно-таёжные ландшафты от немерзлотных [8]. Первые характеризуются наименьшими запасами фитомассы и более высокими значениями приповерхностной температуры, а вторые выделяются по менее высоким термическим характеристикам, но отличаются наибольшими запасами фитомассы. Данный подход можно использовать в мониторинговых исследованиях, наблюдая за соотношением мерзлотных и немерзлотных ландшафтов, и изменением их термических характеристик в сходных погодных условиях.

Индикация изменения состояния мерзлотно-таёжных ландшафтов

Воздействие глобального потепления на консервативную часть мерзлотных ландшафтов, их морфолитогенную основу, проявляется в форме интенсификации солифлюкции и трансформации курумодесерпции [6; 12]. Развитие солифлюкции и курумодесерпции отражает наличие «вечной» мерзлоты [4]. В связи с этим, особое внимание уделялось наблюдениям за информативными, с точки зрения ландшафтно-геокриологического мониторинга природными объектами (солифлюкционными наплывами и курумами).

Курумы. В Центральной Сибири курумы территориально приурочены к правобережной части бассейна р. Енисей, они выработаны в траппах и скарнах. На основе повторных исследований в курумах лесного яруса отмечается активное отступление «вечной» мерзлоты. Индикаторами понижения её кровли могут служить следующие, визуально наблюдаемые явления:

- увеличение площади лишайникового покрова на глыбовой поверхности курумов¹;
- зарастание курумов мелколистственным лесом (фото 3);
- вытаивание гольцового льда в межглыбовом пространстве курумов;
- исчезновение подповерхностных холодных ручейков под глыбовым покровом курумов;
- увеличение на курумах количества глыб в неустойчивом положении.

¹ Увеличение мощности напочвенного покрова, состоящего из мхов, лишайников и кустарничков может способствовать формированию теплоизоляционной подушки и дальнейшей агградации льдистых пород (Медведков, 2014 [6]; Medvedkov, 2015 [12]).

Солифлюкционные наплывы. Солифлюкция – самый распространённый из экзодинамических процессов в криолитозоне, имеющий тенденцию к интенсификации в условиях заметного увеличения мощности деятельного слоя. Важнейшими литологическим условиями развития солифлюкции является широкое распространение алевроитов, глин и суглинков в составе плейстоценовых отложений. Урочища, созданные солифлюкцией, как например солифлюкционные наплывы, относятся к числу наиболее динамичных на юге криолитозоны. Поэтому такие природные комплексы представляют особый интерес для изучения последствий меняющегося климата. К числу важнейших индикационных признаков, которые свидетельствует о трансформации экзодинамических процессов, можно отнести следующие явления:

- наличие у наклонных деревьев вершин, имеющих вертикальное положение;
- случаи замещения солифлюкционных склонов на берегах рек локальными оползнями-сплывами (фото 4);
- зарастание в напочвенном покрове солифлюкционных окон-разрывов;
- увеличение числа искорей при аномально частом падении деревьев, имеющих корневую систему стелющегося типа.

Эти индикационные признаки свидетельствует о широкой деградации «вечной» мерзлоты. Увеличение мощности деятельного слоя способствует разжижению отложений пелитового состава, которые в результате принимают вязкотекучую консистенцию. Данные индикаторы выявлены на основе повторных исследований, сопровождавшихся мониторингом сезонно-талого слоя.



Фото 3. Зарастающий мелколиственным лесом курум на левом берегу р. Подкаменная Тунгуска, в 2 км ниже устья р. Алексис.



Фото 4. Оползень-спływ на левобережье в нижнем течении р. Кулингна (Центрально-Сибирский биосферный заповедник).

По результатам ландшафтно-индикационных исследований был выявлен наиболее яркий индикатор стабильного положения льдистых пород. Обводнённые в течение всего тёплого периода солифлюкционные окна-разрывы выступают в этом качестве. Мерзлотные урочища, в пределах которых широко представлены солифлюкционные окна-разрывы, характеризуются отсутствием термокарстовых просадок.

Выводы

1. Результаты изучения природных комплексов мерзлотного экотона позволяют говорить о том, что не всюду «вечная» мерзлота и криогенные ландшафты столь чувствительные к наблюдаемым изменениям климата. Наиболее уязвимые мерзлотные ландшафты к потеплению климата расположены

в пределах ледниковых равнин с темнохвойной тайгой и курумов лесного яруса.

2. Методы индикации свидетельствуют, что главные отклики в системах экодинамики на потепление климата – это интенсификация солифлюкции вследствие заметного увеличения мощности деятельного слоя и замедление курумодесерпции вследствие вытаивания гольцового льда. Следы деградации многолетнемёрзлых пород нашли отражение в облике криогенных ландшафтов (увеличение искорей, зарастание курумов и их проседание, снижение обводнённости солифлюкционных разрывов и др.).

3. Понимание происходящих изменений чрезвычайно важно с точки зрения геоэкологического прогнозирования будущих изменений природной среды. Предлагаемые индикаторы,

свидетельствующие об изменениях, ных ландшафтов и в других частях могут быть использованы для изучения современного состояния мерзлот- криолитозоны.

Статья поступила в редакцию 19.03.2018 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов В.И., Герасимов Л.М., Ероменко В.Ю. и др. Комплекс дистанционных методов при геологическом картировании таежных районов (на примере Приенисейской Сибири). Л.: Недра, 1978. 247 с.
2. Будыко М.И. Климат и жизнь. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 472 с.
3. Горшков С.П., Карраш Х., Парамонов А.В. Геоморфологическая индикация мерзлотных и немерзлотных ландшафтов средней тайги Центральной Сибири // Геоморфология. 1998. № 4. С. 55–61.
4. Горшков С.П., Ванденберг Дж., Алексеев Б.А. и др. Климат, мерзлота и ландшафты Среднеенисейского региона: к 8-й Международной конференции по вечной мерзлоте. М.: Географический факультет МГУ, 2003. 90 с.
5. Золотокрылин А.Н. Климатическое опустынивание. М.: Наука, 2003. 246 с.
6. Медведков А.А. Геоэкологический отклик среднетаёжных ландшафтов Приенисейской Сибири на потепление климата конца XX–начала XXI века // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2014. № 6. С. 513–524.
7. Медведков А.А. Среднетаёжные геосистемы Приенисейской Сибири в условиях меняющегося климата. М.: Макс-Пресс, 2016. 144 с.
8. Медведков А.А. Картографирование криогенных ландшафтов на основе анализа тепловых снимков // Материалы международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС». Ростов-на-Дону, Зальцбург (Австрия). 2016. Т. 22. № 1. С. 380–384.
9. Мельников Е.С., Вейсман Л.И., Москаленко Н.Г. и др. Ландшафты криолитозоны Западно-Сибирской газоносной провинции. Новосибирск: Наука, 1983. 163 с.
10. Тумель Н.В., Зотова Л.И. Геоэкология криолитозоны: Учебное пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2014. 244 с.
11. Федоров А.Н. Мерзлотные ландшафты Якутии: методика выделения и вопросы картографирования. Якутск, 1991. 140 с.
12. Medvedkov A.A. Geoenvironmental response of the Yenisei Siberia mid-taiga landscapes to global warming during late XX–early XXI centuries // Water Resources. 2015. Vol. 42. Iss. 7. pp. 922–931.

REFERENCES

1. Astakhov V.I., Gerasimov L.M., Eromenko V.Yu, et al. *Kompleks distantsionnykh metodov pri geologicheskoy kartirovaniy taizhnykh raionov (na primere Prieniseiskoi Sibiri)* [The complex of remote sensing methods in geological mapping of taiga regions (by the example of the Yenisei Siberia)]. Leningrad, Nedra Publ., 1978. 247 p.
2. Budyko M.I. *Klimat i zhizn'* [Climate and life]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1974. 472 p.
3. Gorshkov S.P., Karrash H., Paramonov A.V. Geomorfologicheskaya indikatsiya merzlotnykh i nemerzlotnykh landshaftov srednei taygi [Geomorphological indication nemerson permafrost and landscapes of the middle taiga of Central Siberia]. In: *Geomorfologiya* [Geomorphology RAS], 1998, no. 4, pp. 55–61.
4. Gorshkov S.P., Vandenberg Dzh., Alekseev B.A.. et al. *Klimat, merzlota i landshafty Sredneeniseiskogo regiona: k 8-i Mezhdunarodnoi konferentsii po vechnoi merzlotte* [Climate, permafrost and landscapes of the middle Enisei region: 8th International conference on permafrost]. Moscow, Geograficheskii fakul'tet MGU Publ., 2003. 90 p.

5. Zolotokrylin A.N. *Klimaticheskoe opustynivanie* [Climatic desertification]. Moscow, Nauka Publ., 2003. 246 p.
6. Medvedkov A.A. Geoekologicheskii otklik srednetaezhnykh landshaftov Prieniseyskoy Sibiri na poteplenie klimata kontsa XX – nachala XXI veka [Geo-ecological response of the middle-taiga landscapes in the Yenisei Siberia to climate warming of the late XX – early XXI century]. In: *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya* [Geoeckology], 2014, no. 6, pp. 513–524.
7. Medvedkov A.A. *Srednetaezhnye geosistemy Prieniseiskoi Sibiri v usloviyakh menyayushchegosya klimata* [Mid-taiga geosystems of the Yenisei Siberia in a changing climate]. Moscow, Maks-Press Publ., 2016. 144 p.
8. Medvedkov A.A. Kartografirovaniye kriogennykh landshaftov na osnove analiza teplovykh snimkov [Mapping of cryogenic landscapes based on the analysis of thermal images]. In: *Materialy mezhdunarodnoi konferentsii «InterKarto/InterGIS»* [Proceedings of the international conference "InterCarto / InterGIS"]. Rostov-on-Don, Salzburg (Austria), 2016, vol. 22, no. 1, pp. 380–384.
9. Mel'nikov E.S., Veisman L.I., Moskalenko N.G. et al. *Landshafty kriolitozony Zapadno-Sibirskoi gazonosnoi provintsii* [Landscapes of permafrost zone of the West Siberian gas province]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983. 163 p.
10. Tumel' N.V., Zotova L.I. *Geoekologiya kriolitozony* [Geoeckology of the permafrost zone]. Moscow, Geograficheskii fakul'tet MGU Publ., 2014. 244 p.
11. Fedorov A.N. *Merzlotnye landshafty Yakutii: metodika vydeleniya i voprosy kartografirovaniya* [Permafrost landscapes of Yakutia: a method for the separation and the issues of mapping]. Yakutsk, 1991. 140 p.
12. Medvedkov A.A. Geoenvironmental response of the Yenisei Siberia mid-taiga landscapes to global warming during the late XX–early XXI centuries. In: *Water Resources*, 2015, vol. 42, iss. 7, pp. 922–931.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 16-35-00327-мол_а) и Совета по грантам Президента РФ (проект МК-2396.2017.5).

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 16-35-00327-mole_a) and the Grant Council of the President of the Russian Federation (project МК-2396.2017.5).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Медведков Алексей Анатольевич – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии мира и геоэкологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова;
e-mail: a-medvedkov@bk.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Alexey A. Medvedkov – PhD in Geographic sciences, associate professor at the Department of Physical Geography of the World and Geoecology, M.V. Lomonosov Moscow State University;
e-mail: a-medvedkov@bk.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Медведков А.А. Индикация состояния мерзлотно-таёжных ландшафтов на южной периферии криолитозоны в условиях изменяющегося климата // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 1. С. 18-28

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-18-28

FOR CITATION

Medvedkov A.A. Indication of the state of taiga permfrost landscapes on the southern periphery of cryolithozone under conditions of a changing climate. In: *Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Natural Sciences*, 2018, no. 1, pp. 18-28

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-18-28

УДК 577.4/47.924

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-29-41

ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ТАЛЫШСКИХ ГОР

Гулиева И.Ф.*Институт географии Национальной академии наук Азербайджана
AZ1143, г. Баку, ул. Г. Джавида, 31, Республика Азербайджан*

Аннотация. Статья посвящена оценке влияния морфометрических факторов на ландшафтную структуру Талышских гор.

Показано, что морфометрические характеристики выполняют значимую роль в пространственной дифференциации климатических особенностей и определяют своеобразие природных ландшафтов искомой горной страны. По результатам полевых исследований составлена ландшафтная карта в масштабе 1:100 000.

Ключевые слова: ландшафт, рельеф, инверсия, экологические условия, коэффициент увлажнения, Талышские горы.

NATURAL FACTORS DETERMINING THE FORMATION OF MODERN LANDSCAPES OF THE TALYSH MOUNTAINS

I. Gulieva*Institute of Geography named after Hasan Aliyev, National Academy of Sciences of Azerbaijan
115, av. H. Javid, AZ1143 Baku, Azerbaijan*

Abstract. The effect of morphometric factors on the landscape structure of the Talysh Mountains is evaluated. It is shown that morphometric characteristics play a significant role in the spatial differentiation of climatic features and predetermine the peculiarities of the natural landscapes of the mountains in question. Based on the results of field studies, a map is drawn to show the landscape at a scale of 1: 100000.

Key words: landscape, landscape differentiation, environmental conditions, inversion, humidification ratio, Talysh Mountains.

Исследуемая нами территория – Талышские горы – находится в юго-восточной части Азербайджана (рис. 1). Талышские горы состоят из 3-х основных горных хребтов и их разветвлений, протянутых параллельно друг другу с северо-запада на юго-восток. Горный рельеф простирается по абсолютной высоте от 200 до 2500 метров. Среди горных хребтов самыми высокими являются Талышские хребты, а их наиболее высокими вершинами являются Кёмюркей (2494 м) и Гызюрду (2435 м). На северо-восток от Талышских гор идёт постепенное понижение рельефа, которое сменяется хребтами Пештасар и Буровар.



Рис. 1. Исследуемая территория Талышских гор

Метод исследования

При проведении исследований нами использованы в основном методы: картографические, дистанционного зондирования, ГИС, математико-статистические, традиционных наблюдений и полевых исследований, и, одновременно, методы экспериментальных исследований.

Современные ландшафты Талышских гор имеют сложные дифференциационные особенности. Образование дифференциации ландшафтов исследователи объясняют влиянием различных факторов. А.А. Гвоздецкий [3] отдает предпочтение рельефу, А.А. Григорьев [4] – отношению изменения тепла и влаги в высотном направлении, А.Г. Исаченко [6] дифференциацию естественных ландшафтов горных территорий оценивает как комплексный результат взаимосвязей всех естественных компонентов, З.В. Атаев [2] отдает предпочтение морфометрическому анализу рельефа. В Республике Азербайджан проводили многосторонние исследования в связи с особенностями дифференциации естественных ландшафтов Я.А. Гарибов, М.Дж. Исмаилов, Е.Ш. Мамад-

беков, С.Ю. Гулиева, Э.Д. Керимова, И.Я.Кучинская [5; 7; 8; 9; 12] и др.

В территориальной дифференциации ландшафтов рельеф принимается всеми исследователями как основной фактор. Рельеф непременно влияет на гидрографическую сеть, почвенно-растительный покров, солнечную радиацию и распределение осадков. По Д.Л. Арманду [1], ведущим является тот компонент, который сильно влияет на другие компоненты, но сам очень слабо меняется под их влиянием. Основную роль в формировании ландшафтов играют рельеф и климат. Рельеф, играющий основную роль в дифференциации, также влияет на эстетическую привлекательность ландшафта.

В современный период данные дистанционных зондирований и развитие цифровых технологий позволяют широко исследовать рельеф как основной ландшафтообразующий фактор. Цифровая технология облегчает морфометрический анализ рельефа. В отличие от традиционных методов, применение цифровой технологии позволяет быстро и с точностью определить морфологические показатели территории. С этой

целью имеет большое значение определение распределения высот на территории, наклона и экспозиции склонов. Для горных территорий роль этих факторов очень велика в распределении теплового и водного баланса. Одновременно эти факторы влияют и на распределение растительного покрова.

В результате анализа высотной карты (рис. 2, табл. 1), составленной

для рассматриваемой территории, мы определили, что 27,6% исследуемой территории характеризуется высотой менее 300 м, 19,3% – между 301-600 м, 17% – между 601-900 м, 9,3% – между 901-1200 м, 7,8% – между 1201-1500 м, 10,4% – между 1501-1800 м, 6,6% – между 1801-2100 м, 2% приходится на долю высот 2101-2512 м.

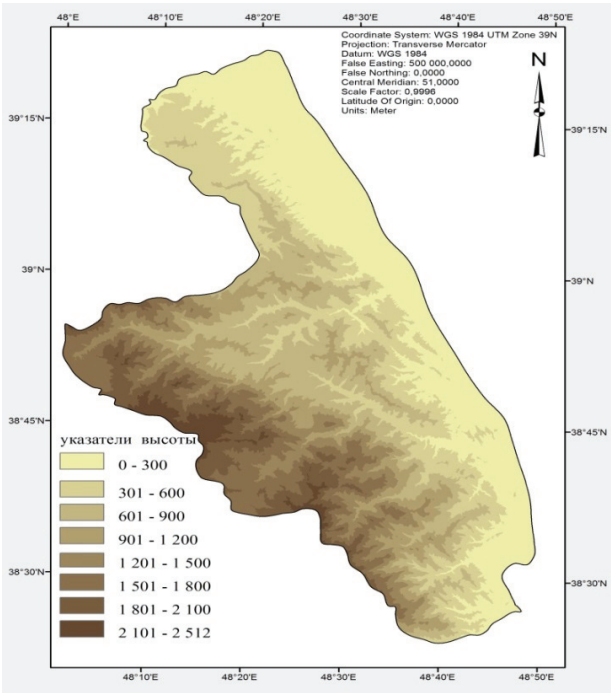


Рис. 2. Распределение территорий по высотам в Талышских горах

Таблица 1

Распределение территорий по высотам в Талышских горах

Высота (м)	площадь (км ²)	площадь (%)
0-300	965	27,64
301-600	673	19,28
601-900	593	16,99
901-1200	324	9,28
1201-1800	635	18,19
>1801	301	8,62

Из анализа высотных показателей ясно, что основная часть территории находится в низкогорье. Одним из характерных геоморфологических элементов исследуемой территории являются древние выровненные поверхности и межгорные котловины. Можно привести в качестве примера Диманскую котловину между хребтами Талыша и Пештасар. На этих территориях развиты ксерофитно-кустарниковые ландшафты.

Наряду с абсолютной высотой рельефа на дифференциацию современ-

ного ландшафта территорий также большое влияние оказывает экспозиция склонов. В зависимости от экспозиции склонов создаются серьезные различия в структуре ландшафта. Исследование нами путем анализа карт экспозиции склонов в Талышских горах показало (рис. 3, табл. 2), что на склоны северного направления приходится 40,7% площади, на склоны восточного направления – 21,6%, на склоны южного направления – 21,1%, на склоны западного направления – 16,6%.

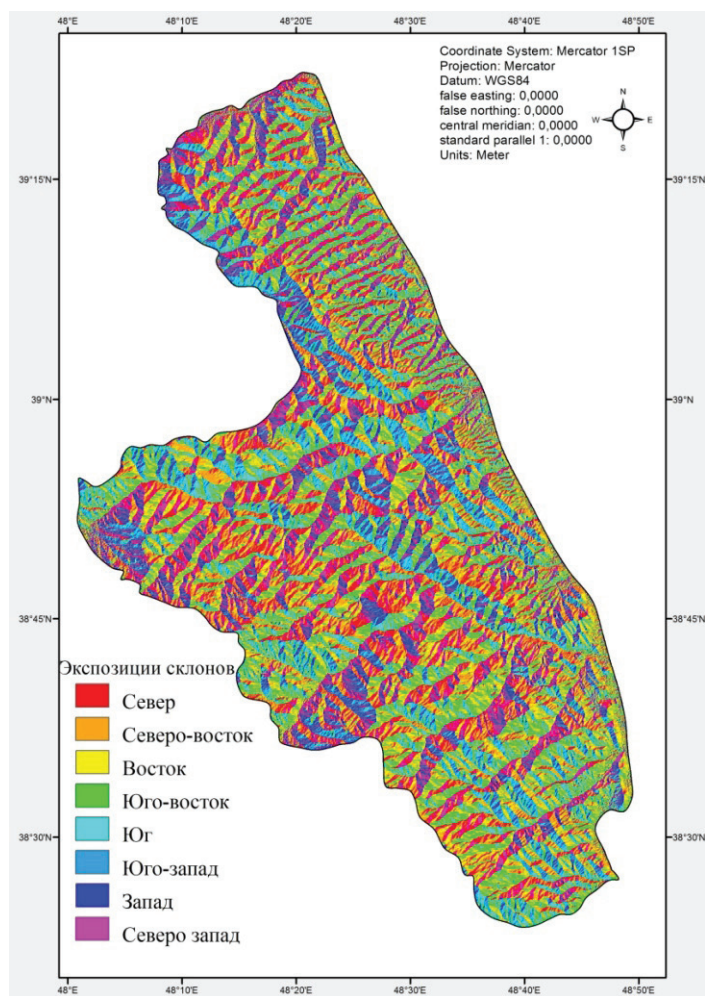


Рис. 3. Карта экспозиции склонов Талышских гор

Таблица 2

Экспозиция склонов Талышских гор

Экспозиция	площадь (км ²)	площадь (%)
Север	837	24,0
Северо-восток	455	13,0
Восток	450	12,9
Юго-восток	423	12,1
Юг	392	11,2
Юго-запад	317	9,1
Запад	293	8,4
Северо-запад	326	9,3

Одним из основных условий, влияющих на дифференциацию ландшафта, является наклон склонов. Уклон склонов в горах Талыша проанализирован в компьютерной программе ArcGIS, и в результате было определено (рис. 4, табл. 3), что уклон между 0–10° занимает площадь 1013 км², уклон между 10–20° – 1305 км², а уклон между 20–69° – 1175 км². Из карты экспозиции, со-

ставленной для территории, из анализа материалов полевого исследования и литературных данных, выясняется, что леса на северных склонах занимая больше площадей, имеют плотные и высокие насаждения, а леса на южных и западных склонах, занимая меньшую площадь, имеют меньшую плотность и даже на некоторых местностях лес сменяется кустарниками.

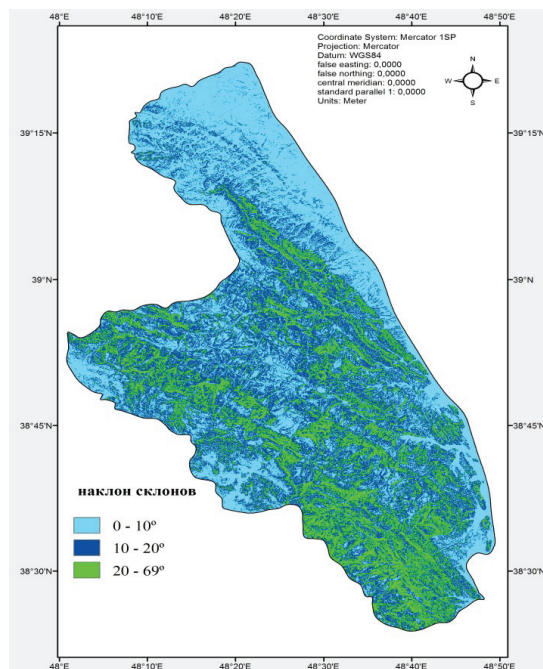


Рис. 4. Карта уклона склонов Талышских гор

Таблица 3

Уклон склонов Талышских гор

уклон	площадь (км ²)	площадь (%)	Оценка градусов уклона
0-10°	1013	29,0	Слабый
10-20°	1305	37,4	Средний
20-69°	1175	33,6	Высокий

Степень уклона рельефа оказывает влияние на структурно-функциональные особенности ландшафтов. Так, на склонах слабого уклона создается склонность к преимущественно аккумуляции, усилению засоленности, дефляции, очень слабой эрозии (подходит к поливному земледелию, частично – животноводству). На склонах средней наклонности – к интенсивной эрозии, аридно-денудационным оползневым потокам (животноводство, террасное земледелие). На склонах высокой наклонности – к очень сильной эрозии, аридной денудации, скольжению, оголенности, образованию бедлендов, тесной сети ущелий (пастбища и пастбищное животноводство).

Степень уклона оказывает влияние и на устойчивость ландшафтов. Склоны высокой наклонности имеют меньшую устойчивость. Один из важнейших факторов, влияющих на дифференциацию ландшафтов, это климат. Основной тип климата, который характерен для рассматриваемой территории – умеренно-те-

плый климат с сухим летом. Предгорья и низкогорные территории имеют умеренно теплый тип климата с равномерным распределением осадков. Самой важной особенностью, которая характерна для этого типа климата, является распространение богатого лесного покрова.

В течение года число часов солнечного сияния составляет 2200–2400 часов, а на низко-среднегорных территориях 2000–2200 часов. Количество суммарной солнечной радиации в низкогорье 128–132 ккал/см², а на вершинах Кёмюркей и Гызюрду достигает 140–144 ккал/см². В течение года радиационный баланс в среднегорье уменьшается от 58–60 ккал/см² в нижней части до 40–45 ккал/см² в верхней [11].

На исследуемой территории в распределении осадков велико влияние как рельефа, так и Каспийского моря. Своеобразно характеризуется распределение осадков с высотой (рис. 5), так что до высот 1000 м количество осадков увеличивается, затем начинает уменьшаться.

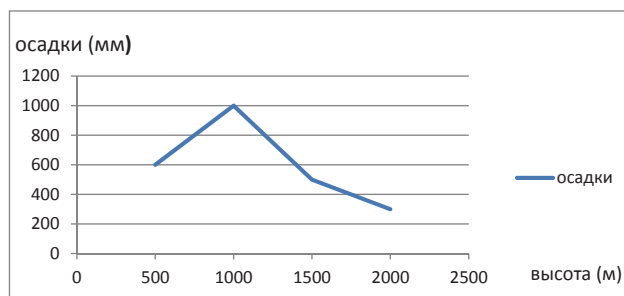


Рис. 5. График распределения осадков по высоте в Талышских горах [11].

Причиной неравномерного распределения осадков является орографическое строение территорий. Влажный воздух, поступающий на территорию через Каспийское море, встречаясь на коротком расстоянии с горными хребтами на низкогорье и предгорье, способствует выпадению большого количества осадков. Относительно удаленное расположение северо-западной части исследуемой территории от Каспийского моря и результат от понижения абсолютной высоты здесь, уменьшают количество осадков. Максимум осадков на территории выпа-

дает в холодный период года. Для исследуемой территории среднегодовая относительная влажность составляет 70–80%. Максимальная относительная влажность наблюдается в предгорных районах.

Учитывая результаты полевых исследований, проведенных нами, была составлена крупномасштабная ландшафтная карта исследуемой территории и проанализированы ландшафтно-экологические условия каждого комплекса (рис. 6). Легенда карты описывает нижеследующие ландшафты.

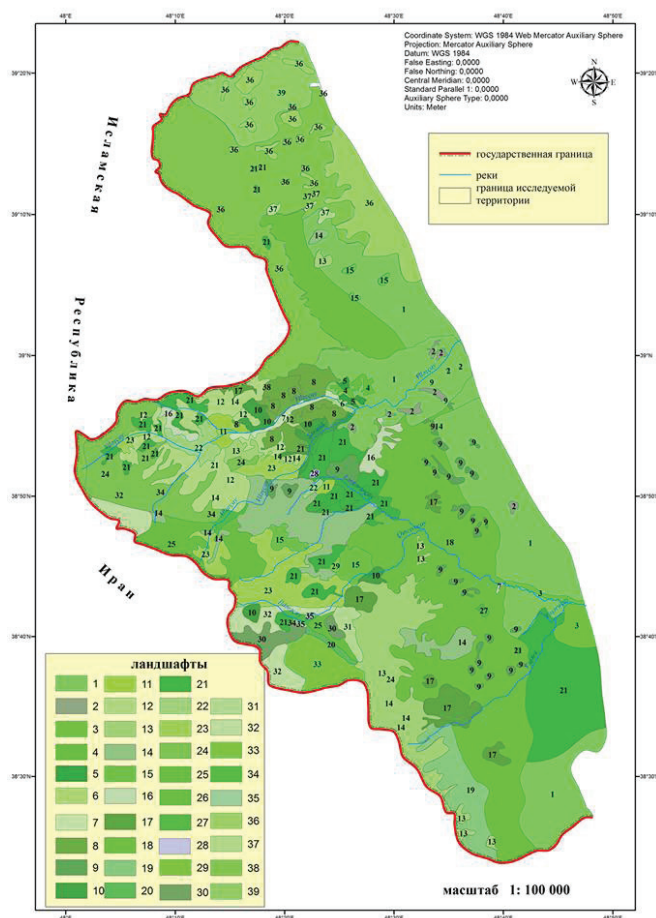


Рис. 6. Фрагмент ландшафтной карты Талышских гор.

I. Ландшафты сухих степей низкогорья.

1. Посадочные площади на темно-коричневых почвах горных склонов слабой наклонности низкогорья.
2. Кустарниковый ландшафт после леса на коричневых почвах на горных склонах слабой наклонности низкогорья.
3. Сухие степи на каштановых и горно-коричневых почвах горных склонах средней наклонности низкогорья.
4. Ландшафты сухих степей на каштановых почвах на горных склонах слабой наклонности низкогорья.

II. Комплексы широколиственных лесов низкогорья и предгорья.

5. Дубовые, грабовые, частично буковые леса на горно-лесных почвах низкогорья.
6. Буковые леса на серо-горнолесных почвах горных склонов средней наклонности низкогорья.
7. Леса железного дерева на серо горно-лесных почвах горных склонов наклонности низкогорья.
8. Луга – леса на размытых коричнево горно-лесных почвах на горных склонах средней наклонности низкогорья.
9. Редколесье–кустарники на коричневых горных лесных почвах резко расчлененных горных склонов низкогорья.
10. Дубовые, грабовые, железного дерева леса на коричневых горно-лесных почвах речных ущельях слабой наклонности.
11. Расширенное речное ущелье, составленное из аллювиальных отложений.
12. Дубовые кустарники на частично карбонатных и остепнённых горно-лесных почвах низкогорья.
13. Луга – кустарники (в основном пастбища) на резко расчлененных горных склонах.

III. Лесные комплексы среднегорья.

14. Зерновые посадочные площади на коричневых горно-лесных почвах выровненных горных склонов среднегорья.
15. Редколесье–кустарники на коричневых почвах слабо расчлененных горных склонов среднегорья.
16. Луга–кустарники на коричневых почвах резко расчлененных горных склонов.
17. Дубовые кустарники на коричневых почвах резко расчлененных горных склонов среднегорья.
18. Кустарниковые и пастбищные участки после леса на горных склонах малой наклонности среднегорья.

19. Пашни, сопровождающиеся деревьями на средне расчлененных склонах среднегорья.

20. Послесельные луга–кустарники (в основном пастбища и сенокосы) среднегорья.

21. Дубовые, грабовые леса на типично коричневых горно-лесных почвах горных склонов средней наклонности среднегорья.

22. Буковые, дубовые леса на серых горно-лесных почвах горных склонов резкой наклонности среднегорья.

23. Буковые, дубовые леса на коричневых почвах горных склонов малой наклонности среднегорья.

24. Участки пастбищ на коричневых почвах резко расчлененных горных склонов среднегорья.

IV. Ксерофитно-горностепные комплексы среднегорья.

25. Зерновые посадочные площади на коричневых горнолесных почвах выровненных горных склонов малой наклонности среднегорья.

26. Редколесья, кустарники на коричневых горнолесных почвах слабо расчлененных горных склонов среднегорья.

27. В основном кустарники на коричневых почвах интенсивно расчлененных выступающих на поверхность материнских горных пород склонов среднегорья.

28. Горно-луговые растения на послесельных горно-луговых почвах среднегорья.

29. Ксерофитно-горные степи на выступающих на поверхность материнских породах средней расчлененности склонов среднегорья.

30. Горные степи с ксерофитными растениями на интенсивно расчлененных горно-луговых почвах среднегорья.

31. Оползни техногенного происхождения на горных склонах высокой наклонности среднегорья.

32. Активные оползни на горных склонах слабой расчлененности среднегорья.

33. Посевные площади на террасированных горных склонах.

34. Горные степи на коричневых почвах расчлененных горных склонов по речным ущельям слабонаклонного среднегорья.

35. Ксерофитные кустарники на коричневых почвах и резко расчлененных скалах среднегорья.

36. Горные степи на коричневых почвах выровненных горных склонов среднегорья.

37. Горные степи на коричневых почвах горных склонов средней наклонности среднегорья.

38. Миндальные сады.

39. Участки овощных посадочных площадей на расширенных речных долинах аллювиального происхождения.

На основе вышеуказанных данных и составленной карты, дифференциация ландшафтов на исследуемой территории определена нижеследующим образом.

Ландшафты сухих степей низкогорья

Отмеченный тип ландшафта распространён на севере и северо-востоке горного Талыша, в основном на территории Джалилабадского района. Площадь этого ландшафтного типа составляет 627 км². По характеру геоморфологического строения территории состоит из денудационных структур предгорья и низких гор. В рельефе, интенсивно подвергшемся влиянию экзогенных процессов, образовались расчлененные сухие ущелья на горных склонах, а предгорные участки покрыты приносимыми конусами. На территории широко распространены породы IV периода кайнозойской эры. Эти породы состоят из каменистых песков, глин, известковых камней, аллювиальных и пролювиальных осадков.

Для ландшафтного типа характерен умеренно теплый климат с сухим летом. Наблюдается среднегодовая температура 14–15°C, а максимальная температура достигает 37–39°C. Температура самого теплого месяца (июль) – 26°C, а самого холодного месяца (январь) – 1,6°C. Годовое количество солнечной радиации составляет 128–132 ккал/см².

Количество солнечных часов – 2000–2200. Так как господствующий тип климата – с сухим летом, осадки в основном выпадают в холодный период года. В летние месяцы образуется дефицит влажности. Количество среднегодовых осадков составляет 600–1000 мм [11]. Если сравнить количество осадков, наблюдаемых в течение года, со значением возможного испарения, то мы увидим, что внутри ландшафтного типа коэффициент увлажнения меньше единицы. В летние месяцы в основном дуют восточные и юго-восточные ветры, а в зимние месяцы – северные и северо-западные.

Внутри ландшафтного типа широко распространены коричневые почвы. Эти почвы на низкогорных и предгорных территориях широко освоены под богарное, а на равнинных территориях – под орошаемое земледелие. Здесь широко распространены засухоустойчивые ксерофитные растения, эфемеры, полынно-полупустынные растения.

Широколиственные лесные ландшафты низкогорья и предгорья

Этот тип ландшафта распространен на абсолютных высотах от 100 до 700–800 м. Здесь в основном господствует умеренно теплый тип климат с равномерным распределением осадков. Тип ландшафта отличается высокой влажностью. Количество осадков составляет 600–1000 мм. На территории суммарная солнечная радиация составляет 132–136 ккал/см², а годовое количество часов солнечного сияния – 2000–2200 часов [11]. Для данного типа ландшафта характерны горно-лесные желтоземы. Широколиственные леса низкогорья отличаются богатыми ре-

ликовыми породами деревьев флоры третичного периода. Эти породы состоят из железного дерева, каштанового дуба, ленкоранской шелковой акации, дерева азат, гирканского шумшада, гирканского тополя и др. На низком горно-лесном поясе Талыша до высот 600–700 метров над уровнем моря в основном распространены дубово-грабовые леса, состоящие из каштанового дуба, граба, железного дерева. В глубоких ущельях рек, особенно в бассейне Виляшчай, эти особенности проявляются в существенной степени.

Послесельные лесо-кустарниковые ландшафты и широколиственные леса среднегорья

Этот тип ландшафта распространен между абсолютными высотами

600–700 и 1600–1800 м. Для пояса характерен умеренно теплый климат с сухим летом. Средняя годовая температура составляет 8–12°, а количество осадков – 400–600 мм. В пределах данного ландшафта в связи с достаточной влагообеспеченностью господствуют лесные комплексы. В лесах преобладают в основном породы таких деревьев, как дуб, граб и бук. На исследуемой территории в связи с изменением биоклиматических условий, с понижением высоты бурые горно-лесные почвы сменяются на горно-лесные желтоземы, а с повышением высот наблюдается переход к лугово-остепенным почвам. С поднятием высоты в результате уменьшения коэффициента увлажнения уменьшается площадь горно-лесных ландшафтов (табл. 4).

Таблица 4

Распределение горно-лесных ландшафтов по абсолютным высотам

Высота (м)	площадь (км ²)	площадь (%)
До 5500	638	42,7
500-1000	456	30,5
1000-1500	291	19,5
1500-2000	106	7,7
2000-2512	3	0,3
Всего	1494	100

Горные ксерофитные ландшафты среднегорья

Отмеченный тип ландшафта охватывает верхнее течение р. Виляшчай, территории с абсолютной высотой до 2000–2200 метров. Здесь в основном господствует холодный тип климата с сухим летом, количество осадков составляет 300–350 мм. Осадки в основном выпадают в осенние месяцы. Господствуют горные ксерофитные ку-

старники, в особенности кустарники держидерево.

В дифференциации ландшафтов Талышских гор одним из основных факторов является формирование здесь ландшафтной инверсии. Так, в высотном направлении горно-лесные ландшафты на исследуемой территории сменяются ксерофитно-горными степями, в то время как на других горных территориях они сменяются на

горно-луговые ландшафты. Причиной образования ландшафтной инверсии является, с одной стороны, нахождение высокогорья и здешних межгорных котловин под влиянием аридного климата Иранского нагорья, а с другой стороны, барьерный эффект, созданный Пештасарским хребтом, сохраняющий влажность приносимую северо-восточными ветрами.

Один из самых важнейших факторов влияющих на дифференциацию ландшафтов – это антропогенное влияние. Существование благоприятных естественных условий создает широкую возможность образования соответствующей среды для жизненной хозяйственной деятельности людей, и этот регион является одним из самых освоенных и населенных. В последние годы интенсификация антропогенных влияний на ландшафт связана с богатыми рекреационными возможностями. По речным ущельям ежегодно увеличивается объем услуг туризма и отдыха, что приводит к деградации ландшафтов.

В результате антропогенных влияний резко снизилась площадь лесов, изменились их границы. Верхняя граница лесов сместилась вниз на 300–500 м, а на некоторых территориях – до 700 м; а нижняя граница приблизительно настолько же смещена вверх [10]. В связи с вырубкой лесов на выровненных горных склонах и расширенных реч-

ных долинах, эти территории заменены пашнями, или же разреженные леса превратились в кустарники. Этот процесс особенно резко возрастает вблизи населенных пунктов. Вдали от населенных пунктов сохраняется богатство и плотность видового состава лесов. В результате увеличения антропогенного влияния на естественные ландшафты ускорились оползневые процессы, образовались активные очаги оползней на некоторых местах территории.

Выводы

В горах Талыша, учитывая морфометрические элементы рельефа, особенности расположения горных хребтов, климатических данных, хозяйственной деятельности человека определены особенности дифференциации территориального ландшафта. В результате полевых исследований впервые использована цифровая технология, с помощью которой составлена крупномасштабная (1:100000) современная ландшафтная карта Талышских гор. Установлено, что хорошо развитые горно-лесные ландшафты средне- и высокогорья на высоте 2000–2200 м в результате уменьшения коэффициента увлажнения сменяются лугово-лесными, лесо-кустарниковыми, степными ландшафтами.

Статья поступила в редакцию 08.12.2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте (Основы теории и логико-математические методы). М.: Мысль, 1975. 288 с.
2. Атаев З.В. Морфометрия рельефа как фактор формирования и пространственной дифференциации низкогорно-предгорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа // Молодой ученый. 2014. № 4. С. 400–407.
3. Гвоздецкий Н.А. О высотной зональности как основной закономерности ландшафтной дифференциации горных стран // Вопросы ландшафтоведения. Алма-Ата: Отдел географии АН Каз. ССР, 1963. С. 14–22.

4. Григорьев А.А. Закономерности строения и развития географической среды. Москва: Мысль, 1966. 346 с.
5. Гулиева С.Ю., Кучинская И.Я., Керимова Э.Д. Пространственно-временной анализ современных геосистем Азербайджана // Труды Азербайджанского Географического общества. 2017. Том XIX. С. 81–87.
6. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. Москва: Высшая школа, 1991. 366 с.
7. Исмаилов М.Дж. Оценка оползневой риска в ландшафтах юго-восточного склона Большого Кавказа (на примере Муганлинского муниципалитета) // Труды Азербайджанского Географического общества. 2017. Том XIX. С. 73–80.
8. Кучинская И.Я. Ландшафтно-экологическая дифференциация горных геосистем (на примере северного склона Юго-Восточного Кавказа). Баку: Ин-т географии НАНА, 2011. 196 с.
9. Мамедбеков Э.Ш. Экологические особенности в естественных ландшафтах Юго-Восточного склона Большого Кавказа // Труды Азербайджанского Географического общества. 2008. Том XI. С. 106–113.
10. Халилов М.Ю. Антропогенная трансформация лесных экосистем Азербайджана // Вестник НАНА. Серия: Науки о Земле. 2013. № 3. С. 89–93.
11. Экологический атлас Азербайджана. Баку: БКФ, 2010. 176 с.
12. Qaribov A.A. Azərbaycan Respublikasının təbii landşaftlarının optimallaşdırılması. Bakı: AzTU, 2012. 187 s.

REFERENCES

1. Armand D.L. Nauka o landshafte (Osnovy teorii i logiko-matematicheskie metody) [The science of landscape (Fundamentals of the theory of logical and mathematical methods)]. Moscow, Mysl' Publ., 1975. 288 p.
2. Ataev Z.V. Morfometriya rel'efa kak faktor formirovaniya i prostranstvennoi differentsiatsii nizkogorno-predgornnykh landshaftov Severo-Vostochnogo Kavkaza [Morphometry of relief as a factor of the formation and spatial differentiation of lowland-foothill landscapes of the Northeastern Caucasus]. In: MoloDOI: uchenyi [Young Scientist], 2014, no. 4, pp. 400-407.
3. Gvozdetskii N.A. O vysotnoi zonal'nosti kak osnovnoi zakonomernosti landshaftnoi differentsiatsii gornnykh stran [High-altitude zoning as the basic regularity of landscape differentiation of mountainous countries]. In: Voprosy landshaftovedeniya [The issues of landscape.]. Alma-ATA, Otdel geografii AN KazSSR Publ., 1963. pp. 14-22
4. Grigor'ev A.A. Zakonomernosti stroeniya i razvitiya geograficheskoi sredy [Regularities of the structure and development of the geographical environment]. Moscow, Mysl' Publ., 1966. 346 p.
5. Gulieva S.Yu., Kuchinskaya I.Ya., Kerimova E.D. Prostranstvenno-vremennoy analiz sovremennykh geosistem Azerbaydzhana [Spatiotemporal analysis of modern geosystems of Azerbaijan] In: Trudy Azerbaidzhanskogo Geograficheskogo obshchestva [Proceedings of the Azerbaijan Geographical Society], 2017, no. XIX, pp. 81-87.
6. Isachenko A.G. Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe raionirovanie [Landscape science and physical-geographical zoning]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1991. 366 p.
7. Ismayilov M. Dzh. Otsenka opolznevogo riska v landshaftakh yugo-vostochnogo sklona Bol'shogo Kavkaza (na primere Muganlinskogo munitsipaliteta) [Assessment of landslide risk in the landscapes of the South-Eastern slope of the Greater Caucasus (by the example of the Muganli municipality)] In: Trudy Azerbaidzhanskogo Geograficheskogo obshchestva. [Proceedings of the Azerbaijan Geographical Society], 2017, no. XIX, pp. 73-80.

8. Kuchinskaya I.Ya. Landshaftno-ekologicheskaya differentsiatsiya gornyx geosistem (na primere severnogo sklona Yugo-Vostochnogo Kavkaza) [Landscape-ecological differentiation of mountain geosystems (by the example the Northern slope of South-Eastern Caucasus)]. Baku, In-t geografii NANA Publ., 2011. 196 p.
 9. Mamedbekov E.Sh. Ekologicheskiye osobennosti v yestestvennykh landshaftakh Yugo-Vostochnogo sklona Bol'shogo Kavkaza [Environmental features in the natural landscape of the South-Eastern slope of the Greater Caucasus]. In: Trudy Azerbaidzhanskogo Geograficheskogo obshchestva [Proceedings of the Azerbaijan Geographical Society], 2008, no. XI, pp. 106-113.
 10. Khalilov M.Yu. Antropogennaya transformatsiya lesnykh ekosistem Azerbaydzhana [Anthropogenic transformation of forest ecosystems of Azerbaijan]. In: Vestnik NANA. Seriya 'Nauki o Zemle' [Bulletin of NAS of Azerbaijan. Ser. Earth Sciences], 2013, no. 3, pp. 89-93.
 11. Ekologicheskii atlas Azerbaidzhana [Environmental Atlas of Azerbaijan]. Baku, BKF Publ., 2010. 176 p.
 12. Qaribov A.A. Azərbaycan Respublikasının təbii landşaftlarının optimallaşdırılması [Optimization of natural landscapes of the Republic of Azerbaijan]. Bakı, AzTU, 2012. 187 p.
-

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гулиева Илаха Фикрет кызы – докторант отдела ландшафтоведения и ландшафтного планирования Института географии Национальной академии наук Азербайджана;
e-mail: ilahe101@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Gulieva Ilaha Fikret – doctoral degree-seeking applicant at the Department of Landscape and Landscape Planning of the Institute of Geography named after Hasan Aliyev, National Academy of Sciences of Azerbaijan;
e-mail: ilahe101@gmail.com

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Гулиева И.Ф. Природные факторы формирования современных ландшафтов Талышских гор // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 1. С. 29-41
DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-29-41

FOR CITATION

Gulieva I.F. Natural factors determining the formation of modern landscapes of the Talysh mountains. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences*, 2018, no. 1, pp. 29-41
DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-29-41

УДК 504.53.054

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-42-50

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ГОРОДА ИСТРА

Ельчева И.О., Зубкова В.М., Гапоненко А.В.*Российский государственный социальный университет**129226, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, дом 4, стр. 1, Российская Федерация*

Аннотация. В статье рассматривается пространственное распределение в почве цинка (Zn), свинца (Pb), кадмия (Cd), никеля (Ni), меди (Cu). Исследование проводилось в городе Истра, где были отобраны объединенные пробы почв. Установлено, что практически на всех обследованных участках почва по содержанию тяжелых металлов относится к категории допустимого загрязнения, за исключением примыкающих к промышленным предприятиям. Приоритетными загрязнителями почв являются Pb и Cd, поступление которых связано главным образом с автомобильным транспортом.

Ключевые слова: город Истра, оценка почв, тяжелые металлы, эколого-геохимические исследования, геохимический барьер, геохимия.

ASSESSMENT OF SOIL CONTAMINATION IN ISTRA

I. Elcheva, V. Zubkova, A. Gaponenko*Russian State Social University**ul. Vil'gel'ma Pika 4, Bld. 1, 129226 Moscow, Russia*

Abstract. The paper reviews the spatial distribution of zinc (Zn), lead (Pb), cadmium (Cd), nickel (Ni), and copper (Cu) in soil. The study was performed in the city of Istra. The common samples of soil were selected within the limits of the city. It is found that almost in all examined areas the content of heavy metals in soil belongs to the category of permissible contamination except for the areas adjacent to the industrial enterprises. The first-priority soil pollutants are Pb and Cd, the release of which is mainly associated with the motor vehicles.

Key words: the city of Istra, assessment of soil, heavy metals, ecological-geochemical research, geochemical barrier, geochemistry.

В Истринский район ежегодно приезжают тысячи туристов со всей России и из-за рубежа, чтобы увидеть уникальный памятник русской культуры – Воскресенский Новоиерусалимский монастырь, основанный 360 лет назад Патриархом Никоном, как образ храма Гроба Господня в Иерусалиме. Возрастает рекреационная нагрузка на территорию города, и в этой связи возникает необходимость экологической оценки территории, организации системы мониторинговых исследований для анализа причин возможных повреждений памятника, экологических изысканий в зоне размещения монастыря. Для решения этих задач необходим мониторинг среды, учитывающий факторы загрязнения воздушного

бассейна, почв, грунтовых вод на уровнях их залегания и др. [5].

Целью проведенных нами исследований была оценка почв г. Истра по содержанию тяжелых металлов, в том числе на территории, прилегающей к монастырю. С каждым годом степень загрязнения почв и других компонентов среды постоянно растёт. Городские почвы все более подвергаются антропогенному воздействию: происходит постепенное изменение биогеохимических циклов большинства химических элементов, среди которых важную роль играют микроэлементы – тяжелые металлы (ТМ). Из всех биосферных загрязнителей ТМ наиболее опасны, так как они являются поллютантами – не разлагаются в окружающей среде и накапливаются в тканях живых организмов [2; 4].

Значительная часть поллютантов включается в почвенно-образовательные процессы, некоторая часть поглощается растениями в процессе их вегетации и отчуждается из городских почв, например, при коммунальных работах по стрижке газонов или фитосанитарном обследовании территории города и вырубке больных деревьев и кустарников [3]. При повышенной техногенной нагрузке на окружающую среду они начинают накапливаться в более высоких концентрациях. Почва в данном случае выступает, как аккумулятор и геохимический барьер, который консервирует часть загрязнений, не давая им, распространяться на другие более мобильные среды [7].

Естественные процессы приводят к повышению содержания поллютантов в сопредельных средах, таких как во-

дная, воздушная, а также в растениях. Поэтому актуальной задачей является поиск так называемой «точки бифуркации», после прохождения которой городская система не будет способна к самовосстановлению прежних своих жизнеспособных параметров.

Почвенный покров Истринского района Московской области представлен в основном дерново-подзолистыми почвами, имеющих некоторые общие особенности: невысокую долю кислых почв с pH менее 5,5 (22,6%); низкое содержание гумуса (менее 2,0% характерно для 72,6% почв); среднее – кальция (доля почв с содержанием 5,1–10 мг-экв составляет 71,7%); среднее и повышенное – магния (доля почв с содержанием магния 1,1–2,0 и 2,1–3,0 мг-экв на 100 г составляет, соответственно, 32,7 и 55,4 %). Средневзвешенный показатель содержания фосфора по району составляет – 406 мг/кг (доля почв с высоким и очень высоким содержанием фосфора составляет 86%). По содержанию калия почвы распределены следующим образом: с низким и очень низким содержанием калия – 25,3%, средним – 28,5%, повышенным, высоким и очень высоким – 46,1%¹.

Город Истра и прилегающие к нему районы характеризуются высокой рекреационной нагрузкой (освоение новых территорий под дачные и коттеджные участки) и страдают от переуплотнения, одного из видов физической деградации почв. Поэтому природный ландшафт в большей сте-

¹ Показатели приведены в отчете о производственной деятельности за 2012 год ФГБУ ГЦАС «Московский» (раздел «Распределение площадей с/х угодий в зависимости от агрохимических показателей»).

пени исчерпал свои возможности к самовосстановлению. В районе имеется тенденция к снижению содержания гумуса в почвах [6].

Истринский район не является промышленным. Доля земель, занятых под промышленность составляет 4–6%. Главными антропогенными источниками поступления тяжелых металлов являются предприятия электротехнической и металлообрабатывающей промышленности, транспорт и жилищно-коммунальные комплексы. Также важную роль играет атмосферный перенос загрязняющих веществ, согласно розе ветров в г. Истра преобладают западные, а также распространены северные и южные ветра [3].

В целом окрестности г. Истра считаются одним из рекреационных центров Подмосковья. Здесь действуют санатории «Волна» мэрии Москвы и «Истра», санаторий-профилакторий «Песчаный берег», оздоровительный центр «Красная гвоздика», СОЦ «Лесная поляна», санаторий «Истра-мед» и т.д. [6]. На территории района формируется туристический кластер «Рус-

ская Палестина» – единственный проект федеральной целевой программы «Развитие внутреннего и въездного туризма Российской Федерации (2011–2018 годы)», представляющий Подмосковье. Архитектурный ансамбль Ново-Иерусалимского монастыря представляет собой главный центр, точку притяжения формирующегося кластера. Другие точки притяжения туристов: культурная – музейно-выставочный комплекс «Новый Иерусалим» и рекреационная – Истринское водохранилище [1].

Эколого-геохимические исследования проводились на территории г. Истра в 2017 г., разбитой на три функциональные зоны: рекреационную, селитебную и промышленную. Пробы отбирались на 9-ти участках в г. Истра, в том числе на одном участке в ближайшем пригороде (Открытое акционерное общество «Новоиеерусалимский кирпичный завод» или ОАО «НИКЗ») (табл.1). Выбор данных участков был обусловлен расположением стационарных и передвижных источников загрязнений.

Таблица 1

Места отбора проб почвы в г. Истра в 2017 г.

Номер пробы	Адрес	Координаты пробы
1	г. Истра, ул. Панфилова, д. 51	сш. 55° 54,924' вд. 36° 49,96944'
2	г. Истра, ул. Панфилова, д. 61	сш. 55° 54,97884' вд. 36° 50,21664'
3	г. Истра, ш. Волоколамское (около р. Истра)	сш. 55° 55,13754' вд. 36° 50,26296'
4	г. Истра, ул. Советская, д. 1 (около монастыря)	сш. 55° 55,17792' вд. 36° 50,45868'
5	г. Истра, ул. Советская, д. 15	сш. 55° 55,97374' вд. 36° 51,41652'
6	г. Истра, ул. Ленина, д. 89	сш. 55° 54,97374' вд. 36° 51,6061200'
7	г. Истра, ул. Босова, д. 7	сш. 55° 54,51018' вд. 36° 52,02708'
8	г. Истра, ул. Песочная, д. 24	сш. 55° 54,342' вд. 36° 52,99014'
9	Истринский р-он, п. Первомайский, д. 18	сш. 55° 54,81792' вд. 36° 47,67582'

В каждой функциональной зоне отбирали методом конверта¹ из 0-20 см слоя по три объединённые пробы, в которых после озоления почвы определяли валовые формы ТМ на атом-

но-абсорбционном спектрофотометре AA-7000 «Shimadzu» в испытательной лаборатории ФГБУ ГЦАС «Московский» (табл. 2).

Таблица 2

Содержание валовых форм ТМ в почве г. Истра в 2017 г., мг/кг

Функциональная зона	Ключевые участки (номер пробы)	1 класс опасности			2 класс опасности	
		Cd	Zn	Pb	Cu	Ni
Рекреационная	Новый Иерусалим (р. Истра)(3)	0,52±0,20	42,0±8,4	12,2±4,3	11,0±1,6	11,3±3,9
	Новый Иерусалим (монастырь) (4)	0,55±0,22	43,6±8,7	10,5±3,7	13,7±2,7	13,1±4,6
	Городской парк Истра (5)	0,25±0,10	45,0±9,0	20,4±7,1	12,1±2,4	6,0±2,1
Селитебная	Детский сад на ул. Панфилова, д. 61 (2)	0,55±0,22	121,6±24,3	18,8±6,6	21,0±4,2	9,6±3,3
	ул. Ленина, д. 89 (Центр) (6)	0,85±0,34	97,2±19,4	25,7±9,0	33,1±6,6	10,6±3,7
	ул. Босова, д. 7 (7)	0,25±0,10	54,4±10,9	8,2±2,8	13,5±2,7	7,8±2,7
Промышленная	ул. Панфилова, д. 51 (около АО «Новатор») (1)	1,02±0,40	77,6±15,5	45,2±15,8	18,5±3,7	9,0±3,1
	КРКА (ул. Песочная) (8)	0,35±0,14	37,5±7,5	9,2±3,2	10,7±2,1	9,0±3,1
	ОАО НИКЗ (9)	0,98±0,40	60,9±12,2	15,2±5,3	28,4±5,7	13,2±4,6

Анализ содержания ТМ в почвах показал очень широкую амплитуду колебаний их содержания: для Pb – 5,4...61; Cd – 0,2...1,42; Zn – 30...145,9; Cu – 8,6...39,7; Ni – 3,9...17,8 мг/кг почвы. При этом среднее содержание элементов составило для Pb – 18,4±6,4 мг/кг; Cd – 0,6±0,24 мг/кг; Zn – 64,4±12,9 мг/кг; Cu – 18,0±3,5 мг/кг; Ni – 9,96±3,1 мг/кг. Коэффициенты концентрации

определяемых химических элементов, рассчитанные по отношению к их содержанию на фоновом варианте, существенно отличались в зависимости от мест отбора проб почвы (табл. 3).

При этом содержание кадмия в отдельных точках превышало фоновое значение в 6,8; никеля – 3,4; свинца – 8,4; меди – 3,9; цинка – 4,1 раза. Оценка экологического состояния почв по суммарному коэффициенту загрязнения по изучаемым пяти элементам, позволяет ранжировать изучаемые районы по степени уменьшения загрязнения в следующем порядке: ул. Панфилова,

¹ В соответствии с Методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйствий и продукции растениеводства (РД 52.18.191-89, в ред. утв. Минсельхозом РФ 10 марта 1992 г.).

д. 51 (около АО «Новатор») (18,22) > ул. Ленина, д. 89 (Центр) (16,23) > ОАО «НИКЗ» (14,07) > детский сад на ул. Панфилова д. 61 (12,10) > Новый Иеру-

салим (монастырь) (8,02) > Новый Иерусалим (р. Истра) (7,30) > Городской парк Истра (5,89) > КРКА (ул. Песочная) (4,84) > ул. Босова, д. 7 (4,57).

Таблица 3

Коэффициенты концентрации (Кс) ТМ по отношению к фоновому содержанию в почвах г. Истра

Номер пробы	Cd	Zn	Pb	Cu	Ni	Z _c
1	6,80	2,59	8,37	2,15	2,31	18,22
2	3,67	4,05	3,48	2,44	2,46	12,10
3	3,47	1,40	2,26	1,28	2,90	7,30
4	3,67	1,45	1,94	1,59	3,36	8,02
5	1,67	1,50	3,78	1,41	1,54	5,89
6	5,67	3,24	4,76	3,85	2,72	16,23
7	1,67	1,81	1,52	1,57	2,00	4,57
8	2,33	1,25	1,70	1,24	2,31	4,84
9	6,53	2,03	2,81	3,30	3,38	14,07

Из девяти обследованных участков два относились к категории с умеренно опасным уровнем загрязнения (Z_c = 18,22 и 16,23), а остальные семь к допустимому. Участков, характеризующихся чрезвычайно опасным и опасным уровнем загрязнения, не отмечено¹. Согласно анализа коэффициентов концентрации тяжелых металлов (Кс) по отношению к

фоновому местному содержанию можно отметить места наибольшего концентрирования отдельных элементов: по кадмию и свинцу – это ул. Панфилова, д. 51 (около АО «Новатор») (6,8 и 8,4 раз соответственно), цинку – детский сад на ул. Панфилова д. 61 (4,1 раз), меди – ул. Ленина, д. 89 (Центр) (3,9 раз) и никелю – ОАО «НИКЗ» (3,4 раз).

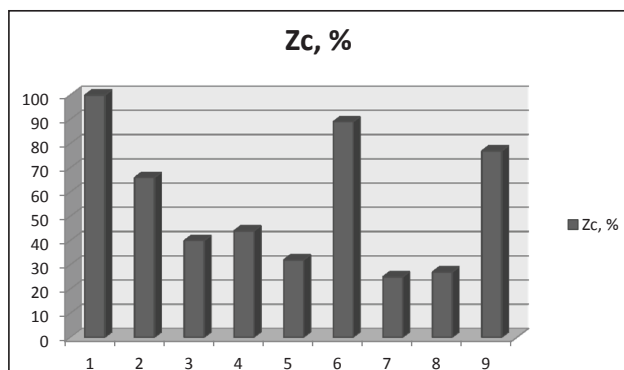


Рис. 1. Суммарный показатель загрязнения ТМ г. Истра в % от максимального значения

¹ В соответствии с методикой Минздрава РФ «Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Гигиеническая оценка качества почв населенных мест» (МУ 2.1.7.730-99, утв. 07.02.1999 г.)

Таблица 4

Коэффициенты концентрации загрязняющих веществ по отношению к ОДК

ОДК	Cd	Ni	Pb	Cu	Zn
1	0,51	0,11	0,35	0,14	0,35
2	0,28	0,12	0,14	0,16	0,55
3	0,26	0,14	0,09	0,08	0,19
4	0,28	0,16	0,08	0,10	0,20
5	0,13	0,08	0,16	0,09	0,20
6	0,43	0,13	0,20	0,25	0,20
7	0,13	0,10	0,06	0,10	0,25
8	0,18	0,11	0,07	0,08	0,17
9	0,49	0,17	0,12	0,22	0,28

По отношению к ОДК (для глинистых и суглинистых нейтральных и близких к нейтральным почв) почвы города лишь в некоторых точках достигают более 5 ОДК (рис. 2, 3): по кадмию и свинцу – АО «Новатор» (0,71 и 0,47 раз соответственно), по кадмию и никелю – ул. Ленина, д. 89 (Центр) (0,60 и 0,53 раз соответственно) и по кадмию – ОАО «НИКЗ» (0,69 раз); около 1/3 ОДК по кадмию – детский сад на ул. Панфилова д. 61 (0,39 раз), Новый Иерусалим (р. Истра и монастырь) (0,36 и 0,39 раз соответственно); по никелю и цинку – ОАО «НИКЗ» (0,33 и 0,22 раз соответственно), по никелю – АО «Новатор» (0,42 раз)

и ул. Босова, д. 7 (0,30 раз), по свинцу и меди – ул. Ленина, д. 89 (Центр) (0,27 и 0,30 раз соответственно), по цинку – Новый Иерусалим (монастырь) (0,22 раз).

Таким образом, анализ содержания ТМ в почве позволяет сделать вывод о том, что город находится в относительно благоприятной экологической ситуации. Однако некоторые районы, где расположены предприятия электротехнической промышленности, железнодорожная станция Новоиерусалимская и центральная часть города, с недалеко находящимся металлообрабатывающим заводом «Крас-Прибор», можно отнести к умеренно опасной категории.

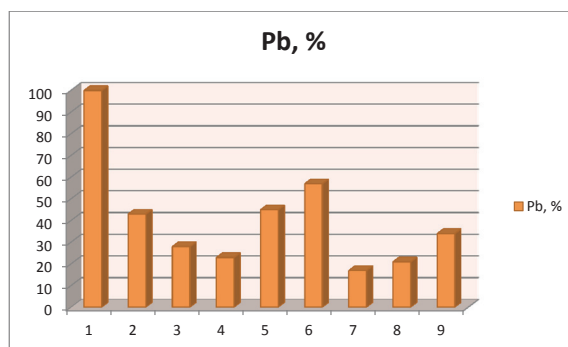


Рис. 2. Максимальное содержание валовых форм свинца (Pb) в почвах г. Истра в % от максимального значения.

¹ См.: гигиенические нормативы «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве Гигиенические нормативы» (ГН 2.1.7.2511-09, утв. Пост. Гл. гос. санитарного врача РФ от 18 мая 2009 г. № 32) и «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» (ГН 2.1.7.2041-06, утв. Пост. Гл. гос. санитарного врача РФ от 23.01.2006 г. № 1).

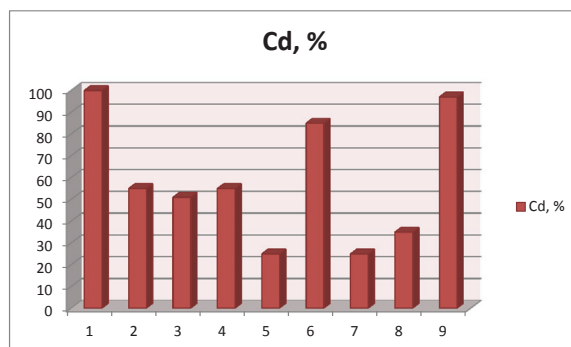


Рис. 3. Максимальное содержание валовых форм кадмия в почвах г. Истра

Статья поступила в редакцию 19.12.2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В «Русской Палестине» мы будем создавать комфортную и гармоничную среду: интервью с главой администрации Истринского муниципального района Московской области А. Дунаевым, 28.04.2016 г. // Интерфакс [сайт]. – URL: <http://www.interfax-religion.ru/?act=interview&div=434> (дата обращения: 10.02.2018).
2. Гонеев И.А. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения, загрязненных тяжелыми металлами в зоне влияния Михайловского ГОКа: дис. ... канд. геогр. наук. Курск, 2010. 132 с.
3. Зубкова В.М. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах и влияние удобрений на их поведение в системе почва-растение: дис. ... докт. биол. наук. Москва, 2004. 363 с.
4. Лесникова Е.А. Оценка воздействия Ярославского комбината Лакокрасочной промышленности на состояние почвенного покрова: дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2004. 148 с.
5. Никульшина Л.Л., Шумеев П.А., Корнеева Э.Ш. Экологические аспекты управления памятниками истории и культуры // Материалы международной научно-практической конференции «Строительство-2012». Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2012. С. 16–17.
6. Природно-экологическая ситуация Истринского района Московской области // ООО «Группа Экоанализ» [сайт]. – URL: <http://www.ecoanaliz.ru/cat-ecomoscow/51-ecoistra.html> (дата обращения: 10.02.2018)
7. Экология и геохимическая деятельность микроорганизмов экстремальных местообитаний: материалы международной конференции. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2013. 156 с.

REFERENCES

1. V «Russkoi Palestine» my budem sozdat' komfortnuyu i garmonichnuyu sredu: interv'y u s glavoi administratsii Istrinskogo munitsipal'nogo raiona Moskovskoi oblasti A. Dunaevym, 28.04.2016 g. [In the "Russian Palestine" we will create a comfortable and harmonious environment: an interview with A. Dunayev, the head of administration of the Istra municipal district of the Moscow region by, 28.04.2016]. Interfax [website]. – URL: <http://www.interfax-religion.ru/?act=interview&div=434> (request date 10.02.2018)

2. Goneev I.A. Monitoring zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya, zagryaznennykh tyazhelymi metallami v zone vliyaniya Mikhailovskogo GOKa: dis. ... kand. geogr. nauk [Monitoring of agricultural land contaminated with heavy metals in the zone of influence of the Mikhailovsky ore mining and processing plant: dis. cand. geogr. sciences]. Kursk, 2010. 132 p.
3. Zubkova V.M. Osobennosti nakopleniya i raspredeleniya tyazhelykh metallov v sel'skokhozyaistvennykh kul'turakh i vliyanie udobrenii na ikh povedenie v sisteme pochva-rastenie: dis. ... dokt. biol. nauk [Features of accumulation and distribution of heavy metals in crops and effect of fertilizers on their behavior in the soil – plant system dis. ... doc. biol. sciences]. Moscow, 2004. 363 p.
4. Lesnikova E.A. Otsenka vozeistviya Yaroslavskogo kombinata lakokrasochnoi promyshlennosti na sostoyanie pochvennogo pokrova: dis. ... kand. biol. nauk [Assessment of the impact of the Yaroslavl plant of paint and varnishes on the state of soil: dis. ... cand. biol. sciences]. Moscow, 2004. 148 p.
5. Nikul'shina L.L., Shumeev P.A., Korneeva E.Sh. Ekologicheskie aspekty upravleniya pamyatnikami istorii i kul'tury [Environmental aspects of management of monuments of history and culture]. In: Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii 'Stroitel'stvo – 2012' [Materials of international scientific-practical conference 'Construction – 2012']. Rostov n/D, Rost. gos. stroit. un-t Publ., 2012. pp. 16-17
6. Prirodno-ekologicheskaya situatsiya Istrinskogo raiona Moskovskoi oblasti [Natural-ecological situation in the Istra district of the Moscow region]. ООО 'Group Ecoanalyst' [website]. – URL: <http://www.ecoanaliz.ru/cat-ecomoscow/51-ecoistra.html> (request date 10.02.2018)
7. Ekologiya i geokhimicheskaya deyatel'nost' mikroorganizmov ekstremal'nykh mestoobitaniy: materialy mezhdunarodnoi konferentsii [Ecology and geochemical activity of microorganisms of extreme habitats: proceedings of the international conference]. Ulan-Ude, Izd-vo Buryatskogo gosuniversiteta Publ., 2013. 156 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ельчева Ирина Олеговна – аспирант кафедры техносферной безопасности и экологии Российского государственного социального университета, инженер-эколог;

e-mail: elcheva-irina@mail.ru

Зубкова Валентина Михайловна – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности и экологии Российского государственного социального университета;

e-mail: vzubkova@rambler.ru

Гапоненко Альбина Вячеславовна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры техносферной безопасности и экологии Российского государственного социального университета;

e-mail: gaponenko69@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Elcheva Irina Olegovna – postgraduate student at the Department for Technosphere Safety and Ecological Science of the Russian State Social University, environmental engineer;

e-mail: elcheva-irina@mail.ru

Zubkova Valentina Mikhailovna – doctor of biological sciences, professor at the Department for Technosphere Safety and Ecological Science of the Russian State Social University;

e-mail: vzubkova@rambler.ru

Gaponenko Albina Vyacheslavovna – PhD in pedagogical sciences, associate professor at the Department for Technosphere Safety and Ecological Science of the Russian State Social University

e-mail: gaponenko69@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Ельчева И.О., Зубкова В.М., Гапоненко А.В. Оценка уровня загрязнения почв города Истра // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 1. С. 42-50

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-42-50

FOR CITATION

Elcheva I.O., Zubkova V.M., Gaponenko A.V. Assessment of soil contamination in Istra. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences*, 2018, no. 1, pp. 42-50

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-42-50

УДК 528.44

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-51-65

РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬ МОНОГОРОДОВ С УЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГРАДООБРАЗУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ (НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Ковязин В.Ф., Лепихина О.Ю., Зимин В.Л.*Санкт-Петербургский горный университет**199026, Санкт-Петербург, 21-я линия Васильевского острова, д. 2,
Российская Федерация*

Аннотация. Ценообразование на рынке недвижимости зависит от разнообразных факторов, но степень и характер их влияния во многом обусловлены местными особенностями. Объектом нашего исследования выбраны земельные участки моногородов Мурманской области, уникальных наличием градообразующих предприятий, деятельность которых существенно влияет на рыночную и кадастровую оценку недвижимости. Наличие такой связи позволяет прогнозировать цену недвижимости в зависимости от изменения показателей работы градообразующего производства. Эта цель достижима при построении и обосновании прогнозной модели, отражающей зависимость стоимости земель от экономических факторов. При расчете связи между оценкой земельных участков и выборкой значимых показателей обосновано преимущество нейросетевой модели, как обладающей лучшими прогнозными свойствами по сравнению с регрессионными моделями.

Ключевые слова: моногород, градообразующее предприятие, рынок недвижимости, регрессионный анализ, нейронная сеть, Мурманская область.

DEVELOPMENT OF PREDICTIVE MODELS OF LAND VALUE OF SINGLE-INDUSTRY TOWNS WITH ALLOWANCE FOR THE FACTORS OF ACTIVITY OF CITY-FORMING ENTERPRISES (ON THE EXAMPLE OF THE MURMANSK REGION)

Kovjazin V. F., Lepikhina O. Y., Zimin V. P.*Saint-Petersburg Mining University**21-liniya Vasil'evskogo ostrova 2, 199026 Saint Petersburg, Russia*

Abstract. The real estate market and features of real estate price formation depend on a large number of economical, social, political, natural, demographic and other factors. In each separately taken settlement, the degree of influence of each group of factors is different, which is largely determined by the features of the city. The object of the present research is the land plots of Murmansk region monotowns with their city-forming enterprises whose economic activity has a significant effect on the price formation of the real estate, its market and cadastral

value. The specified influence allows the price of the real estate to be predicted, depending on a change in indicators of the city-forming branch. The purpose of the paper is to construct and justify predictive models reflecting the dependence of Murmansk region monotowns land prices on economic factors of the city-forming branch. In evaluating the relationship between the assessment of land plots and the selection of significant indicators, the advantage of the neural network model is proved, as it has better predictive properties than regression models.

Key words: single-industry towns, city-forming enterprise, real estate market, regression analysis, neuron network, Murmansk region.

Рынок недвижимости – неотъемлемая составляющая современного города, оказывающая влияние на множество его сфер. Ценообразование на рынке недвижимости формируется под воздействием большого количества факторов. Часть таких факторов отражает происходящие в стране политические, экономические, социальные и иные процессы. Это факторы государственного масштаба, предопределяющие состояние и развитие рынка недвижимости в целом по стране. Однако при анализе и прогнозе ситуации на рынке недвижимости отдельно взятого города, необходимо учитывать, наряду с отмеченными общими факторами, его локальные особенности, уникальность, связанную, к примеру, с преобладанием в экономике какой-либо отрасли. Таковыми являются монопрофильные города. Монопрофильный город (моногород) – замкнутая система, обслуживающая градообразующую отрасль. Рынок недвижимости в моногородах имеет особенности, характерные исключительно для такого типа городских поселений [6; 7]. Оценка и прогноз стоимости недвижимости в этих населенных пунктах должны проводиться с учетом экономических факторов деятельности градообразующего предприятия.

Отмеченная тема была не раз затронута в научных публикациях. Так, подчеркивалась необходимость учета

уникальных особенностей земель при их оценке [3; 17; 18], важность анализа и прогноза перспективного состояния рынка недвижимости [13]. Также выходили труды, посвященные анализу методики определения стоимости земель [4; 14] и методов ее прогнозирования [9; 15; 16]. Однако среди многообразия существующей научной литературы по данной теме не обнаружено исследований зависимости ценообразования недвижимости в моногородах от экономических факторов деятельности градообразующих предприятий.

Это предопределило цель настоящего исследования, заключающуюся в анализе и прогнозе зависимости стоимости недвижимости (земельных участков) в моногородах от экономических факторов градообразующей отрасли на основе построения различного вида моделей и выявления наилучшей среди них. Итоговую модель следует использовать для решения вопросов, касающихся управления земельно-имущественным комплексом, а также задач, связанных с планированием деятельности градообразующих предприятий.

Методы исследования

Нами исследована зависимость рыночной стоимости земель моногородов от ряда общих показателей, а также факторов экономической деятельности градообразующей отрасли.

В дальнейшем наиболее значимые показатели были использованы для построения прогнозной модели (табл. 1).

Общие показатели могут быть применимы ко всем населенным пунктам вне зависимости от их типа. В качестве таких показателей выбраны следующие: *численность населения, удаленность города от центра субъекта, индекс загрязнения атмосферы в городе, суммарный показатель загрязнения почвы в городе.*

Экономические факторы градообразующей отрасли целесообразно представить в виде совокупности основных показателей градообразующего предприятия: *количество рабочих мест, чистая прибыль, мощность производства, средняя заработная плата, производительность труда, прибыль на одного человека.*

В качестве объектов исследования выбрана группа монопрофильных городов, расположенных в Мурманской области: Кировск, Мончегорск, Оленегорск, Ковдор, Никель, пгт. Ревда. Приведенные населенные пункты схожи между собой по таким важнейшим показателям, как численность населения, удаленность от регионального центра, уровень социально-экономического

развития, класс опасности предприятия. Однородность населенных пунктов установлена согласно классификации моногородов Северо-Западного федерального округа [8], по которой вышеупомянутые отнесены к группе «города с наиболее сложным социально-экономическим положением либо рисками его развития с опасным производством».

Моделирование осуществлялось на примере земель, предназначенных для размещения индивидуальной жилой застройки (далее – ИЖС). Для целей построения моделей кадастровой стоимости земель моногородов выбраны методы регрессионного и нейросетевого моделирования. Выбор обусловлен в первую очередь тем, что данные методы позволяют строить многофакторные модели. К положительным сторонам регрессионного анализа можно отнести также наглядность и достаточно легкую интерпретируемость результатов. Хотя нейросетевые модели исключают возможность анализа полученной зависимости, они в то же время позволяют эффективно строить нелинейные функции, более точно описывающие исследуемые параметры [12].

Таблица 1

Перечень исследуемых показателей

Наименование группы показателя	Наименование показателя	Единицы измерения	Источник сбора данных
Общие показатели населенных пунктов	Численность населения	человек	Официальные сайты администраций населенных пунктов
	Удаленность моногорода от центра субъекта	км	
	Индекс загрязнения атмосферы в моногороде	-	Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2014 году [5]
	Суммарный показатель загрязнения почвы в моногороде	-	

Окончание таблицы 1

Наименование группы показателя	Наименование показателя	Единицы измерения	Источник сбора данных
Показатели экономической деятельности градообразующих предприятий моногородов	Количество рабочих мест на градообразующем предприятии	человек	Комплексные инвестиционные планы развития моногородов [10]
	Чистая прибыль градообразующего предприятия	млн. руб.	
	Мощность производства градообразующего предприятия	млн. т	
	Средняя заработная плата на градообразующем предприятии	руб.	
	Производительность труда на градообразующем предприятии	тыс. т в год/ человек	
	Прибыль на одного чел на градообразующем предприятии	тыс. руб./ человек	
Показатель рынка недвижимости населенных пунктов	Средняя по моногороду рыночная стоимость земель под ИЖС	руб.	Данные Росреестра

После формирования выборки значений указанных показателей был проведен анализ, устанавливающий корреляционную связь между ними и средней по моногороду рыночной стоимостью 1 кв м земель, предназначенных под ИЖС. При этом значимыми приняты показатели с коэффициентом корреляции более 0,3¹. Далее выявленные показатели исследовались на мультиколлинеарность.

Известно, что в случае возникновения сильной связи между факторами (когда коэффициент парной кор-

реляции превышает 0,7), один из них исключается из дальнейшего анализа [11]. В итоге определились показатели для построения моделей. В процессе работы над моделями их качество контролировалось по критерию Фишера, также при формировании зависимости учитывался параметр «Р-значение». В случае, если для каких-либо из факторов величина «Р-значение» превышала 0,05, такие показатели исключались из модели и рассматривались как незначимые [1]. Таким образом, на этом этапе построены следующие регрессионные модели: линейная регрессия, регрессия второго порядка, регрессия третьего порядка, логарифмическая регрессия.

¹ См.: Приказ Роснедвижимости от 29.06.2007 г. № П/0152 (ред. от 14.08.2008 г.) «Об утверждении Технических рекомендаций по государственной кадастровой оценке земель населенных пунктов».

Построение нейросетевых моделей зависимости стоимости 1 кв.м. земель (Y) от исследуемых показателей (X) осуществлялось с использованием программного продукта STATISTIKA 10.0 [2]. Первоначально задавались значения постоянных переменных (X) и зависимой переменной (Y). После этого производилось обучение заданного количества нейронных сетей с различной архитектурой. В итоге получены нейронные сети, отличающиеся друг от друга по своим параметрам и, соответственно, значениям предсказанной величины стоимости земель (Y). После ввода значений исследуемых показателей в алгоритм программного продукта обученная нейронная сеть определяет прогнозную величину кадастровой стоимости земель.

Далее нами осуществлялось сравнение построенных моделей по следующим показателям [1]:

сумме квадратов регрессионных остатков (при этом наименьшее его значение соответствует зависимости, наилучшим образом объясняющей исследуемую величину);

коэффициенту детерминации, который для регрессионных моделей определен из отчетов регрессии, а для нейросетевых моделей с использованием прогнозных и фактических значений стоимости городских земель (параметр показывает долю вариации зависимого параметра, обусловленную влиянием на него факторов, учитываемых при построении модели, и чем ближе значение этого показателя к единице, тем выше качество модели);

средней относительной погрешности (чем ниже данный показатель,

тем лучше модель описывает выборку исходных данных, а качество модели считается хорошим, если погрешность менее 5–6%, и удовлетворительным – если погрешность имеет значение от 5–6, до 12%).

В итоге зависимость, обладающая наилучшими показателями, должна быть принята за искомую прогнозную модель кадастровой стоимости городских земель по исследуемым показателям.

Результаты исследования

На начальном этапе исследования осуществлен сбор значений исследуемых показателей, а также значений средней по моногороду стоимости 1 м² земель, предназначенных под ИЖС за период с 2006 по 2014 гг. для выбранной группы монопрофильных городов. Общий объем выборки составляет 29 объектов, ниже (табл. 2), представлена часть (фрагмент) этой выборки.

Проведенный корреляционный анализ позволил выявить показатели, в наибольшей степени связанные со стоимостью земель моногородов (в скобках приведено значение коэффициента значимости):

- численность населения (0,74);
- мощность производства градообразующего предприятия (0,74);
- количество рабочих мест на градообразующем предприятии (0,69);
- чистая прибыль градообразующего предприятия (0,49);
- средняя заработная плата на градообразующем предприятии (0,46);
- удаленность моногорода от центра субъекта (0,38);
- производительность труда на градообразующем предприятии (0,31).

Таблица 2

Значения исследуемых показателей

г. Кировск		г. Кировск				Моногород	
		2011	2012	2013	2014		
...	...	28590	28250	28074	27686	X1	Численность населения, чел.
	...	210	210	210	210	X2	Удаленность моногорода от центра субъекта, км
	...	0,96	0,84	0,76	0,70	X3	Индекс загрязнения атмосферы в моногороде
	...	1,34	1,23	1,11	1,00	X4	Суммарный показатель загрязнения почвы в моногороде
...	...	11637	11348	8252	6403	X5	Количество рабочих мест на градообразующем предприятии, чел.
...	...	3220,94	5870,93	9802,09	2381,30	X6	Чистая прибыль градообразующего предприятия, млн. руб.
...	...	20,00	23,00	24,70	26,00	X7	Мощность производства градообразующего предприятия, млн. тонн
...	...	37800	40150	42578	45096	X8	Средняя заработная плата на градообразующем предприятии, руб.
...	...	1,72	2,03	2,99	4,06	X9	Производительность труда на градообразующем предприятии, тыс. тонн в год/чел.
...	...	276,78	517,35	1187,84	371,90	X10	Прибыль на одного чел на градообразующем предприятии, тыс. руб./чел.
...	...	415,20	420,50	436,90	448,70	Y	Средняя рыночная стоимость 1 кв. м. земель под ИЖС в моногороде, руб.

Продолжение таблицы 2

	г. Мончегорск				Моногород			
	2009	2010	2011	2012	Год			
...	48062	45361	45253	44643	X1	Численность населения, чел.		
...	115	115	115	115	X2	Удаленность моногорода от центра субъекта, км		
...	5,00	5,55	5,30	5,04	X3	Индекс загрязнения атмосферы в моногороде		
...	5,66	5,40	5,30	5,10	X4	Суммарный показатель загрязнения почвы в моногороде		
...	5080	5178	5211	5769	X5	Количество рабочих мест на градообразующем предприятии, чел.		
...	10226,09	8942,21	2423,32	2818,01	X6	Чистая прибыль градообразующего предприятия, млн. руб.		
...	7,90	8,30	8,10	7,50	X7	Мощность производства градообразующего предприятия, млн. тонн		
...	25706	28938	32628	36212	X8	Средняя заработная плата на градообразующем предприятии, руб.		
...	1,56	1,60	1,55	1,30	X9	Производительность труда на градообразующем предприятии, тыс. тонн в год/чел.		
...	2013,01	1726,96	465,04	488,47	X10	Прибыль на одного чел на градообразующем предприятии, тыс. руб./чел.		
...	340,50	368,78	413,95	440,58	Y	Средняя рыночная стоимость 1 кв. м. земель под ИЖС в моногороде, руб.		

Окончание таблицы 2

г. Оленегорск	Моногород			Показатель рынка недвижимости населенных пунктов																						
	Год																									
	Общие показатели населенных пунктов																									
	Показатели экономической деятельности градообразующих предприятий																									
	Показатель рынка недвижимости населенных пунктов																									
2010	2011	2012	2013	X1	Численность населения, чел.	X2	Удаленность моногорода от центра субъекта, км	X3	Индекс загрязнения атмосферы в моногороде	X4	Суммарный показатель загрязнения почвы в моногороде	X5	Количество рабочих мест на градообразующем предприятии, чел.	X6	Чистая прибыль градообразующего предприятия, млн. руб.	X7	Мощность производства градообразующего предприятия, млн. тонн	X8	Средняя заработная плата на градообразующем предприятии, руб.	X9	Производительность труда на градообразующем предприятии, тыс. тонн в год/чел.	X10	Прибыль на одного чел на градообразующем предприятии, тыс. руб./чел.	Y	Средняя рыночная стоимость 1 кв. м. земель под ИЖС в моногороде, руб.	
23072	22986	22405	21736																							
110	110	110	110																							
2,00	1,98	1,85	1,69																							
2,81	2,80	2,71	5,70																							
2065	2154	2300	2200																							
2883,00	4826,00	2696,00	1281,00																							
4,30	4,40	4,60	4,70																							
35252	39800	44429	52760																							
2,08	2,04	2,00	2,14																							
1396,13	2240,48	1172,17	582,27																							
292,58	301,68	321,40	342,60																							

Далее полученные значимые факторы были проверены на наличие мульти-коллинеарности (табл. 3).

Таблица 3

**Результаты анализа наиболее значимых показателей
на мультиколлинеарность***

Показатель		Численность населения	Удаленность моногорода от центра субъекта	Количество рабочих мест на градообразующем предприятии	Чистая прибыль градообразующего предприятия	Мощность производства градообразующего предприятия	Средняя заработная плата на градообразующем предприятии	Производительность труда на градообразующем предприятии
		X1	X2	X5	X6	X7	X8	X9
Численность населения	X1	-	0,00	0,56	0,71	0,45	0,22	0,19
Удаленность моногорода от центра субъекта	X2	0,00	-	0,77	0,17	0,69	-0,11	-0,01
Количество рабочих мест на градообразующем предприятии	X5	0,56	0,77	-	0,54	0,77	0,12	0,11
Чистая прибыль градообразующего предприятия	X6	0,71	0,17	0,54	-	0,52	0,18	0,30
Мощность производства градообразующего предприятия	X7	0,45	0,69	0,77	0,52	-	0,44	0,57
Средняя заработная плата на градообразующем предприятии	X8	0,22	-0,11	0,12	0,18	0,44	-	0,76
Производительность труда на градообразующем предприятии	X9	0,19	-0,01	0,11	0,30	0,57	0,76	-

* Исключенные из дальнейшего анализа показатели выделены курсивом, значения коэффициентов парной корреляции, превышающие допустимое значение отмечены заливкой серого цвета

Таким образом, были выявлены четыре показателя, по которым далее строились прогнозные модели их влияния на среднюю по моногороду рыночную стоимость 1 м² земель, предназначенных под ИЖС (Y): численность населения (X_1); удаленность моногорода от центра субъекта (X_2); мощность производства градообразующего предприятия (X_7); средняя заработная плата на градообразующем предприятии (X_8).

По результатам сформированной линейной регрессии было выявлено, что зависимость является пригодной к использованию по критерию Фишера, но фактор «мощность производства градообразующего предприятия» незначим, так как «Р-значение» для него превышает 0,05. Следовательно, такую зависимость нецелесообразно принимать за прогнозную модель, поэтому осуществлялся второй этап построения модели, на котором ис-

ключались незначимые факторы. В результате была получена зависимость (1), удовлетворительная по критериям качества и пригодная для проведения дальнейших исследований:

$$Y=106,05+0,629X_2+0,002X_8 \tag{1}$$

Аналогичным образом осуществлялось формирование нелинейных моделей. Полученные зависимости имеют вид:

$$Y=206,82+5,87 \cdot 10^{-8}X_1^2+0,002X_2^2+4,1 \cdot 10^{-8}X_8^2 \tag{2};$$

– регрессия третьего порядка
$$Y=242,106+1,25 \cdot 10^{-12}X_1^3+1,04 \cdot 10^{-5}X_2^3+7,95 \cdot 10^{-13}X_8^3 \tag{3};$$

– логарифмическая регрессия
$$Y=-2437,9+101,53\text{Ln}(X_1)+109,9\text{Ln}(X_2)-13,95\text{Ln}(X_7)+120,32\text{Ln}(X_8) \tag{4}.$$

Альтернативно велось создание нейронных сетей. По исследуемой выборке объектов обучено 20 нейронных сетей, обладающих различными параметрами (табл. 4).

Таблица 4

Результаты формирования нейросетевых моделей

N	Архитектура	Производительность обуч.	Контр. Производительность.	Тест. Производительность.	Ошибка обучения	Контрольная ошибка	Тестовая ошибка	Алгоритм обучения	Функция ошибки	Ф-я актив, скрытых нейр.	Ф-я актив, выходных нейр.
1	MLP 4-3-1	0,99291	0,92593	0,99433	30,46120	214,60990	38,42240	BFGS 159	Сум. квадр.	Экспонента	Экспонента
2	MLP 4-3-1	0,99870	0,99529	0,98821	5,57390	21,31040	15,73880	BFGS215	Сум. квадр.	Экспонента	Гиперболическая
3	MLP 4-7-1	0,99854	0,99390	0,95094	6,29050	26,04660	96,33090	BFGS 96	Сум. квадр.	Гиперболическая	Экспонента
4	MLP 44-1	0,93572	0,90644	0,80698	272,06160	210,06990	243,25830	BFGS8	Сум. квадр.	Тождественная	Экспонента
5	MLP 4-5-1	0,91591	0,87175	0,83062	352,52990	291,02630	307,90280	BFGS 9	Сум. квадр.	Тождественная	Тождественная
6	MLP 4-6-1	0,99709	0,99723	0,98951	12,45550	14,96400	27,15890	BFGS 66	Сум. квадр.	Гиперболическая	Экспонента
7	MLP 4-7-1	0,99839	0,99915	0,98752	6,99660	8,10310	17,06490	BFGS 117	Сум. квадр.	Экспонента	Логистическая
8	MLP 4-3-1	0,99667	0,98199	0,95577	14,62320	39,77920	75,14070	BFGS 66	Сум. квадр.	Гиперболическая	Экспонента
9	MLP 4-3-1	0,99684	0,99915	0,99061	13,63010	128,14190	15,92430	BFGS 99	Сум. квадр.	Экспонента	Гиперболическая
10	MLP 4-10-1	0,99820	0,98882	0,98023	7,83260	31,15760	39,47790	BFGS 107	Сум. квадр.	Логистическая	Логистическая
11	MLP 4-5-1	0,99683	0,99211	0,96087	13,60920	32,95330	54,89190	BFGS 45	Сум. квадр.	Гиперболическая	Логистическая
12	MLP 44-1	0,99867	0,99688	0,98560	5,72680	24,88830	19,97850	BFGS 240	Сум. квадр.	Экспонента	Гиперболическая
13	MLP 4-5-1	0,92652	0,88026	0,89570	306,08490	239,69310	276,59910	BFGS 7	Сум. квадр.	Тождественная	Логистическая
14	MLP 4-9-1	0,99843	0,98791	0,99294	6,78430	36,55530	15,44110	BFGS 92	Сум. квадр.	Логистическая	Тождественная
15	MLP 4-3-1	0,99747	0,98948	0,99203	10,85720	67,19430	13,27470	BFGS 98	Сум. квадр.	Логистическая	Гиперболическая
16	MLP 4-9-1	0,99879	0,99319	0,99692	5,20100	22,93110	4,01880	BFGS 122	Сум. квадр.	Гиперболическая	Тождественная
17	MLP 4-9-1	0,99820	0,99845	0,99868	7,88290	13,21150	16,06710	BFGS 111	Сум. квадр.	Экспонента	Логистическая
18	MLP 44-1	0,89767	0,83536	0,86118	421,66490	364,03730	289,24200	BFGS 8	Сум. квадр.	Тождественная	Гиперболическая
19	MLP 4-9-1	0,95777	0,92125	0,87627	197,95330	202,43730	249,19660	BFGS 9	Сум. квадр.	Тождественная	Экспонента
20	MLP 4-3-1	0,99701	0,99192	0,98926	12,91250	55,54380	17,92200	BFGS 74	Сум. квадр.	Логистическая	Логистическая

По всем нейронным сетям формировались выборки предсказанных значений стоимости городских земель, с использованием которых полученные модели были проанализированы по

ранее отмеченным показателям качества.

В результате анализа выявлена нейронная сеть, обладающая наилучшими параметрами (табл. 5).

Таблица 5

Параметры нейросетевой модели наилучшего качества

№	Архитектура	Производительность обуч.	Контр. Производительность.	Тест. Производительность.	Ошибка обучения	Контрольная ошибка	Тестовая ошибка	Алгоритм обучения	Функция ошибки	Ф-я актив, скрытых нейр.	Ф-я актив, выходных нейр.
16	MLP 4-9-1	0,99879	0,99319	0,99692	5,20100	22,93110	4,01880	BFGS 122	Сум. квадр.	Гиперболическая	Тождественная

В заключение было осуществлено сравнение итоговой нейронной сети с полученными ранее регрессионны-

ми моделями по критериям качества (табл. 6).

Таблица 6

Значения показателей качества прогнозных моделей

Критерии качества	Линейная регрессия	Регрессия второго порядка	Регрессия третьего порядка	Логарифмическая регрессия	Нейросетевая модель
Сумма квадратов регрессионных остатков	18858,15	15871,19	16832,85	18155,07	434,07
Средняя относительная погрешность	5,83	4,97	4,98	5,61	0,85
Коэффициент детерминации	0,82	0,85	0,84	0,83	0,99

По результатам анализа значений критериев видно, что наилучшим качеством обладает нейронная сеть. Так, сумма квадратов регрессионных остатков для данной модели в 36,5 раз ниже, чем, к примеру, у регрессии второго порядка, а коэффициент детерминации выше на 14%.

Выводы

В ходе исследования было установлено, что на кадастровую стоимость земель моногородов, наряду с общими для всех типов городов факторами, оказывают влияние экономические факторы деятельности градообразующих предприятий. Это подтверждает проведенный корреляционный анализ между показателями факторов и средними рыночными стоимостями земель. В наибольшей степени значимыми оказались следующие показатели: численность населения в моногороде, удаленность моногорода от центра субъекта, мощность производства градообразующего предприятия, средняя заработная плата на градообразующем предприятии.

С учетом отмеченных показателей градообразующих предприятий нами

построено пять прогнозных моделей кадастровой стоимости земель моногородов. Для каждой модели определены такие показатели качества, как сумма квадратов регрессионных остатков, средняя относительная погрешность, коэффициент детерминации. Установлено, что для целей прогнозирования кадастровой стоимости земель моногородов по исследуемым показателям целесообразно использовать нейросетевую модель, так как она обладает лучшими показателями качества.

Ввиду того, что кадастровая стоимость устанавливается на основе рынка недвижимости оцениваемого объекта и тесно связана с ним, то полученная нейросетевая модель может применяться для прогнозирования как рыночной, так и кадастровой стоимости земель моногородов. В связи с высокими темпами изменения показателей экономической деятельности градообразующих предприятий, установленная при исследованиях зависимость определяет краткосрочный прогноз (до 5 лет) рынка недвижимости моногородов. Также следует отметить, что по предложенной авторами методике можно построить аналогичную

прогнозную модель кадастровой стоимости земель монопрофильных городов других регионов Северо-Западного федерального округа Российской Федерации.

Статья поступила в редакцию 08.12.2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика в задачах и упражнениях: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 270 с.
2. Буреова Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «STATISTICA»: учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». Нижний Новгород: ННГУ, 2007. 112 с.
3. Ванданимаева О.М. Оценка стоимости земельных участков. М.: Московская финансово-промышленная академия, 2005. 119 с.
4. Грибовский С.В, Сивец С.А. Математические методы оценки стоимости недвижимого имущества: учебное пособие. М.: Финансы и кредит, 2008. 368 с.
5. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2014 году. Мурманск: Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области, 2015. 177 с.
6. Ивановский С.Л., Былинская А.А., Ивановская Н.А. Моногорода в народном хозяйстве страны: развитие, проблемы, перспективы // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. № 5–2. С. 91–97.
7. Каючкина М.А. Моногород: риск снижения поступлений доходов в бюджет // Экономические науки. 2010. № 11. С. 221–225.
8. Ковязин В.Ф., Лепихина О.Ю., Зимин В.П. Группировка земель монопрофильных городов при их кадастровой оценке // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. «Естественные науки». 2016. № 4. С. 97–108.
9. Комаров С.И. Прогнозирование в системе управления земельно-имущественным комплексом // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2010. № 5. С. 84–100.
10. Комплексные инвестиционные планы развития моногородов // Министерство экономического развития Мурманской области [официальный сайт]. URL: http://mines.gov-murman.ru/activities/devel_city/sub06/sub04/ (дата обращения: 14.01.2018).
11. Методика расчета кадастровой стоимости объектов оценки на основе статистического моделирования // Экономические науки. 2009. № 12. С. 352–358.
12. Рубаков С.В. Современные методы анализа данных // Наука. Инновации. Образование. 2008. Вып. 7. С. 165–176.
13. Рубинштейн Е.Д. Осипенко Н.С. Анализ рынка недвижимости и его прогнозирование // Теория и практика общественного развития. 2015. № 12. С. 140–143.
14. Сивец С.А. Статистические методы в оценке недвижимости и бизнеса: учебно-практическое пособие для оценщиков. Запорожье: Просвита, 2001. 320 с.
15. Стерник Г.М., Стерник С.Г., Свиридов А.В. Методология прогнозирования российского рынка недвижимости. Часть 3: Эволюция методов прогнозирования рынка жилья // Механизация строительства. 2014. № 2. С. 61–64.
16. Тихонов Э.Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учебное пособие. Невинномысск: Северо-Кавказский гос. тех. ун-т, 2006. 221 с.
17. Bauman V. Cadastral Valuation Models // Economic Science for Rural Development: proceedings of international scientific conference. 2010. no. 22. pp. 68–75.

18. Bauman V. Evaluation of Indicators of Cadastral Assessment // 4th International Conference Civil Engineering`13. Proceedings: Part I «Land Management and Geodesy». Jelgava, 2013. pp. 299-304.

REFERENCES

1. Aivazyan S.A., Mkhitarian V.S. Prikladnaya statistika v zadachakh i uprazhneniyakh: uchebnik dlya vuzov [Applied statistics in problems and exercises: a textbook for high schools]. Moscow, YUNITI-DANA Publ., 2001. 270 p.
2. Bureeva N.N. Mnogomernyi statisticheskii analiz s ispol'zovaniem PPP "STATISTICA": uchebno-metodicheskii material po programme povysheniya kvalifikatsii "Primenenie programmnykh sredstv v nauchnykh issledovaniyakh i prepodavanii matematiki i mekhaniki" [Multivariate statistical analysis using the SPT STATISTICA: educational material for training program on "Application of software in scientific research and teaching of mathematics and mechanics"]. Nizhny Novgorod, NNGU Publ., 2007. 112 p.
3. Vandanimaeva O.M. Otsenka stoimosti zemel'nykh uchastkov [Assessment of the price of land plots]. Moscow, Moskovskaya finansovo-promyshlennaya akademiya Publ., 2005. 119 p.
4. Gribovskii S.V., Sivets S.A. Matematicheskie metody otsenki stoimosti nedvizhimogo imushchestva: uchebnoe posobie [Mathematical methods for assessing the value of a real estate: textbook]. Moscow, Finansy i kredit Publ., 2008. 368 p.
5. Doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Murmanskoi oblasti v 2014 godu [A report on the status and protection of the environment in Murmansk region in 2014]. Murmansk, Ministerstvo prirodnnykh resursov i ekologii Murmanskoi oblasti Publ., 2015. 177 p.
6. Ivan'kovskii S.L., Bylinskaya A.A., Ivan'kovskaya N.A. Monogoroda v narodnom khozyaystve strany: razvitiye, problemy, perspektivy [Single-industry towns in the national economy: development, problems, prospects]. In: Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo [Bulletin of N.I. Lobachevsky Nizhny Novgorod University], 2011, no. 5-2, pp. 91-97.
7. Kayuchkina M.A. Monogorod: risk snizheniya postuplenii dokhodov v byudzheth [A monotown: the risk of reduction of revenues to the budget]. In: Ekonomicheskie nauki [Economic Sciences], 2010, no. 11, pp. 221-225.
8. Kovyazin V.F., Lepikhina O.YU., Zimin V.P. Gruppirovka zemel' monoprofil'nykh gorodov pri ikh kadaastrovoi otsenke [The grouping of the lands of single-profile cities with their cadastral evaluation]. In: Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. "Estestvennye nauki" [Izv. Vyssh. Ucheb. Zaved. The Volga region. "Natural Sciences"], 2016, no. 4, pp. 97-108.
9. Komarov S.I. Prognozirovanie v sisteme upravleniya zemel'no-imushchestvennym kompleksom [Forecasting in the management system of land and property complex]. In: Imushchestvennye otnosheniya v Rossiiskoi Federatsii [Property relations in the Russian Federation], 2010, no. 5, pp. 84-100.
10. Kompleksnye investitsionnye plany razvitiya monogorodov [Comprehensive investment development plans of monotowns]. The Ministry of economic development of Murmansk region [official website]. – URL: http://minec.gov-murman.ru/activities/devel_city/sub06/sub04/ (request date 14.01.2018)
11. Metodika rascheta kadaastrovoy stoimosti ob'ektov otsenki na osnove statisticheskogo modelirovaniya [The method of calculation of cadastral cost of objects of evaluation based on statistical modeling]. In: Ekonomicheskie nauki [Economic Sciences], 2009, no. 12, pp. 352-358.

12. Rubakov S.V. Sovremennye metody analiza dannykh [Modern methods of data analysis]. In: Nauka. Innovatsii. Obrazovanie [Science. Innovations. Education], 2008, no. 7, pp. 165-176.
13. Rubinshtein E.D., Osipenko N.S. Analiz rynka nedvizhimosti i ego prognozirovaniye [The real estate market analysis and forecasting]. In: Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya [Theory and practice of social development], 2015, no. 12, pp. 140-143.
14. Sivets S.A. Statisticheskie metody v otsenke nedvizhimosti i biznesa: uchebno-prakticheskoe posobie dlya otsenshchikov [Statistical methods in the evaluation of real estate and business: a training manual for appraisers]. Zaporozhye, Prosvita Publ., 2001. 320 p.
15. Sternik G.M., Sternik S.G., Sviridov A.V. Metodologiya prognozirovaniya rossiiskogo rynka nedvizhimosti. Chast' 3: Evolyutsiya metodov prognozirovaniya rynka zhil'ya [The methodology of forecasting of Russian real estate market. Part 3: Evolution of methods of forecasting of the housing market]. In: Mekhanizatsiya stroitel'stva [Mechanization of construction], 2014, no. 2, pp. 61-64.
16. Tikhonov E.E. Metody prognozirovaniya v usloviyakh rynka: uchebnoye posobie [Methods of forecasting in conditions of the market: a tutorial]. Nevinnomyssk, Severo-Kavkazskii gos. tekhn. un-t Publ., 2006. 221 p.
17. Baumane V. Cadastral Valuation Models. In: Economic Science for Rural Development: proceedings of international scientific conference. 2010. no. 22. pp. 68-75.
18. Baumane V. Evaluation of Indicators of Cadastral Assessment. In: 4th International Conference Civil Engineering' 13. Proceedings: Part I «Land Management and Geodesy». Jelgava, 2013. pp. 299-304.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ковязин Василий Федорович – доктор биологических наук, профессор кафедры инженерной геодезии Санкт-Петербургского горного университета;
e-mail: vfkedr@mail.ru

Лепихина Ольга Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии Санкт-Петербургского горного университета;
e-mail: Olgalepikhina1984@gmail.com

Зимин Виктор Павлович – аспирант кафедры инженерной геодезии Санкт-Петербургского горного университета;
e-mail: vic-zim@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vasily F. Kovjazin – doctor of biological sciences, professor at the Department of Engineering Geodesy of the Construction Faculty, Saint-Petersburg Mining University,
E-mail: vfkedr@mail.ru

Olga Y. Lepikhina – PhD in technical sciences, associate professor at the Department of Engineering Geodesy of the Construction Faculty, Saint-Petersburg Mining University,
E-mail: Olgalepikhina1984@gmail.com

Viktor P. Zimin – postgraduate student at the Department of Engineering Geodesy of the Construction Faculty, Saint-Petersburg Mining University
E-mail: vic-zim@yandex.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Ковязин В.Ф., Лепихина О.Ю., Зимин В.П. Разработка прогнозной модели стоимости земель моногородов с учетом экономических факторов деятельности градообразующих предприятий (на примере Мурманской области) // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 1. С. 51-65

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-51-65

FOR CITATION

Kovjazin V. F., Lepikhina O. Y., Zimin V.P. Development of predictive models of the land value of single-industry towns with allowance for the factors of activity of city-forming enterprises (on the example of the Murmansk region). In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences*, 2018, no. 1, pp. 51-65

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-51-65

УДК 316:61

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-66-76

СМЕРТНОСТЬ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ В РОССИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ

Шартова Н.В.¹, Ватлина Т.В.²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, Российская Федерация

²Смоленский государственный университет
214000, г. Смоленск, ул. Пржевальского, 4, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются региональные особенности смертности городского населения на примере 175 российских городов с численностью населения свыше 100000 человек. Выделяются и описываются характерные пространственные особенности показателей смертности по основным причинам смерти для мужчин и женщин. Для городского населения отмечается более благополучная ситуация по смертности от всех причин. Исключение составляют промышленные города, где уровень смертности может достигать высоких значений. Представлены результаты корреляционного анализа воздействия факторов окружающей среды на смертность населения в городах.

Ключевые слова: смертность, городское население, регионы России.

URBAN MORTALITY IN RUSSIA: CURRENT STATE AND REGIONAL DIFFERENCES

N. Shartova¹, T. Vatlina²

¹ Faculty of Geography, M.V. Lomonosov Moscow State University
Leninskie gory, 119991 Moscow, Russia

²Smolensk State University
ul. Przhevalskogo 4, 214000 Smolensk, Russian Federation

Abstract. The paper presents the regional features of urban mortality in Russia by the example of 175 cities with a population of more than 100000. The spatial features of mortality due to main causes of death are defined for male and female separately. The more favorable situation is defined for urban population than rural for all-cause mortality. The exception is industrial cities, where the mortality rate can reach high values. The results of a correlation analysis of the impact of environmental factors on the urban mortality are presented.

Key words: mortality, urban population, regional differences, regions of the Russian Federation

Здоровье населения – один из основных критериев качества жизни. Общественное здоровье вполне объективно отражает социальную сферу жизнедеятельности и характеризует экологическое состояние конкретного региона. При оптимально развивающихся взаимосвязях человека со средой обитания его здоровье стремится к норме, а среда воспринимается и оценивается как здоровая [1; 11].

Комплексную оценку состояния среды можно получить с учетом данных о здоровье человека на исследуемой территории. Показатели здоровья «популяции человека» как вида-биоиндикатора наиболее точно отражают пригодность места для проживания [6; 7].

Усиление темпов и масштабов урбанизации приводит к необходимости оценки состояния здоровья населения, находящегося в городской среде. Согласно существующим прогнозам, доля мирового населения, проживающего на урбанизированных территориях, увеличится с 54% в 2015 г. до 60% в 2030 г. [9]; по некоторым прогнозам, в России к 2035 г. в крупных населенных пунктах будет проживать 81% населения РФ [4].

В настоящее время наряду с расширением возможностей работы с большими массивами информации и увеличением скорости вычислений, произошли значительные изменения в области сбора и анализа показателей здоровья городского населения, экологических характеристик городской среды, а также методов их интеграции [8]. Однако до сих пор для исследователей зачастую доступны только общие показатели смертности и заболеваемости, на основании которых сложно оценить возможные риски для жизнедеятельности населения. Важное значение имеет унификация применяемых индексов, разработка требований к использованию идентичных параметров для последующего сопоставления результатов, а также методы стандартизации показателей. Оценка состояния здоровья населения в условиях городов осложняется значительной теснотой и неразрывностью связей социально-экономического и экологического состояния территории, трудностью сбора систематических статистических данных.

Таким образом, исследование влияния городской среды на здоровье населения, а также разработка подходов к изучению проблемы являются актуальной задачей, требующей своего решения.

В рамках настоящего исследования проведен анализ региональных особенностей уровня и структуры смертности городского населения РФ, в т.ч. в региональном аспекте, включающий:

- анализ современного уровня смертности населения и существующих региональных различий;
- анализ смертности населения в крупнейших городах;
- анализ возможных взаимосвязей между здоровьем населения и состоянием городской среды.

Материалы и методы

Исследование базируется на созданной авторами базе данных по смертности населения в регионах и городах РФ за 2011–2015 гг. Исходя из наличия доступной информации, была создана база данных по смертности населения в 85 регионах и в 175 городах с численностью населения свыше 100000 человек за указанный период. Региональная база данных включает стандартизованные показатели смертности по основным причинам (классам смертности): некоторые инфекционные и паразитарные болезни; новообразования; болезни системы кровообращения; болезни органов дыхания; болезни органов пищеварения; внешние причины смерти [3].

Городская база данных содержит стандартизованные показатели [5] по более детальному 140 причинам смертности, выбранных на основе первичного анализа и имеющих приоритетное зна-

чение для проведения медико-географического анализа состояния здоровья городского населения. Данные представлены отдельно для мужчин и женщин.

Для оценки воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения на этапе обработки статистических данных использован корреляционный анализ по данным за 2015 г. для 179 городов Российской Федерации с населением от 100 000 до 12 330 100 человек. В качестве факторов окружающей среды выбраны показатели загрязнения атмосферы: общее количество загрязняющих веществ, отходящих от всех стационарных источников (тыс. тонн/год) и выбросы от стационарных источников, не уловленные очистными сооружениями; твердые вещества; газообразные и жидкие вещества (ди-

оксид серы, оксид углерода, оксиды азота, углеводороды, летучие органические соединения, прочие газообразные и жидкие вещества); выбросы от автотранспорта. В качестве характеристики общественного здоровья использована смертность мужчин и женщин по отдельным причинам смерти, а также общий уровень смертности.

Использован анализ линейной корреляции Пирсона. Теснота корреляционной связи оценивалась по общепринятой шкале Чеддока (табл. 1). Для учета возможных качественных различий, вносимых масштабом и инфраструктурой городов в зависимости от их размера, корреляционный анализ проводился для двух категорий городов: с населением более одного миллиона человек и менее миллиона человек.

Таблица 1

Шкала Чеддока для оценки тесноты корреляционной связи

Значение коэффициента корреляции R^*	Сила связи
0,1 – 0,3	Слабая
0,3 – 0,5	Умеренная
0,5 – 0,7	Заметная
0,7 – 0,9	Высокая
Больше 0,9	Весьма высокая

*при $R < 0,1$ корреляция считается не значимой

Результаты и обсуждение

Анализ современного уровня смертности населения и существующих региональных различий. К основным причинам смертности городского населения, по данным Федеральной службы государственной статистики, относятся болезни системы кровообращения (45%), новообразования (16%), травмы и отравления (8%). За последние 15 лет наблюдается снижение смертности населения.

Наиболее высокие показатели общей смертности населения (по данным 1999 г.) были зарегистрированы на европейской части РФ: в Псковской области – более 1900 случаев на 100 000 населения в год; в Смоленской, Брянской, Орловской, Новгородской, Ивановской и других областях – по 1500–1900 случаев. В 2008–2010 гг. количество административных единиц с высокими показателями увеличилось за счет других регионов европейской

части (Саратовская, Самарская, Пензенская области и др.) и территорий Алтайского края и Дальнего Востока. В 2015 г. ситуация по смертности населения стала более благоприятной по сравнению с предыдущими годами. Во многих регионах европейской части смертность снизилась до уровня 1100–1500 случаев на 100 000 чел.

Наиболее высокие показатели от всех причин (свыше 2000 на 100 000 населения для мужчин и свыше 1330 – для женщин) можно выделить в нескольких группах регионов. Для мужчин в Европейской России это Псковская и Новгородская области, в Азиатской части – Республика Тыва, Чукотский АО, Магаданская, Сахалинская, Амурская области и Еврейская АО. Наивысшие значения смертности среди женщин зарегистрированы в Республике Тыва и Чукотском АО. Наименьшие средние многолетние показатели (менее 1050 для мужчин и менее 700 для женщин) отмечаются в г. Москва и Республике Дагестан.

Ситуация по смертности от злокачественных новообразований среди мужчин достаточно стабильна, временные изменения в уровне смертности незначительны. Смертность от злокачественных новообразований среди женщин более вариативна по регионам. В 2015 г. количество регионов с высоким уровнем смертности (более 160 на 100 000 населения) сократилось по сравнению с 2012 г. за счет показателей Ямало-Ненецкого округа, Приморского края, Сахалинской области.

Среди мужчин высокая смертность от болезней органов пищеварения (более 105,0 умерших на 100 000 населения) в 2011 г. наблюдалась преимущественно в северных регионах

европейской части России – в Республике Коми, Вологодской, Псковской, а также Ивановской (где отмечается максимальное значение показателя среди всех регионов – 142,4) и Владимирской областях, на Дальнем Востоке – в Сахалинской области и Еврейской автономной областях. Кроме того, высокие показатели смертности зарегистрированы в Республике Тыва и Удмуртской Республике. В 2015 г. высокая смертность от болезней органов пищеварения среди мужчин (более 130 случаев на 100 000 населения) отмечалась преимущественно в регионах европейской части РФ – Владимирской, Ивановской областях и в республике Удмуртия, а также на Дальнем Востоке – в Еврейской автономной области. Негативная ситуация складывается в городах, расположенных в этих регионах. Высокие показатели смертности от болезней органов пищеварения среди женщин стабильно отмечаются в г. Кызыл (Республика Тыва), во Владимире, Коврове, Орске, Комсомольске-на-Амуре, Ухте.

Картина по смертности населения от болезней органов дыхания среди мужчин за 2015 г. частично сходна с 2012 г. Более 150 случаев на 100 000 населения отмечено в республиках Марий-Эл и Чувашия (европейская часть РФ), Омской области, Республиках Алтай, Бурятия, Тыва, а также в Чукотском автономном округе. В городах, как и в 2012 г., ситуация более благополучна. Наиболее высокий показатель зарегистрирован в г. Новокузнецк. На большей части РФ в 2015 г. смертность составляет менее 80 случаев на 100 000 населения. Среди женщин наблюдается схожая ситуация по смертности от болезней органов дыхания, как и среди

мужчин, за оба анализируемых года. Следует отметить республики Северного Кавказа – Республику Дагестан с максимальным уровнем смертности в стране (86,9 на 100 000 населения, а в городе Дербент – 96,4), в то время как в соседней Республике Ингушетия уровень смертности составил всего 1,4 (минимальное значение по стране). Наиболее негативная ситуация по смертности населения от болезней органов дыхания наблюдается в городах и регионах Сибири.

В целом смертность населения в регионах не всегда совпадает с ситуацией в городах. Например, Московская область отличается отсутствием каких-либо высоких значений показателя смертности по всем классам смерти, тогда как в городах области (Щелково, Сергиев-Посад, Серпухов, Орехово-Зуево) зафиксирован высокий уровень смертности от болезней системы кровообращения, злокачественных новообразований и некоторых других патологий.

Анализ динамики уровня смертности населения за период наблюдения демонстрирует снижение показателя в 2015 г. по сравнению с 2012 г. как в регионах, так и в городах.

Анализ смертности населения в крупнейших городах РФ. Для более детального анализа смертности населения были выбраны шесть городов с численностью населения свыше 1 млн. человек, находящихся в различных природных условиях и с различными отраслями экономики, оказывающими наибольшее воздействие на экологическую ситуацию: Москва (энергетика), Санкт-Петербург (энергетика), Екатеринбург (энергетика, машиностроение), Челябинск (металлургия,

энергетика), Красноярск (энергетика, цветная металлургия), Ростов-на-Дону (энергетика). Была проанализирована общая структура смертности населения от различных причин (классов) смерти, в том числе отдельных патологий среди мужчин и женщин за 2015 г. В результате были выявлены следующие особенности городов.

Смертность от болезней системы кровообращения распределяется по анализируемым городам достаточно равномерно. Выделяется Москва с более низкими значениями. По остальным причинам смерти населения по рассматриваемым городам прослеживается достаточно выраженная дифференциация.

В городах Красноярске и Челябинске отмечается больший процент умерших по причинам, связанным с заболеваниями органов пищеварения и злокачественным новообразованием как среди мужчин, так и среди женщин. При этом прослеживается достаточно высокий уровень смертности практически по всем видам злокачественных новообразований, особенно органов пищеварения, органов дыхания, костей и суставных тканей, мочеполовой системы и щитовидной железы. Санкт-Петербург и Ростов-на-Дону выделяется по смертности от злокачественных новообразований кожи.

В Красноярске значительно выше, чем в других городах, смертность от болезней органов дыхания. Это прослеживается по всем патологиям органов дыхания – пневмонии, острым респираторным инфекциям верхних дыхательных путей, другим хроническим обструктивным заболеваниям легких и астме. Аналогичным образом

в этом городе выделяется смертность от болезней органов пищеварения и мочеполовой системы, смертность от врожденных аномалий.

Для Челябинска характерна высокая смертность от болезней эндокринной системы как среди мужчин, так и среди женщин. Происходит это за счет смертности от сахарного диабета, что совершенно нехарактерно для других рассматриваемых городов. Аналогичные тенденции прослеживаются в смертности от болезней нервной и костно-мышечной систем.

Смертность от онкологических заболеваний имеет четко выраженный максимум в возрастных категориях 65–74 года и сходное распределение по возрастным категориям для всех проанализированных городов. Остальные заболевания не имеют четкой структуры распределения по возрастам, либо дают естественное нарастание смертности с повышением возраста.

Таким образом, все рассмотренные города имеют свои особенности. Москва отличается относительно низким уровнем смертности по всем причинам. Санкт-Петербург и Ростов-на-Дону схожи с ней, но характеризуются более высоким уровнем смертности и всплесками по отдельным причинам, как, например, злокачественным новообразованиям кожи. По своему медико-демографическому профилю приближается к данным городам и Екатеринбург. Красноярск и Челябинск имеют значительные отличия в профиле как

между собой, так и по сравнению с другими городами.

Анализ возможных взаимосвязей между здоровьем населения и состоянием городской среды. Для городов с населением менее 1 млн. человек по большинству показателей не наблюдается существенной корреляции между уровнем смертности и показателями загрязнения атмосферы. В противоположность этому, для городов-миллионников прослеживается значимая корреляция (от «слабой» до «заметной») между показателями загрязнения атмосферы и уровнем смертности от заболеваний. В частности, обращает на себя внимание заметная корреляция между общим уровнем выбросов загрязняющих веществ и заболеваниями органов дыхания как у мужчин, так и у женщин. Причем наибольший вклад в уровень смертности, согласно результатам анализа, вносят твердые выбросы и выбросы диоксида серы. Смертность от злокачественных новообразований имеет заметную корреляцию с уровнем выбросов твердых веществ и оксида углерода – как для мужчин, так и для женщин (табл. 2 и 3).

Для обеих категорий городов были получены недостоверные результаты корреляции общего уровня смертности с показателями загрязненности атмосферы. Скорее всего, это обусловлено тем, что общий уровень смертности является комплексным показателем, зависящим от большого числа других факторов помимо загрязненности атмосферы.

Таблица 2

Значимые коэффициенты корреляции (R) между причинами смерти и экологическими показателями для городов с населением менее 1 млн. чел.

Причины смерти	Выбросы от стационарных источников										Выбросы от автотранспорта
	Общее количество загрязняющих веществ	Выбросы, не уловленные очистными сооружениями	Твердые вещества	Газообразные и жидкие вещества	Диоксид серы	Оксид углерода	Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	Углекислоты	Летучие органические соединения (ЛОС)	Прочие газообразные и жидкие	
Заболевания органов дыхания у мужчин	0,14	-	0,22	-	0,12	-	-	-	-	0,15	-
Заболевания органов пищеварения у мужчин	0,12	0,13	-	0,12	-	0,15	-	-	-	-	-
Злокачественные новообразования у мужчин	-	0,11	0,13	-	-	-	-	-	0,13	-	-
Заболевания органов дыхания у женщин	-	-	0,16	-	0,11	-	-	-	-	0,18	-
Заболевания органов пищеварения у женщин	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-	0,18	-
Злокачественные новообразования у женщин	0,11	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 3

Значимые коэффициенты корреляции (R) между причинами смерти и экологическими показателями для городов с населением более 1 млн. чел.

Причины смерти	Выбросы от стационарных источников										Выбросы от автотранспорта
	Общее количество загрязняющих веществ	Выбросы, не уловленные очистными сооружениями	Твердые вещества	Газообразные и жидкие вещества	Диоксид серы	Оксид углерода	Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	Углекислоты	Летучие органические соединения (ЛОС)	Прочие газообразные и жидкие	
Заболевания органов дыхания у мужчин	0,66	0,54	0,68	0,49	0,63	0,25	0,24	0,19	0,18	0,33	-
Заболевания органов пищеварения у мужчин	-0,20	-0,29	-0,19	-0,30	-0,31	-0,12	-0,48	0,34	-0,12	-0,17	-0,17
Злокачественные новообразования у мужчин	0,48	0,42	0,55	0,38	0,32	0,46	0,33	-	-	-	-0,30

Окончание таблицы 3

Причины смерти	Выбросы от стационарных источников										Выбросы от автотранспорта
	Общее количество загрязняющих веществ	Выбросы, не уловленные очистными сооружениями	Твердые вещества	Газообразные и жидкие вещества	Диоксид серы	Оксид углерода	Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	Углекислоты	Летучие органические соединения (ЛОС)	Прочие газообразные и жидкие	
Заболевания органов дыхания у женщин	0,57	0,44	0,68	0,37	0,49	0,43	0,31	-	-0,19	0,60	-
Заболевания органов пищеварения у женщин	-	-	0,16	-	-	0,28	-0,21	-	-0,26	0,35	-0,12
Злокачественные новообразования у женщин	0,16	0,23	0,27	0,21	-	0,40	0,34	0,13	-0,19	0,26	0,12

Заключение

Таким образом, смертность среди мужчин по всем классам выше, чем смертность среди женщин, а в случае рассмотрения смертности от внешних причин разница может достигать четырех раз и более. Особенно неблагоприятная ситуация практически по всем классам смертности сформировалась на Дальнем Востоке и юге Сибири (Республика Тыва, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ, Магаданская и Сахалинская области). Европейская территория России (в особенности республики Северного Кавказа) отличается относительно низким уровнем смертности. Для городского населения отмечается более благоприятная ситуация по смертности от всех причин. Исключение составляют промышленные города, где уровень смертности может достигать высоких значений.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что значительные выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду в Челябинске и Красноярске (например, свыше 700 т

загрязняющих веществ в атмосферу в 2015 г.) оказывают значительное влияние на формирование высокого уровня смертности населения. Неоднородный состав выбросов в данных городах, вследствие работы разных промышленных предприятий, сказывается на том, что повышенным уровнем смертности характеризуются различные причины смерти. Общим является высокий уровень смертности от злокачественных новообразований. На основе анализа смертности от болезней системы кровообращения, для которой приоритетным фактором зачастую являются социально-экономические условия в регионе, можно сделать вывод, что данный фактор, вероятно, в анализируемых городах более однороден. Следует отметить, что данные выводы носят предварительный характер и требуют для подтверждения результатов более детальных данных по состоянию окружающей среды и проведению сравнительно-географического анализа с включением малых городов с благоприятной экологической обстановкой.

Статья поступила в редакцию 08.12.2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малхазова С.М., Королева Е.Г. Окружающая среда и здоровье человека. М.: МГУ. 2011. 180 с.
2. Малхазова С.М., Шартова Н.В., Тимонин С.А. Современная ситуация и тенденции изменения общественного здоровья в России // Вестник Московского университета. Серия: География. 2016. № 1. С. 13–21.
3. Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем (десятый пересмотр). Том 1. М.: Медицина, 2003. 741 с.
4. Нещадин А.К. Городские агломерации как инструмент динамичного социально-экономического развития регионов России // Общество и экономика. 2010. № 12. С. 26–35.
5. Практическая демография: учебное пособие для вузов / под ред. Л.Л. Рыбаковского. М.: ЦСП, 2005. 280 с.
6. Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния / Под ред. Н.С. Касимова. М.: ИП Филимонов М.В., 2014. 560 с.
7. Экологический атлас России. СПб.: Карта, 2002. 128 с.
8. Global report on Urban Health equitable, healthier cities for sustainable development. Geneva: WHO, 2016. 241 p.
9. Kramer A., Khan M.N., Kraas F. Health in Megacities and Urban Areas. Heidelberg, 2011. 319 p.
10. WHO centre for health development annual report. Kobe, 2013. 18 p.
11. Urbanization and Health: Health Equity and Vulnerable Populations. Case studies from the Eastern Mediterranean Region. Cairo: WHO Regional Office for the Eastern Mediterranean. 2011. 35 p.

REFERENCES

1. Malkhazova S.M., Koroleva E.G. Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e cheloveka [Environment and human health]. Moscow, MGU Publ., 2011. 180 p.
2. Malkhazova S.M., Shartova N. V., Timonin S.A. Sovremennaya situatsiya i tendentsii izmeneniya obshchestvennogo zdorov'ya v Rossii [Current situation and trends in public health in Russia]. In: Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 'Geografiya' [Bulletin of Moscow University. Series Geography], 2016, no. 1, pp. 13-21.
3. Mezhdunarodnaya statisticheskaya klassifikatsiya boleznei i problem, svyazannykh so zdorov'em (MKB-10). Tom 1. [International statistical classification of diseases and problems related to health (10-th Revision). Volume 1. Moscow, Meditsina Publ., 2003. 741 p.
4. Neshchadin A.K. Gorodskie aglomeratsii kak instrument dinamichnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regionov Rossii [Urban agglomerations as an instrument of rapid socio-economic development of regions of Russia]. In: Obshchestvo i ekonomika [Society and economics], 2010, no. 12, pp. 26-35.
5. Prakticheskaya demografiya: uchebnoe posobie dlya vuzov / pod red. L.L. Rybakovskogo [Practical demography: textbook for high schools / Ed. L.L. Rybakovsky]. Moscow, TSSP Publ., 2005. 280 p.
6. Regiony i goroda Rossii: integral'naya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya / Pod red. N.S. Kasimova [Regions and cities of Russia: integrated assessment of the ecological status / Ed. N.S. Kasimova]. Moscow, IP Filimonov M.V. Publ., 2014. 560 p.
7. Ekologicheskii atlas Rossii [Ecological Atlas of Russia]. SPb., Karta Publ., 2002. 128 p.

8. Global report on Urban Health equitable, healthier cities for sustainable development. Geneva: WHO, 2016. 241 p.
 9. Kramer A., Khan M.N., Kraas F. Health in Megacities and Urban Areas. Heidelberg, 2011. 319 p.
 10. WHO centre for health development annual report. Kobe, 2013. 18 p.
 11. Urbanization and Health: Health Equity and Vulnerable Populations. Case studies from the Eastern Mediterranean Region. Cairo: WHO Regional Office for the Eastern Mediterranean. 2011. 35 p.
-

БЛАГОДАРНОСТИ

Работы по анализу смертности населения в городах выполнены при поддержке гранта РФФИ (проект № 16-35-00299 мол_а «Математико-картографическое моделирование медико-демографических процессов в городах России»). Работы по анализу смертности населения в регионах выполнены при поддержке гранта РФФИ (проект №16-05-00827 А «Региональная география смертности городского населения в России: медико-экологическая оценка и картографирование»). Расчеты коэффициентов корреляции выполнены аспирантом географического факультета МГУ О.Д. Васильевым.

ACKNOWLEDGMENTS

The work on the analysis of the mortality of the population in cities was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Grant No. 16-35-00299 mol_a, 'Mathematico-cartographic modeling of medical and demographic processes in Russian cities'). The work on the analysis of the mortality of the population in the regions was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Grant No. 16-05-00827 A, 'Regional geography of mortality of the urban population in Russia: medical and environmental assessment and mapping'). Calculations of the correlation coefficients were performed by O.D. Vasilyev, a degree-seeking candidate of the Faculty of Geography of the M.V. Lomonosov Moscow State University.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шартова Наталья Витальевна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник кафедры геохимии ландшафтов и географии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова;
e-mail: shartova@yandex.ru

Ватлина Тамара Валентиновна – кандидат географических наук, доцент кафедры землеустройства и кадастра Смоленского государственного университета;
e-mail: vatlina_geo@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Natalia Vitalievna Shartova – PhD in geographical sciences, senior research fellow at the Department of Geochemistry of Landscapes and Geography of M.V. Lomonosov Moscow State University;
e-mail: shartova@yandex.ru

Tamara Valentinovna Vatlina – PhD in geographical sciences, associate professor at the Department of Land Management and Cadastre of the Smolensk State University;
e-mail: vatlina_geo@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Шартова Н.В., Ватлина Т.В. Смертность городского населения в России: современное состояние и региональные различия // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 1. С. 66-76

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-66-76

FOR CITATION

Shartova N. V., Vatlina T. V. Urban mortality in Russia: current state and regional differences. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences*, 2018, no. 1, pp. 66-76

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-66-76

УДК 911

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-77-85

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ТУРИСТСКОГО КЛАСТЕРА СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ: ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Щербакова С.А.*Смоленский государственный университет**214000, г. Смоленск, ул. Пржевальского, д. 4, Российская Федерация*

Аннотация. Статья посвящена актуальному вопросу – применению кластерного подхода как современного инструмента в формировании конкурентоспособного высокоразвитого туристского комплекса в регионах России. Автором изучены особенности, принципы, значимые критерии и факторы, проблемы и перспективы развития туристского кластера в Смоленском регионе. По итогам исследования сделан вывод, что создание и развитие туристского кластера Смоленской области позволит снизить степень влияния территориальных диспропорций и будет способствовать динамичному развитию индустрии туризма в регионе.

Ключевые слова: туризм, кластерный подход, конкурентоспособность, Смоленская область.

FORMATION OF THE TOURIST CLUSTER MODEL OF THE SMOLENSK REGION: ECONOMIC AND GEOGRAPHICAL ASPECT

Shcherbakova S.A.*Smolensk State University**ul. Przhevalskogo 4, 214000 Smolensk, Russian Federation*

Abstract. The paper is devoted to the topical issue, namely, the application of the cluster approach as a modern tool in the formation of a competitive highly developed tourist complex in the regions of Russia. The features, principles, significant criteria and factors, and problems and prospects for the development of the tourist cluster in the Smolensk region are studied. Using the results of the study, a conclusion is made that the creation and development of a tourist cluster in the Smolensk region will reduce the impact of territorial disparities and will contribute to the dynamic development of the tourism industry in the region.

Key words: tourism, tourist cluster, cluster approach, tourism competitiveness, regional development.

Подстановка проблемы

Концепции туристских кластеров становится центральной в процессе планирования развития туризма [2]. Смоленская область традиционно относится к регионам, для которых характерен недостаточно развитый уровень туристского комплекса. Итоги Национального туристского рейтинга за 2017 г. показали,

© Щербакова С.А., 2018.

что среди 85 субъектов Российской Федерации Смоленская область заняла 61 место, получив всего 45,4 балла из 100 возможных. Хотя в 2016 г. положение Смоленской области в данном рейтинге было выше по списку – 57 место с общим количеством баллов – 41,5; а еще в 2015 году регион был на 46 месте с 37,8 баллами [3]. Количество баллов увеличивается, а рейтинг снижается. Данная тенденция говорит о том, что другие регионы России развивают свой туристский потенциал гораздо активнее, чем Смоленщина.

Богатый природный и культурно-исторический потенциал Смоленской области привлекает туристов и экскурсантов, но образ региона как «спящей» туристской дестинации пока не способен конкурировать с соседними туристскими регионами-лидерами. В связи с этим, весьма актуальным представляется создание на основе кластерного подхода на территории Смоленской области конкурентоспособной высокоразвитой туристской индустрии, располагающей значительным потенциалом и способностью удовлетворять разнообразные потребности российских и иностранных граждан в туристских услугах, а также обеспечивающей значительный вклад в социально-экономическое развитие Смоленской области.

Целью настоящего исследования является выявление региональных особенностей формирования туристского кластера в Смоленской области и разработка основных атрибутов туристского кластера на основе синергетической модели кластера как катализатора для регионального развития. **Задачи исследования** включают обеспечение научно обоснованного под-

хода создания и развития туристского кластера Смоленской области; разработку основных маркетинговых стратегий, направленных на максимально эффективное продвижение турпродуктов туристского кластера на национальный, «внутрирегиональный» и внутренний рынки; выявление проблем и перспектив развития туристского кластера Смоленской области.

Результаты исследования

Смоленщина – уникальный регион России, который одновременно является *пристоличным и приграничным*. Смоленщина занимает благоприятное транзитное положение на ведущих транспортных коридорах Европейской России и характеризуется близостью к регионам с высокой плотностью населения и странам зарубежной Европы. Стоит отметить, что ни один регион Российской Федерации не характеризуется столь высокой территориальной доступностью для граждан Республики Беларусь, что создает предпосылки для развития как *приграничного туризма*, так в перспективе и *международного туризма*.

Развитие туризма происходит в условиях добрососедского сотрудничества. Сложилось взаимопонимание между представителями турбизнеса России и Беларуси в отношении реализации конкретных проектов в сфере туризма. В связи с этим, близость Республики Беларусь и наличие в ней развитой сети коммуникаций способствуют превращению города Смоленска в опорный центр *приграничного туризма* россиян в Республику Беларусь.

В последнее время белорусские туристы предпочитают сочетать куль-

турно-познавательные интересы пребывания на Смоленщине с деловыми целями, а также шопингом и развлечениями. Смоленскими туристскими фирмами разработаны одно-, двух-, трехдневных туры и тематические туристские маршруты по г. Смоленску и Смоленской области. Для привлечения молодёжи, воспитанной на «новой белорусской истории», становится актуальной разработка туристских программ по теме «Смоленщина и Великое Княжество Литовское». Платёжеспособные туристы из столицы Республики Беларусь туристский потенциал Смоленской области оценивают высоко, но пока предпочитают отдыхать в соседних Украине и Польше из-за грамотно разработанной диверсификации туристских предложений для различных категорий потребителей и соотношения цены и качества [4].

С учетом благоприятной экологической ситуации, эстетической привлекательности ландшафта, характера циркуляции атмосферы, высокой насыщенности объектами культурного наследия и транспортно-географического положения Смоленская область может превратиться в территорию массового туризма и рекреации для столичного региона, других ведущих российских агломераций и промышленных центров. Ежегодно Смоленскую дестинацию посещают более 280 тыс. туристов, большую часть которых составляют жители Москвы и Московской области. Традиционно туристы-индивидуалы из Москвы и Московской области посещают Смоленскую область в выходные дни или на праздники с культурно-познавательными и развлекательными целями. Но наиболее массовой целевой аудиторией,

которая может обеспечить значимые показатели туристского потока, являются московские школьники, которые заинтересованы в разнообразии интерактивных программ и квестов.

Среди основных конкурентов, которые оттягивают на себя московский туристский поток, можно назвать города Золотого кольца, Псковскую, Калужскую, Рязанскую и Тульскую области. В связи с этим для повышения туристской привлекательности региона для московского сегмента потребителей следует разработать комплекс новых туристских маршрутов с различными тематиками, в том числе и по не теряющей своей актуальности теме «Военно-патриотическая Смоленщина» и «Викинги на Смоленщине – путь из варяг в греки».

Уникальные территориальные особенности Смоленского региона, связанные с близостью к столице, определяют ещё два перспективных направления в развитии туристской отрасли области – деловой туризм, сочетающий бизнес-мероприятия с качественным туристско-экскурсионным обслуживанием, и гастрономический туризм с акцентом на традиционной региональной кухне.

В начале 2017 г. было принято решение о формировании «Туристского кластера», назначен координатор кластера, разработана и утверждена «Стратегия развития туристского кластера Смоленской области на 2017-2020 годы» (утв. Постановлением Администрации Смоленской области от 25.08.2017 г. № 580). Среди **главных принципов создания и поддержки** туристского кластера Смоленской области можно выделить следующие:

Основа кластера (первый уровень) – предприятия, обеспечивающие туристам транспортное обслуживание, питание, гостиничное обслуживание, отдых, лечение и развлечения. Организации, входящие в основу кластера, отражают особенность туристского потребления и при этом вызывают производный мультипликативный эффект: потребность для туриста в наличии транспортных услуг, жилья, питания, системы гостеприимства в целом, создания необходимых условий для проживания, питания, лечения, развлечений, образования, в новых впечатлениях.

Выделяются **организации, оказывающие сопутствующие услуги, а также поддерживающие (обслуживающие) туристскую индустрию – периферия кластера (второй уровень)**. К ним относятся предприятия бытового обслуживания, проката, выставочные комплексы, компании, выпускающие сувениры, страховые организации, финансовые организации, предприятия розничной торговли и др. Особо выделяются услуги по подготовке и переподготовке кадров индустрии туризма, повышению квалификации работников сферы туризма и гостеприимства.

По согласованию в состав туристского кластера Смоленской области на начало 2018 г. вошли 27 участников, из них туристских компаний – 6, средств размещения – 10, предприятий общественного питания – 2, предприятий специализированных услуг – 3, государственных и общественных организаций – 4, образовательных организаций – 2.

Для становления и развития туристского кластера Смоленской области

предлагается поэтапная реализация основных тематических направлений деятельности кластера по четырём целевым блокам.

На первом этапе создания синергетической модели регионального туристского кластера необходимо:

1) оценить ресурсный потенциал Смоленской области;

2) определить его основные конкурентные преимущества на российском и международном туристских рынках;

3) провести туристское районирование на основе принципов природного, социально-экономического и организационно-инфраструктурного районирования;

4) необходимо наметить участки, в границах потенциальных туристско-рекреационных территорий, отличающихся каким-либо преимуществом;

5) определить туристскую специализацию района на основе выделенных преимуществ, а также его место в региональной системе туристской индустрии;

6) сформировать базовый круг потенциальных участников туристского кластера Смоленской области.

Для проведения последовательного и наиболее комплексного туристского районирования, на данном этапе предлагается разделить весь кластер на четыре условные туристско-рекреационные территории. Туристский кластер Смоленской области рассматривается как объединение четырёх туристско-рекреационных территорий регионального значения (далее – ТРТ, см. табл.): «Восточной», «Центральной», «Северной» и «Южной».

Границы ТРТ на первом этапе достаточно условны и формируются

на основе границ муниципальных районов и их географического расположения относительно областного центра – города Смоленск. Так же, при формировании ТРТ учитывались возможности их сотрудничества с со-

седними областями и Республикой Беларусь. Для каждой туристско-рекреационной территории на последующих этапах необходимо будет определить собственный вектор развития.

Таблица

Характеристика туристских параметров туристско-рекреационных территорий регионального значения Смоленской области

№	ТРТ	«Восточная»	«Центральная»	«Северная»	«Южная»
1	Районы, входящие в ТРТ	Вяземский, Новодугинский, Сычёвский, Гагаринский, Темкинский, Угранский, Дорогобужский	Краснинский, Смоленский, Кардымовский, город Смоленск	Руднянский, Вельжский, Демидовский, Духовщинский, Ярцевский, Сафоновский, Холм-Жирковский	Монастырщинский, Хиславичский, Починковский, Глинковский, Ельнинский, Рославльский, Ершичский, Шумячский, город Десногорск
2	Основные виды туризма	Культурно-познавательный туризм, религиозный туризм, событийный туризм, гастрономический туризм, водный туризм	Культурно-познавательный туризм, событийный туризм, религиозный туризм, деловой туризм, археологический туризм, городской туризм	Экологический туризм, лечебно-оздоровительный туризм, сельский туризм, рыболовный туризм, спортивный туризм, дачный туризм	Культурно-познавательный, активный, водный туризм, рыболовный туризм, религиозный туризм, промышленный туризм
3	Перспективные виды туризма	Экологический туризм, рыболовный туризм, дачный туризм	Промышленный туризм, спортивный туризм, «красный» туризм, гастрономический туризм	Приключенческий туризм, событийный туризм	Событийный туризм
4	Основные туристские потоки: иностранные туристы	++	+++	++	+
	российские туристы	+++	+++	++	++
	жители Смоленской области	++	+++	++	++

Окончание таблицы

№	ТРТ	«Восточная»	«Центральная»	«Северная»	«Южная»
5	Потенциал роста	Высокий	Высокий	Средний	Средний

Ист.: составлено автором по данным Стратегии развития туристского кластера Смоленской области на 2017-2020 гг.

На втором этапе происходит *создание модели туристского кластера*.

В каждой из четырёх ТРТ на основе всесторонних исследований определяются варианты позиционирования территорий; центральные («якорные») объекты; приоритетные виды туризма; темы будущих проектов и маршрутов. Формирование туристского кластера также может осуществляться на базе благоприятной деловой среды, научных исследований и специализированной инфраструктуры.

На третьем этапе происходит формирование регионального туристского рынка за счёт образования вертикальных и горизонтальных связей, обеспечивающих успешную совместную деятельность предприятий сферы туризма, а также выбор форм государственно-частного партнерства. Определяются основные потребители услуг ТРТ, конкуренты и возможные партнёры по проектам. Формируются основные организационные, маркетинговые и продуктовые стратегии туристского кластера.

На четвёртом этапе проводится зонирование территории будущих субкластеров. В данном случае субкластер рассматривается как инфраструктурная кластерная модель или укрупнённый инвестиционный проект, формирующийся вокруг «якорных» объектов ТРТ. Обычно в пределах субкластера выделяются три зоны. Первая

зона – генератор и распределитель туристских потоков. Вторая – зона концентрации основных туристских объектов и маршрутов. Третья зона может выходить за пределы субкластера. Таким образом, в пределах туристского кластера Смоленской области создается сеть субкластеров (инфраструктурно-инвестиционных проектов), как часть всей региональной туристско-рекреационной системы, обеспечивающей комплексный эффект от взаимосвязанного развития данных субкластеров.

На пятом этапе начинается проектно-аналитическая работа с каждым из инфраструктурно-инвестиционных проектов, выбранных для создания субкластеров, в соответствии с требованиями той государственной программы, на участие в которой претендует данный проект. На основе проектно-сметной документации происходит развитие объектов транспортной инфраструктуры, строительство и ремонт дорог, обеспечивающих досягаемость предлагаемых в рамках субкластеров мест размещения туристов и показа туристских достопримечательностей.

Определяющим фактором успеха развития кластера и привлечения частных инвестиций в возрастающих объемах на последующих этапах, будет информационная поддержка туристского кластера, его популяризация, осуществляемая с момента начала работ на

первом этапе финансирования за счет бюджетных средств. Далее следует наращивать темпы инвестирования, осуществляемого за счет негосударственных источников финансирования. Это возможно путем применения форм и методов государственно-частного партнерства. Временные сроки реализации каждого этапа определяется для всех четырех ТРТ индивидуально, в зависимости от изученности и проработанности рассматриваемых на каждом этапе вопросов.

Выводы

Создание регионального туристского кластера в Смоленской области позволит повысить конкурентоспособность региональной экономики и упрочить позиции Смоленщины на национальном рынке туризма, путем планирования туристской деятельности на основе принципов устойчивого развития туризма, предусматривающие долгосрочные инвестиции в сферу туризма.

Статья поступила в редакцию 08.12.2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова А.Ю. Туристские кластеры: содержание, границы, механизм функционирования // Современные проблемы сервиса и туризма. 2007. № 1. С. 51–61.
2. Валеева С.В. Развитие концепции кластерного подхода в туризме // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 1. 2016. С. 116–130.
3. Спецпроекты // Национальный рейтинг [сайт]. – URL: <http://russia-rating.ru/info/category/спецпроекты> (дата обращения: 27.01.2018).
4. Щербакова С.А. Формирование трансграничного туристского кластера в российско-белорусском приграничье // Туризм и региональное развитие: сборник научных статей. Смоленск: Универсум, 2017. С. 240–244.

REFERENCES

1. Aleksandrova A.Yu. Turistskie klastery: sodержanie, granitsy, mekhanizm funktsionirovaniya [Tourism clusters: content, boundaries, and functioning]. In: Sovremennyye problemy servisa i turizma [Modern problems of service and tourism], 2007, no. 1, pp. 51-61.
2. Valeeva S.V. Razvitie kontseptsii klaster'nogo podkhoda v turizme [Development of the cluster approach concept in tourism]. In: Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' [National interests: priorities and security], 2016, no. 1, pp. 116-130.
3. Spetsproekty [Special projects]. National rating [website]. – URL: <http://russia-rating.ru/info/category/спецпроекты> (request date 27.01.2018)
4. Shcherbakova S.A. Formirovaniye transgranichnogo turistskogo klastera v rossiisko-belorusskom prigranich'e [Formation of the trans-border tourist cluster in the Russian-Belarusian borderland]. In: Turizm i regional'noye razvitie: sbornik nauchnykh statei [Tourism and regional development: collection of scientific articles]. Smolensk, Universum Publ., 2017. pp. 240-244.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Щербакова Светлана Александровна – кандидат географических наук, доцент кафедры географии Смоленского государственного университета;
e-mail: sollos@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Shcherbakova S. Aleksandrovna – PhD in geographical sciences, associate professor at the Department of Geography of the Smolensk State University;
e-mail: sollos@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Щербакова С.А. Формирование модели туристского кластера Смоленской области: экономико-географический аспект // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 1. С. 77-85
DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-77-85

FOR CITATION

Shcherbakova S.A. Formation of the tourist cluster model of the Smolensk region: economic and geographical aspect. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences*, 2018, no. 1, pp. 77-85
DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-77-85

РАЗДЕЛ II

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 606

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-86-94

ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ БЕЛКОВ ХОЛОДОВОГО ШОКА В БИОТЕХНОЛОГИИ

Злобин Н.Е., Таранов В.В.

*Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии Российской академии наук
127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 42, Российская Федерация*

Аннотация. Большая часть достижений современной биотехнологии так или иначе связана с микроорганизмами, что объясняется их разнообразием, относительной простотой их изучения и культивирования. Обзорная статья посвящена применению бактериальных белков холодового шока в биотехнологии. Эти белки являясь РНК- и ДНК-связывающими и приводят к плавлению вторичных структур, образующихся в нуклеиновых кислотах, что является значимым для адаптации микроорганизмов к различным неблагоприятным условиям среды. Гены, кодирующие белки холодового шока, были путем трансгеноза перенесены в геномы как бактерий, так и высших растений, приводя к повышению их стрессоустойчивости. Также очищенные бактериальные белки холодового шока применялись для повышения эффективности прохождения различных молекулярно-биологических реакций *in vitro*. В обзоре описаны подходы, применявшиеся в соответствующих исследованиях, и обобщены полученные с их помощью результаты.

Ключевые слова: биотехнология, микроорганизмы, белки холодового шока, вторичные структуры в нуклеиновых кислотах, генетическая инженерия растений.

APPLICATION OF BACTERIAL COLD SHOCK PROTEINS IN BIOTECHNOLOGY

N. Zlobin, V. Taranov

*All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Russian Academy of Sciences, Russia
Timiryazevskaya ul. 42, 127550 Moscow, Russia*

Abstract. Most of the achievements of modern biotechnology are related to microorganisms, which is explained by their diversity, the relative simplicity of their study and cultivation. This review is dedicated to the application of bacterial cold shock proteins in biotechnology. These

proteins bind DNA and RNA and melt secondary structures formed in nucleic acids, which is important in bacteria adaptation to different kinds of stresses. Genes coding bacterial cold shock proteins are used for transformation of bacteria and higher plants, which lead to an increase in stress tolerance. Also, purified recombinant bacterial cold shock proteins are used to increase efficiency of different molecular biology reactions *in vitro*. In this review, the approaches applied in relevant studies are described in detail and their results are summarized.

Keywords: biotechnology, microorganisms, cold shock proteins, secondary structures in nucleic acids, plant genetic engineering.

К настоящему времени обнаружено значительное количество белков, которые способны с низкой специфичностью взаимодействовать с РНК, и также приводить к дестабилизации (плавлению) находящихся в РНК вторичных структур [4]. Образование молекулами клеточных мРНК протяженных и устойчивых вторичных структур может препятствовать работе белоксинтезирующего аппарата, затрудняя трансляцию мРНК. Этот эффект проявляется особенно сильно при действии различных стрессовых факторов окружающей среды, в особенности при понижении температуры, которое приводит к стабилизации вторичных структур в РНК. Белки, дестабилизирующие вторичные структуры в РНК, способствуют возобновлению нормального функционирования белоксинтезирующего аппарата, активации синтеза различных стресс-ассоциированных белков и, в конечном счете, акклиматизации организма [15;18].

Примером белков с такой функцией являются белки холодового шока. Эти белки были обнаружены в бактериях. В частности, геном кишечной палочки *Escherichia coli* содержит 9 генов (*CspA-CspI*), кодирующих белки холодового шока [8]. При резком снижении температуры среды деление клеток *Escherichia coli* останавливается и синтез большинства клеточных белков прак-

тически прекращается. Напротив, синтез некоторых белков холодового шока активизируется, что приводит к накоплению в ходе акклиматизации больших количеств этих белков [6]. Так, белок *CspA* может накапливаться в количестве, достигающем 13% от суммарного белка в бактериальной клетке [7]. Было показано, что делеция генов, кодирующих белки холодового шока, приводит к возникновению у *Escherichia coli* холодочувствительного фенотипа, выражающегося в неспособности бактерий делиться при температуре ниже 20°C, в то время как минимальная температура роста бактерии *Escherichia coli* в норме составляет около 8°C [9; 23; 25].

Структура бактериальных белков холодового шока, в том числе в комплексе с нуклеиновыми кислотами, подробно изучена [12; 14; 21]. Бактериальные белки холодового шока фактически состоят из домена холодового шока – компактной структуры из пяти антипараллельных β -тяжей аминокислотных остатков, образующих укладку типа « β -бочонок». Положительно заряженные и ароматические аминокислотные радикалы, образующие компактный кластер на поверхности домена холодового шока, образованной β -тяжами $\beta 1$, $\beta 2$ и $\beta 3$, способствуют связыванию с нуклеиновыми кислотами за счет ионных вза-

имодельствий, и интеркалируют между азотистыми основаниями, дестабилизируя вторичные структуры в нуклеиновых кислотах [17].

Для белков холодового шока из *Escherichia coli*, а также ряда других микроорганизмов показана способность взаимодействовать с молекулами РНК *in vitro* и *in vivo*, не проявляя существенной специфичности, и приводить к плавлению находящихся в них вторичных структур [19]. Это указывает на функционирование этих белков в качестве положительных регуляторов трансляции, дестабилизирующих вторичные структуры в клеточных мРНК [6]. Продемонстрировано и взаимодействие бактериальных белков холодового шока с ДНК; так, белок CspA *E. coli* связывался с промоторной областью гена *hns* и способствовал взаимодействию с ней РНК-полимеразы, предположительно за счет поддержания этой области в одноцепочечном состоянии [2].

Вышеперечисленные свойства бактериальных белков холодового шока обусловили их применение в биотехнологии. Сверхэкспрессия белков холодового шока в коммерческих штаммах *Lactobacillus* повышала выживаемость бактерий, находящихся в стационарной фазе, а также подвергнутых холодовому шоку или нескольким циклам замораживания-оттаивания [5]. Белки холодового шока прокариот были задействованы в геной инженерии не только бактерий, но и высших растений. Исследования, направленные на изучение возможности использования белков холодового шока для трансформации сельскохозяйственных растений с целью придания им устойчивости к абиотическим стрес-

совым факторам, были проведены на нескольких растениях, включая такие важные сельскохозяйственные культуры, как рис, кукуруза и пшеница.

Экспрессия белков холодового шока CspA из *Escherichia coli* или CspB из бактерии *Bacillus subtilis* приводила к ускорению роста проростков *Arabidopsis thaliana* при пониженной температуре (8°C) [3]. Растения риса, экспрессирующие эти белки, характеризовались повышенной устойчивостью к нескольким абиотическим стрессовым факторам, включая повышенную и пониженную температуру выращивания, а также дефицит влаги (для CspB). Подвергнутые действию вышеперечисленных стрессоров трансгенные растения после периода восстановления росли существенно быстрее и достигали большего размера, чем нетрансгенные растения [3].

Растения кукурузы, трансформированные генами CspA из *Escherichia coli* или CspB из *Bacillus subtilis*, демонстрировали повышенную устойчивость к дефициту влаги в многолетних полевых испытаниях. Трансгенные растения кукурузы характеризовались ускоренным ростом листовых пластинок, повышенным содержанием хлорофилла и большей скоростью фотосинтеза. Эти показатели являются ключевыми в контексте продуктивности растений. Наблюдались увеличение озеренности початков, а также количества початков на одном растении кукурузы и рост урожайности в среднем на 4,6% у растений, экспрессирующих CspA, и на 7,5% у растений, экспрессирующих CspB. Для отдельных трансгенных линий, в которых было зафиксировано наибольшее повышение показателей роста листовых пластинок, содержа-

ния хлорофилла и скорости фотосинтеза, повышение урожайности достигало 20–30%. При этом, положительный эффект трансгена сохранялся вне зависимости от генетического окружения, то есть гибрида кукурузы, который использовался для трансформации. Для того чтобы проверить, в какой степени повышение устойчивости кукурузы к дефициту влаги связано с взаимодействием с нуклеиновыми кислотами, в ген белка CspB из *Bacillus subtilis* была введена точковая мутация, которая приводила к потере белком способности связываться с нуклеиновыми кислотами. Растения кукурузы, экспрессирующие мутантный вариант гена, не демонстрировали повышенной устойчивости к дефициту влаги [3].

Одним из распространенных приемов повышения уровня экспрессии бактериальных генов в растениях является оптимизация нуклеотидного (коонного) состава гена [10; 11]. Аминокислотная последовательность белка при этом не меняется, однако для кодирования аминокислотных остатков выбираются кодоны, которые наиболее часто кодируют эти остатки в генах растения. В одной из работ для трансформации арабидопсиса и мягкой пшеницы использовались гены белков холодового шока CspA и CspB из *Escherichia coli*, кодонный состав которых был оптимизирован для экспрессии в высших растениях. Гены получили обозначения *SeCspA* и *SeCspB* [26].

Трехнедельные растения арабидопсиса демонстрировали существенно более высокую выживаемость после холодовой обработки при -5°C в течение 12 часов (40% против 5% для контрольных растений), а также были

намного менее чувствительны к недельному дефициту влаги, который пережили 92% линий, экспрессирующих *SeCspA*, 80% линий, экспрессирующих *SeCspB*, и лишь 8% контрольных растений. Экспрессия белков *SeCspA* и *SeCspB* в 9-дневных проростках арабидопсиса приводила также и к повышению их солеустойчивости, что выражалось в отсутствии хлороза листьев, а также более быстром росте главного корня в трансгенных растениях по сравнению с контрольными [26].

Трансгенные растения пшеницы, экспрессирующие *SeCspA* и *SeCspB*, также характеризовались более высокой солеустойчивостью, поскольку после двухнедельной обработки 200 мМоль хлорида натрия, которая привела к полному увяданию нетрансгенных растений, трансгенная пшеница в значительной степени сохраняла тургор. Это было особенно заметно для линий, экспрессирующих *SeCspA*. Большая солеустойчивость достигалась благодаря сниженному содержанию ионов Na^{+} внутри клеток трансгенных растений [26].

Экспрессия *SeCspA* повышала также устойчивость растений пшеницы к засухе. Выживаемость недельных проростков трансгенных линий пшеницы в условиях сильного дефицита влаги была в 3 раза выше, чем у контрольных растений (97,6% и 93,3% для *SeCspA* и *SeCspB* соответственно, против 29,2% в контроле). Линии пшеницы, трансформированные *SeCspA*, при недостаточном увлажнении в полевых условиях демонстрировали существенно (до 24,5%) более высокую урожайность по сравнению с нетрансгенными растениями [26].

При этом экспрессия *SeCspA* или *SeCspB* не приводила к увеличению

скорости роста пшеницы при пониженной температуре [26]. Эти экспериментальные данные могут объясняться и условиями постановки опыта, в ходе которого рост растений пшеницы измерялся при температуре -4°C , в то время как минимальной температурой роста этой культуры является $+3-4^{\circ}\text{C}$ даже для морозоустойчивых сортов [1].

Изучение молекулярных механизмов повышения устойчивости пшеницы, экспрессирующей бактериальные белки холодового шока, показало, что увеличение устойчивости может объясняться вовлеченностью этих белков в активацию экспрессии ряда генов, белковые продукты которых ответственны за развитие устойчивости растения к различным стрессовым факторам абиотической природы. Среди них – регуляторные белки TaCDPK3, TaRAB, TaERF3 и TaWRKY2, а также белки неспецифического стрессового ответа TaWD40D, GST, DHN и LEA. Вероятно, бактериальные белки холодового шока способствуют более активной трансляции мРНК этих белков, способствуя их накоплению в клетке и более выраженному защитному ответу [26].

Образование молекулами нуклеиновых кислот прочных вторичных структур может иметь неблагоприятные последствия не только для клеточного метаболизма, но и при проведении всевозможных реакций *in vitro*, приводя к снижению их эффективности и специфичности. Было показано, что белок холодового шока CspA *Escherichia coli* способствует повышению как специфичности, так и эффективности реакции ОТ-ПЦР при амплификации гена «dystrophin 2» человека, длина которого составляет порядка 8 т.п.н. [16]. Кроме того, наличие CspA в реакционной

смеси позволяло снизить температуру проведения реакций, что имеет значение в контексте снижения РНКазной активности в отношении РНК-матриц. CspA также повышал эффективность расщепления молекул РНК специфическими эндорибонуклеазами, действие которых обычно затруднено ввиду наличия в молекулах РНК вторичных структур, скрывающих сайты для этих рибонуклеаз. Во всех случаях присутствие белка с доменом холодового шока позволяло избавиться, по крайней мере частично, от вторичных структур на РНК, сделав их доступными для ферментов. При этом, каких-либо нежелательных взаимодействий между белками холодового шока и ферментами, катализирующими соответствующие реакции, обнаружено не было [16].

Свойство некоторых белков холодового шока накапливаться в клетках при понижении температуры также нашло применение в биотехнологии в целях наработки рекомбинантных белков в бактериях, поскольку синтез целевых белков при низкой температуре может способствовать улучшению их растворимости и стабильности. Разработаны векторы для экспрессии белка в бактериальных клетках на основе промоторной последовательности гена CspA *Escherichia coli* [24]. С использованием нетранслируемых областей мРНК CspA *Escherichia coli* была получена серия экспрессионных векторов pCold, позволяющих получить высокие количества белкового продукта в бактерии *Escherichia coli*. Накопление рекомбинантного белка в бактериальных клетках, которого удавалось добиваться с применением этих векторов, было сопоставимо с таковым для широко применяемого семейства векторов pET [20].

Таким образом, бактериальные белки холодового шока нашли применение в различных сферах научной и производственной деятельности. Особенно перспективным представляется их широкое применение для получения сельскохозяйственных культур, устойчивых к абиотическим стрессам. Бактериальные белки холодового шока являются хорошим примером того, каким образом фундаментальные исследования, начатые два-три десятилетия назад, к настоящему времени приводят к получению практически значимых результатов. Белки, содержащие домен холодового шока, были обнаружены и в высших организмах – как растениях, так и животных [13].

Помимо доменов холодового шока, эти белки, как правило, содержат разнообразными дополнительные аминокислотные последовательности, обычно находящиеся в С-концевой части белковой молекулы. В частности, белки

с доменом холодового шока растений в С-концевой части содержат мотивы «цинковые пальцы» ССНС-типа, разделенные глицин-богатыми участками. Как и их бактериальные аналоги, белки с доменом холодового шока растений взаимодействуют с нуклеиновыми кислотами и принимают участие в повышении устойчивости растений к различным факторам абиотического стресса [22]. Экспрессия некоторых белков с доменом холодового шока приводила к повышению устойчивости модельных растений к неблагоприятным абиотическим факторам, однако требуются более масштабные испытания на сельскохозяйственных культурах, чтобы установить, могут ли белки с доменом холодового шока растений представлять собой перспективный объект сельскохозяйственной биотехнологии.

Статья поступила в редакцию 27.12.2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов П.П., Гриценко В.В., Кузнецов В.С. Растениеводство / 5-е изд. М.: Агропромиздат. 1986. 512 с.
2. Brandi A., Pon C.L., Gualerzi C.O. Interaction of the main cold shock protein CS7. 4 (CspA) of *Escherichia coli* with the promoter region of *hns* // *Biochimie*. 1994. Vol. 76. no 10–11. Pp. 1090–1098.
3. Castiglioni P. et al. Bacterial RNA chaperones confer abiotic stress tolerance in plants and improved grain yield in maize under water-limited conditions // *Plant physiology*. 2008. Vol. 147. no. 2. Pp. 446–455.
4. Cristofari G., Darlix J.L. The ubiquitous nature of RNA chaperone proteins // *Progress in nucleic acid research and molecular biology*. 2002. Vol. 72. Pp. 223–268.
5. Derzelle S. et al. Improved adaptation to cold-shock, stationary-phase, and freezing stresses in *Lactobacillus plantarum* overproducing cold-shock proteins // *Applied and environmental microbiology*. 2003. Vol. 69. no 7. Pp. 4285–4290.
6. Ermolenko D.N., Makhatadze G.I. Bacterial cold-shock proteins // *Cellular and molecular life sciences*. 2002. Vol. 59. no 11. Pp. 1902–1913.
7. Goldstein J., Pollitt N.S., Inouye M. Major cold shock protein of *Escherichia coli* // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1990. Vol. 87. no 1. Pp. 283–287.
8. Golovlev E.L. Bacterial cold shock response at the level of DNA transcription, translation, and chromosome dynamics // *Microbiology*. 2003. Vol. 72. no 1. Pp. 1–7.
9. Gualerzi C.O., Giuliodori A.M., Pon C.L. Transcriptional and post-transcriptional control of cold-shock genes // *Journal of molecular biology*. 2003. Vol. 331. no 3. Pp. 527–539.

10. Koziel M.G., Carozzi N.B., Desai N. Optimizing expression of transgenes with an emphasis on post-transcriptional events // *Plant molecular biology*. 1996. Vol. 32. no 1. Pp. 393–405.
11. Lessard P.A. et al. Manipulating gene expression for the metabolic engineering of plants // *Metabolic Engineering*. 2002. Vol. 4. no 1. Pp. 67–79.
12. Max K.E.A. et al. T-rich DNA single strands bind to a preformed site on the bacterial cold shock protein Bs-CspB // *Journal of molecular biology*. 2006. Vol. 360. no 3. Pp. 702–714.
13. Mihailovich M. et al. Eukaryotic cold shock domain proteins: highly versatile regulators of gene expression // *Bioessays*. 2010. Vol. 32. no 2. Pp. 109–118.
14. Newkirk K. et al. Solution NMR structure of the major cold shock protein (CspA) from *Escherichia coli*: identification of a binding epitope for DNA // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1994. Vol. 91. no 11. Pp. 5114–5118.
15. Panoff J.M. et al. Cold stress responses in mesophilic bacteria // *Cryobiology*. 1998. Vol. 36. no 2. Pp. 75–83.
16. Phadtare S. et al. Applications of nucleic acid chaperone activity of CspA and its homologues // *Journal of molecular microbiology and biotechnology*. 2009. Vol. 17. no 3. Pp. 110–117.
17. Phadtare S., Inouye M., Severinov K. The mechanism of nucleic acid melting by a CspA family protein // *Journal of molecular biology*. 2004. Vol. 337. no 1. Pp. 147–155.
18. Phadtare S., Inouye M. The Cold Shock Response // *EcoSal Plus*. 2008. Vol. 3. Iss. 1. doi:10.1128/ecosalplus.5.4.2
19. Phadtare S., Severinov K. RNA remodeling and gene regulation by cold shock proteins // *RNA biology*. 2010. Vol. 7. no 6. Pp. 788–795.
20. Qing G. et al. Cold-shock induced high-yield protein production in *Escherichia coli* // *Nature biotechnology*. 2004. Vol. 22. no 7. Pp. 877–882.
21. Schindelin H., Marahiel M.A., Heinemann U. Universal nucleic acid-binding domain revealed by crystal structure of the *B. subtilis* major cold-shock protein // *Nature*. 1993. Vol. 364. no 6433. Pp. 164.
22. Sasaki K., Imai R. Pleiotropic roles of cold shock domain proteins in plants // *Frontiers in plant science*. 2012. Vol. 2. Pp. 116.
23. Shaw M.K., Marr A.G., Ingraham J.L. Determination of the minimal temperature for growth of *Escherichia coli* // *Journal of Bacteriology*. 1971. Vol. 105. no 2. Pp. 683–684.
24. Vasina J.A., Baneyx F. Recombinant protein expression at low temperatures under the transcriptional control of the major *Escherichia coli* cold shock promoter *cspA* // *Applied and environmental microbiology*. 1996. Vol. 62. no 4. Pp. 1444–1447.
25. Xia B., Ke H., Inouye M. Acquirement of cold sensitivity by quadruple deletion of the *cspA* family and its suppression by PNPase S1 domain in *Escherichia coli* // *Molecular microbiology*. 2001. Vol. 40. no 1. Pp. 179–188.
26. Yu T.F. et al. Improved drought tolerance in wheat plants overexpressing a synthetic bacterial cold shock protein gene *SeCspA* // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. doi:10.1038/srep44050

REFERENCES

1. Vavilov P.P., Gritsenko V.V., Kuznetsov V.S. *Rasteniievodstvo, 5-e izd* [Crop production/ 5th ed]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986. 512 p.
2. Brandi A., Pon C.L., Gualerzi C.O. Interaction of the main cold shock protein CS7. 4 (CspA) of *Escherichia coli* with the promoter region of *hns*. In: *Biochimie*. 1994. Vol. 76. no 10-11. pp. 1090-1098.
3. Castiglioni P. et al. Bacterial RNA chaperones confer abiotic stress tolerance in plants and improved grain yield in maize under water-limited conditions. In: *Plant physiology*. 2008. Vol. 147. no. 2. pp. 446-455.

4. Cristofari G., Darlix J.L. The ubiquitous nature of RNA chaperone proteins. In: Progress in nucleic acid research and molecular biology. 2002. Vol. 72. pp. 223-268.
5. Derzelle S. et al. Improved adaptation to cold-shock, stationary-phase, and freezing stresses in *Lactobacillus plantarum* overproducing cold-shock proteins. In: Applied and environmental microbiology. 2003. Vol. 69. no 7. pp. 4285-4290.
6. Ermolenko D.N., Makhatadze G.I. Bacterial cold-shock proteins. In: Cellular and molecular life sciences. 2002. Vol. 59. no 11. pp. 1902-1913.
7. Goldstein J., Pollitt N.S., Inouye M. Major cold shock protein of *Escherichia coli*. In: Proceedings of the National Academy of Sciences. 1990. Vol. 87. no 1. pp. 283-287.
8. Golovlev E.L. Bacterial cold shock response at the level of DNA transcription, translation, and chromosome dynamics. In: Microbiology. 2003. Vol. 72. no 1. pp. 1-7.
9. Gualerzi C.O., Giuliodori A.M., Pon C.L. Transcriptional and post-transcriptional control of cold-shock genes. In: Journal of molecular biology. 2003. Vol. 331. no 3. pp. 527-539.
10. Koziel M.G., Carozzi N.B., Desai N. Optimizing expression of transgenes with an emphasis on post-transcriptional events. In: Plant molecular biology. 1996. Vol. 32. no 1. pp. 393-405.
11. Lessard P.A. et al. Manipulating gene expression for the metabolic engineering of plants. In: Metabolic Engineering. 2002. Vol. 4. no 1. pp. 67-79.
12. Max K.E.A. et al. T-rich DNA single strands bind to a preformed site on the bacterial cold shock protein Bs-CspB. In: Journal of molecular biology. 2006. Vol. 360. no 3. pp. 702-714.
13. Mihailovich M. et al. Eukaryotic cold shock domain proteins: highly versatile regulators of gene expression. In: Bioessays. 2010. Vol. 32. no 2. pp. 109-118.
14. Newkirk K. et al. Solution NMR structure of the major cold shock protein (CspA) from *Escherichia coli*: identification of a binding epitope for DNA. In: Proceedings of the National Academy of Sciences. 1994. Vol. 91. no 11. pp. 5114-5118.
15. Panoff J.M. et al. Cold stress responses in mesophilic bacteria. In: Cryobiology. 1998. Vol. 36. no 2. pp. 75-83.
16. Phadtare S. et al. Applications of nucleic acid chaperone activity of CspA and its homologues. In: Journal of molecular microbiology and biotechnology. 2009. Vol. 17. no 3. pp. 110-117.
17. Phadtare S., Inouye M., Severinov K. The mechanism of nucleic acid melting by a CspA family protein. In: Journal of molecular biology. 2004. Vol. 337. no 1. pp. 147-155.
18. Phadtare S., Inouye M. The Cold Shock Response. In: EcoSal Plus. 2008. Vol. 3. Iss. 1. DOI::10.1128/ecosalplus.5.4.2
19. Phadtare S., Severinov K. RNA remodeling and gene regulation by cold shock proteins. In: RNA biology. 2010. Vol. 7. no 6. pp. 788-795.
20. Qing G. et al. Cold-shock induced high-yield protein production in *Escherichia coli*. In: Nature biotechnology. 2004. Vol. 22. no 7. pp. 877-882.
21. Schindelin H., Marahiel M.A., Heinemann U. Universal nucleic acid-binding domain revealed by crystal structure of the *B. subtilis* major cold-shock protein. In: Nature. 1993. Vol. 364. no 6433. pp. 164.
22. Sasaki K., Imai R. Pleiotropic roles of cold shock domain proteins in plants. In: Frontiers in plant science. 2012. Vol. 2. pp. 116.
23. Shaw M.K., Marr A.G., Ingraham J.L. Determination of the minimal temperature for growth of *Escherichia coli*. In: Journal of Bacteriology. 1971. Vol. 105. no 2. pp. 683-684.
24. Vasina J.A., Baneyx F. Recombinant protein expression at low temperatures under the transcriptional control of the major *Escherichia coli* cold shock promoter *cspA*. In: Applied and environmental microbiology. 1996. Vol. 62. no 4. pp. 1444-1447.
25. Xia B., Ke H., Inouye M. Acquirement of cold sensitivity by quadruple deletion of the *cspA* family and its suppression by PNPase S1 domain in *Escherichia coli*. In: Molecular microbiology. 2001. Vol. 40. no 1. pp. 179-188.

26. Yu T.F. et al. Improved drought tolerance in wheat plants overexpressing a synthetic bacterial cold shock protein gene SeCspA. In: Scientific Reports. 2017. Vol. 7. DOI::10.1038/srep44050

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках Государственного Задания ФАНО России (№ 0574-2014-0017).

ACKNOWLEDGMENTS

The work was carried out within the framework of the State Task of the Federal Agency for Scientific Organizations of the Russian Federation (No. 0574-2014-0017).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Злобин Николай Евгеньевич – научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной биотехнологии Российской академии наук;
e-mail: stresslab@yandex.ru

Таранов Василий Васильевич – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной биотехнологии Российской академии наук;
e-mail: v.taranov1@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nikolai E. Zlobin – researcher, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Russian Academy of Sciences;
e-mail: stresslab@yandex.ru

Vasiliy V. Taranov – PhD in biological sciences, head of laboratory, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Russian Academy of Sciences;
e-mail: v.taranov1@gmail.com

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Злобин Н.Е., Таранов В.В. Применение бактериальных белков холодового шока в биотехнологии // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 1. С. 86-94
DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-86-94

FOR CITATION

Zlobin N. E., Taranov V. V. Application of bacterial cold shock proteins in biotechnology. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences*, 2018, no. 1, pp. 86-94
DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-86-94

УДК 595.789

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-95-118

ФОРМИРОВАНИЕ КРАСНЫХ СПИСКОВ ЕВРОПЕЙСКИХ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA: HESPERIOIDEA ET PAPILIONOIDEA): ПРОБЛЕМЫ КРИТЕРИЕВ И ИНТЕГРАЦИИ РОССИЙСКИХ ЭКОЛОГО-ФАУНИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Моргун Д.В.*Московский центр экологии, краеведения и туризма**117303, г. Москва, Одесская ул., 12А, Российская Федерация*

Аннотация. В статье обсуждаются методы и критерии формирования Красной книги бабочек Европы и красных списков охраняемых чешуекрылых. Статус видов определяется в соответствии с категориями Species of European Conservation Concern, учитывающими международный и европейский статус охраны, а также соотношение всемирного и европейского ареалов. Классифицированы наиболее значимые факторы угрозы численности европейским чешуекрылым. В рамках стратегии охраны чешуекрылых рассматриваются вопросы управления и охраны среды их обитания, влияние изменение климата, разработки биоиндикационного списка европейских чешуекрылых. Рассматриваются выделенные европейскими энтомологами «ключевые территории» для европейских чешуекрылых. Фаунистическая информация о булавоусых чешуекрылых в Европейской России практически не учитывается в Красных списках европейских бабочек, в статье обсуждаются возможности интеграции этих данных.

Ключевые слова. Булавоусые чешуекрылые, Красная книга, Европа.

RED LISTS OF EUROPEAN BUTTERFLIES (LEPIDOPTERA: HESPERIOIDEA ET PAPILIONOIDEA): PROBLEMS OF CRITERIA AND INTEGRATION OF RUSSIAN ECOLOGICAL AND FAUNAL DATA

Morgun D.V.*Moscow Centre of Ecology, Regional Research and Tourism**Odesskaya ul. 12A, 117303 Moscow, Russia*

Abstract. The methods and criteria used in the Red Book and European butterfly red lists are discussed and the status of European butterfly species is assessed. The status is identified due to the Species of European Conservation Concern, divided into four categories depending on their global conservation status, their European Threat Status and the proportion of their world range in Europe. The most important threats to European butterflies are ranged. Within the conservation strategy, habitat protection and management, climate change and development of the European butterfly indicators are considered. The Prime Butterfly Areas of Europe identified by European entomologists are discussed. The European Russia faunistic data is not entirely included in recent red butterfly lists and the solution of this problem is discussed.

Key words: butterflies, Red Lists, Europe.

Первый обзор, посвященный сокращающимся в численности и находящимся под угрозой исчезновения европейским булавоусым чешуекрылым, или дневным бабочкам (Lepidoptera: Hesperioidea et Papilionoidea) был опубликован в 1981 г. Джоном Хитом [14]. В этом обзоре была использована информация, проанализированная на основе данных из 23 европейских стран. С того времени стала доступна новая информация из обзоров и картографических схем распространения чешуекрылых во многих странах. В 90-е годы стало очевидно, что необходимо обновление списка охраняемых чешуекрылых, аналитического рассмотрения комплекса современных факторов, влияющих на динамику их численности, чтобы определить приоритеты и эффективную стратегию охраны этой специфичной группы насекомых.

В 1997 г. Совет Европы обратился к Крису Ван Свэю из датского Общества охраны бабочек и Мартину Уоренну из Общества охраны бабочек в Великобритании с запросом нового обзора, в котором был бы отражен современный статус европейских чешуекрылых (во всех странах и территориях, которые относятся к Совету Европы, включая Мадейру, Азорские и Канарские острова, а также в Турции и европейской части России). Целью обзора была оценка угрозы исчезновения всех видов бабочек, распространенных в Европе, и выработка критериев охраны европейских чешуекрылых.

Данные в работе Ван Свэя и Уоррена [32] были впервые сопоставлены на основе полученных ответов из опросников, которые были распространены среди специалистов во всех европейских странах. Эти данные, часто

очень подробные, основаны на работе в экспедициях, проведенных сотнями и тысячами специалистов и любителей-лепидоптерологов в течение многих лет. С помощью этих опросников были собраны данные по всем видам, распространенным в каждой стране, и распределены по трем категориям: современное распределение видов; тенденции за последние 25 лет; основная среда обитания видов (по классификации CORINE).

Виды, достигшие своих естественных границ в Европе, возможно, образовавшие только временные популяции, рассматривались пограничными в Европе и были исключены из обзора. Для всех остальных видов был рассчитан их класс распространения в Европе и тенденция их распространения по всему континенту, учитывая особенности этого процесса в каждой стране. Чтобы определить статус угрозы вымирания, необходимо было выявить различие между видами, распространенными в Европе и в остальном мире.

Для видов, распространенных в Европе, можно применить критерии МСОП 1994, так как европейский статус отражает их всемирный статус. Основное различие заключается в том, что данные о тенденции изменения популяций бабочек более доступны в последние 25 лет, чем в десятилетний период, рассматриваемый МСОП. Другой проблемой является то, что критерий МСОП, отражающий тенденции изменения размеров популяции, для европейских чешуекрылых почти всегда использует относительные данные. Однако для многих видов недооценили уменьшение популяции, в среднем на 32% по шкале на карте 10×10 км [26], по данным, полученным

методом сеточных ячеек (так называемый UTM).

Для видов, распространенных также за пределами Европы, критерии МСОП 1994 г. нельзя применить для оценки глобальной угрозы, так как нет доступной информации о динамике их численности и распространении за пределами Европы. Поэтому авторами данные критерии были адаптированы для европейского уровня. С помощью собранных данных было относительно просто применить критерии МСОП для скорости дигрессии популяций чешуекрылых, но значительно труднее было интерпретировать другой критерий – редкости (rarity). Поэтому авторы предпочли сосредоточиться на тенденции и включить данный критерий только для тех видов, которые встречаются в Европе менее чем на 1% ее площади.

Со времени издания Красной книги Европы МСОП опубликовал новые критерии [15] и рекомендации для региональных «красных» списков. Пока эти новые критерии применяются в соответствии с национальной или местной, а не европейской шкалой [33]. Вследствие того, что критерии МСОП основывались на оценке скорости уменьшения численности и оценке риска вымирания, а также на оценке количества редко встречаемых видов, в настоящее время вырабатывают другие, более эффективные критерии, основанные на более субъективных и менее точных оценках. Критерии МСОП 1994 г. считают предпочтительными по сравнению с предыдущими версиями для оценки приоритетов охраны европейских чешуекрылых. Эти критерии успешно адаптировались и применялись в Великобритании [41], Фландрии (север Бельгии) и Нидерландах [17].

В 2010 г. под эгидой МСОП и Организацией (обществом) охраны чешуекрылых Европы был опубликован Европейский Красный список чешуекрылых [34]. В Красном списке использованы критерии МСОП, всего 9 категорий по возрастающему риску вымирания (от статуса Least Concern до Extinct). При этом данные региональных Красных книг субъектов Российской Федерации, а также списки чешуекрылых Красной книги России практически не учтены в связи с несоответствием критериев и оценок статуса видов.

Для составления Красного списка Европы были проведены исследования, в результате которых оценили статус 576 видов бабочек, обитающих в Европе [35]: 19 видов бабочек, обитающих только в Европе, находятся под угрозой (табл. 1). Большинство видов имеет очень ограниченное распространение, в настоящее время населяя менее 1% площади Европы. Два исключения – это *Pyrgus cirsii* и *Maculinea rebeli*. Первый вид очень трудно отличить от родственных видов, он в основном распространен в южной Франции, Испании и Португалии. Таксономический статус *Maculinea rebeli* подробно обсуждали и в последних публикациях предположили, что он конспецифичен *M. alcon*, имея лишь ряд экологических отличий [3], но во время публикации Красной книги его рассматривали как отдельный вид. Кроме того, многие виды, попавшие в этот список, распространены исключительно в горных областях Европы (например, виды *Plebeius* и *Erebia*) или в атлантических архипелагах (виды *Hipparchia* и *Pieris*).

Таблица 1

Европейские бабочки, находящиеся под угрозой в мире [35]

Виды	Всемирный статус под угрозой вымирания ^a	Класс распространения ^b	Класс тенденций ^c	Охранный статус (SPEC) ^d
<i>Pyrgus cirsii</i>	VU	1-5%	Уменьшение 20–50%	1
<i>Zerynthia caucasica</i>	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	1
<i>Pieris wollastoni</i>	CR	<1%	Уменьшение 80–100%	1
<i>Pieris cheiranthi</i>	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	1
<i>Gonepteryx maderensis</i>	EN	<1%	Неизвестен	1
<i>Lycaena ottomanus</i>	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	1
<i>Maculinea rebeli</i>	VU	1-5%	Уменьшение 20–50%	1
<i>Plebeius trappi</i>	VU	<1%	Неизвестен	1
<i>Plebeius hesperica</i>	VU	1-5%	Уменьшение 20–50%	1
<i>Polyommatus humedasaе</i>	EN	<1%	Неизвестен	1
<i>Polyommatus dama</i>	EN	<1%	Уменьшение 50–80%	1
<i>Erebia christi</i>	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	1
<i>Erebia sudetica</i>	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	1
<i>Erebia epistygne</i>	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	1
<i>Hipparchia maderensis</i>	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	1
<i>Hipparchia azorina</i>	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	1
<i>Hipparchia occidentalis</i>	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	1
<i>Hipparchia miguelensis</i>	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	1
<i>Pseudochazara euxina</i>	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	1

^aВсемирный статус под угрозой вымирания: CR – в критической опасности; EN – в опасности; VU – в уязвимом положении.

^bКласс распространения: часть (%) площади Европы, разделенная на пять классов; имеются данные о видах после 1980 г.

^cКласс тенденций: изменения в распространении видов между 1970 и 1995 гг.

^dОхранный статус (SPEC): зависит от угрозы вымирания и доли Европы в мировом рейтинге. SPEC1 – всемирный статус охраны: виды распространены исключительно в Европе и рассматриваются в Европе под угрозой вымирания.

Для почти всех видов-эндемиков спад в распространении стал очевиден за последние 25 лет, их сохранение в Европе стало главным приоритетом. Наименьшие площади ареала в европейском масштабе имеют *Gonepteryx maderensis*, *Plebeius trappi* и *Polyommatus humedasaе*. Четыре европейских эндемика (*Pyrgus cinarae*, *Pararge xiphia*, *Erebia melas* и *Hipparchia mersina*) классифицируют как близкие к уязвимому положению. Их ареал занимает <1% площади Европы, и их численность

снижается на 15–20 % в течение последних 25 лет. Это первые виды, которые потенциально станут уязвимыми.

Ниже представлены (табл. 2) виды бабочек, находящихся под угрозой, которые встречаются как в Европе, так и за ее пределами. Красная книга насчитывает почти 40 видов, которые считаются близкими к уязвимому положению (табл. 3). Они в ближайшее десятилетие могут перейти в категорию уязвимых, если не будут предприняты меры для их сохранения.

Таблица 2

**Чешуекрылые, распространенные в Европе и за ее пределами
и находящиеся под угрозой исчезновения [35]**

Европейский статус угрозы					
Виды	Данные Красной книги	Всемирные критерии ^a	Класс распространения в Европе ^b	Класс тенденций в Европе ^c	Европейский охранный статус (SPEC) ^d
<i>Spialia osthelderi</i>	CR	EN	<1%	Уменьшение 50–80%	3
<i>Muschampia proteides</i>	EN	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Pyrgus centaureae</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Thymelicus action</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	2
<i>Archon apollinus</i>	EN	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Archon apollinaris</i>	EN	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Parnassius phoebus</i>	VU	LR (nt)	<1%	Уменьшение 15–20%	3
<i>Parnassius apollo</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Leptidea morsei</i>	CR	EN	<1%	Уменьшение 50–80%	3
<i>Antocharis damone</i>	VU	LR (nt)	<1%	Уменьшение 15–20%	3
<i>Euchloe simplonia</i>	EN	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Colias tyche</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Colias hecla</i>	VU	VU	1–5%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Colia smyrnidone</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	2
<i>Colias chrysotheme</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Lycaena helle</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Tomares ballus</i>	VU	VU	1–5%	Уменьшение 20–50%	2
<i>Tomares nogelii</i>	EN	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	2
<i>Tomares callimachus</i>	EN	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	2
<i>Neolycaena rhymnus</i>	EN	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Pseudophilotes vicrama</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Pseudophilotes bavius</i>	EN	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Scolitantides orion</i>	VU	VU	>15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Glauopsyche alexis</i>	VU	VU	>15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Maculinea arion</i>	EN	EN	5–15%	Уменьшение 50–80%	3
<i>Maculinea teleius</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Maculinea nausithous</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Maculinea alcon</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Polyommatus (eros) eroides</i>	CR	EN	<1%	Уменьшение 50–80%	3
<i>Polyommatus poseidon</i>	EN	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Polyommatus damone</i>	VU	VU	1–5%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Boloria titania</i>	VU	VU	1–5%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Boloria thore</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Boloria frigga</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Nymphalis xanthomelas</i>	VU	VU	1–5%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Nymphalis vaualbum</i>	EN	EN	1–5%	Уменьшение 50–80%	3
<i>Euphydryas intermedia</i>	EN	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Euphydryas maturna</i>	VU	VU	1–5%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Euphydryas aurinia</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Euphydryas orientalis</i>	CR	CR	<1%	Уменьшение 80–100%	3
<i>Melitaea aetherie</i>	EN	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Melitaea aurelia</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Melitaea britomartis</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Lopinga achine</i>	VU	VU	>15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Coenonympha tullia</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Coenonympha oedippus</i>	CR	CR	1–5%	Уменьшение 80–100%	3

Окончание таблицы 2

Европейский статус угрозы					
Виды	Данные Красной книги	Всемирные критерии ^a	Класс распространения в Европе ^b	Класс тенденций в Европе ^c	Европейский охранный статус (SPEC) ^d
<i>Coenonympha hero</i>	VU	VU	>15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Triphysa phryne</i>	CR	CR	<1%	Уменьшение 80–100%	3
<i>Erebia embla</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Erebia medusa</i>	VU	VU	5–15%	Уменьшение 20–50%	3
<i>Melanargia titea</i>	EN	VU	<1%	Уменьшение 20–50%	3

^aВсемирный статус под угрозой вымирания: CR, в критической опасности; EN, в опасности; VU, в уязвимом положении; LR (nt), риск мал, близки к уязвимому положению.

^bКласс распространения: часть (%) поверхности Европы, разделенная на пять классов, имеют-ся данные о видах после 1980 года.

^cКласс тенденций: изменения в распространении видов между 1970 и 1995 гг.

^dОхранный статус (SPEC): зависит от угрозы вымирания и доли Европы в мировом рейтинге. SPEC 2, виды сконцентрированы в Европе и рассматриваются в Европе под угрозой вымирания, SPEC 3, виды, распространенные в Европе и за ее пределами, и рассматриваются в Европе под угрозой вымирания.

Таблица 3

39 видов бабочек, которые встречаются также за пределами Европы и являются близкими к уязвимому положению в соответствии с данными Красной книги [35]

<i>Erynnis marloyi</i>	<i>Colias palaeno</i>	<i>Polyommatus damon</i>
<i>Spialia phlomidis</i>	<i>Hamearis lucina</i>	<i>Boloria chariclea</i>
<i>Muschampia poggei</i>	<i>Lycaena virgaureae</i>	<i>Boloria improba</i>
<i>Muschampia cribellum</i>	<i>Lycaena hippothoe</i>	<i>Neptis Sappho</i>
<i>Pyrgus onopordi</i>	<i>Lycaena candens</i>	<i>Apatura metis</i>
<i>Thymelicus novus</i>	<i>Satyrrium ledereri</i>	<i>Erebia aethiops</i>
<i>Gegenes pumilio</i>	<i>Tarucus theophrastus</i>	<i>Erebia Polaris</i>
<i>Pelopidas thrax</i>	<i>Tarucus balkanica</i>	<i>Erebia ottoman</i>
<i>Allancastris cerisy</i>	<i>Zizeeria knysna</i>	<i>Melanargia hylata</i>
<i>Euchloe belemia</i>	<i>Cupido lorquini</i>	<i>Hipparchia pellucida</i>
<i>Elphinstonia charlonia</i>	<i>Pseudophilotes abencerragus</i>	<i>Pseudochazara geyeri</i>
<i>Elphinstonia penia</i>	<i>Plebeius argyrognomon</i>	<i>Oeneis bore</i>
<i>Pieris krueperi</i>	<i>Polyommatus eros</i>	<i>Oeneis jutta</i>

Если применить подход МСОП (2003 г.) к региональным данным, собранным в Красной книге, и использовать международные критерии, неизменные для видов, встречающихся в Европе и мире, то снижается статус угрозы исчезновения для видов, при-

веденных в табл. 2. В этих оценках не было учтено понижение на один класс в соответствии с рекомендациями МСОП (2003 г.), если популяции вне региона могут влиять на риск вымирания европейских видов. Если этот подход применить к списку в табл. 2,

то колонки со значением CR превратились бы в статусы EN, EN в VU и VU в LR (nt), оставляя только девять видов как находящихся под угрозой вымирания в Европе. Однако если всемирные критерии оставить неизменными, то только два вида (*Parnassius phoebus* и *Anthocharis damone*, оба первоначально классифицированы как уязвимые) станут близкими к уязвимому положению.

В Красном списке европейских бабочек [34] 8,5% всей европейской лепидоптерофауны признаны находящимися под угрозой исчезновения. При этом проанализированы 435 видов, распространенных в Европе, и не учтены виды, обозначенные как «заселившиеся или виды пограничных территорий». Необходимо отметить, что в этот перечень не вошли многие виды европейских частей России и Казахстана, географически распространенные в Европе и являющиеся редкими или эндемичными – это виды Урала, Северного Кавказа, Северного Прикаспия, Нижнего Поволжья. Так, среди таких видов – эндемик Северного Прикаспия, мало изученный и крайне малочисленный вид *Pseudophilotes rapore*, требующий охраны в европейской части Казахстана. После почти 150-летнего перерыва он в начале 2000-ых гг. был повторно обнаружен в солончаковых полупустынях, причем западнее своего прежнего местонахождения [20].

Включения в Красный список, вероятно, требуют также такие редкие таксоны, как

– эндемик Новой Земли *Colias nastes zemblica*, известная по единичным находкам спустя полуторавековой перерыв на малодоступном арктическом

архипелаге [1]; – редкие уральские таксоны, находящиеся на западной окраине ареала – *Erebia fasciata*, *E. discoidalis*, *E. jeniseiensis*, *E. dabanensis olshvangi*, *E. cyclopius*, *Oeneis magna pupavkini*, *Oeneis melissa karae*, *Lopinga deidamia* и др.;

– виды степного пояса, также находящиеся на западной границе распространения и представленные локальными малочисленными популяциями в Восточной Европе – *Pseudochazara hippolyte*, *Polyommatus cyane*;

– эндемики Волжско-Уральского региона, приуроченные к горно-степным формациям, меловым степям – *Callophrys butlerovi*, *Agrodiaetus damocles*;

– локальные пустынные виды на западной границе ареала, известные по единичным находкам или представленные малочисленными популяциями – *Praephilotes anthracias*, *Microzegrus pyrothoe*, *Hyponephele huebneri*;

– комплекс эндемичных таксонов высокогорий Северного Кавказа (*Parnassius nordmanni*, *Boloria eunomia exspectata*, *Aricia teberdina*, *Polyommatus eros tschetverikovi*, *P. e. meoticus* и т.д.);

– комплекс видов аридных гор Внутреннего и Высокогорного Дагестана – элементы восточно-средиземноморской, переднеазиатской и гиркано-иранской фауны (*Satyrus amasinus*, *Hipparchia syriaca*, *Thaleropsis ionia*, *Armenia ledereri* и др.), а также эндемики Восточного Кавказа (*Turanana mystica*, *Colias aurorina daghestanica*, *Agrodiaetus daghestanicus*, *Pseudochazara tamurra nukatli* и др.).

Целью оценки статуса чешуекрылых является выявление «приоритетных» видов, которых нужно сохранить в соответствии с европейской шкалой, следуя концепции, использованной для птиц Такером и Хисом [31]. Эти

бабочки названы видами Европейской охранной организации (Species of European Conservation Concern, SPECs) и подразделяются на четыре категории в зависимости от их всемирного охранного статуса, европейского статуса угрозы исчезновения и доли их европейского ареала в общемировом.

SPEC 1. Виды, которые нужно сохранить в глобальном масштабе, потому что они распространены только в Европе, и вероятно, что они находятся под угрозой исчезновения (в критической опасности – CR, в опасности – EN и в положении, близком к уязвимому – VU).

SPEC 2. Виды, ареал распространения которых расположен преимущественно в Европе, находящиеся под угрозой исчезновения в Европе (в критической опасности – CR, в опасности – EN и в положении, близком к уязвимому – VU).

SPEC 3. Виды, ареал распространения которых расположен преимущественно вне Европы, находящиеся под угрозой исчезновения в Европе (в критической опасности – CR, в опасности – EN и в положении, близком к уязвимому – VU).

SPEC 4. (4a) Виды, распространены только в пределах Европы, но не находящиеся под угрозой вымирания. (4b) Виды, распространение которых не ограничено Европой, но которые не находятся под угрозой исчезновения ни в мире, ни в Европе.

19 видов SPEC 1 – те же самые, что и виды, находящиеся под угрозой исчезновения, из списка в табл. 1. Из 52 видов в табл. 2 пять считают видами SPEC 2, так как их распространение – преимущественно в Европе, и считают, что они находятся под угрозой исчезновения в Европе: *Thymelicus ac-*

teon, *Colias myrmidone*, *Tomares ballus*, *Tomares nogelli* и *Tomares callimachus*. Остальные виды в табл. 2 рассматривают как виды SPEC 3, так как они распространены как в Европе, так и за ее пределами.

Охранный статус других 170 видов рассматривают как SPEC 4a (европейские эндемики, не находящиеся под угрозой вымирания) и 33 вида SPEC 4b (виды, сконцентрированные в Европе, но не находящиеся под угрозой вымирания в Европе). И только один из видов категории малого риска LR(nt) в табл. 3 считают видом SPEC 4b – это *Polyommatus eros*. При подсчете общего количества видов и видов категорий SPEC на страну и на биотоп (по классификации CORINE), указанные в полученных от специалистов и любителей из разных стран списках, стало возможным определить, какие страны несут наибольшую ответственность за сохранение чешуекрылых в Европе.

Большинство стран с большим разнообразием видов (больше, чем 200 видов) расположены в Средиземноморском регионе (Италия, Франция, Греция, Испания, Балканские государства) и на востоке (азиатская часть Турции, европейская часть России, Украина и Болгария). В большинстве стран Центральной Европы, некоторых из стран Средиземноморья и в Швеции встречаются от 100 до 200 видов, в то время как в других странах (расположенных в основном в Западной и Северной Европе) встречаются менее 100 видов [5; 6]. На островных территориях (например, Азорские острова и Мадейра) встречается небольшое количество видов, но относительно высокое число их подпадают под Европейский охранный статус.

Абсолютное количество видов SPEC 1–3 в каждой стране представлено в табл. 4. Все европейские страны (кроме Мальты) имеют в своей лепидоптерофауне виды категорий SPEC 1–3 и поэтому все они несут ответственность за их сохранение. Количество видов, находящихся под угрозой исчезновения, в основном уменьшается при продвижении с востока к западу и из центра Европы по направлению к северу и югу. Самое большое число видов, находящихся под угрозой вымирания, распространено в России (40), Украине (34) и в азиатской части Турции (31). Меньшее число видов SPEC 1–3 (21–30) встречается в центральной части Европы (от Беларуси и Румынии до Франции и Италии). В двух больших регионах (закавказские республики и

Греция, Скандинавские и Балтийские страны) вместе с Испанией и Бельгией встречаются от 10 до 20 видов SPEC 1–3. Во всех других странах (почти все северо-западные европейские страны, а также Португалия, Молдавия и Кипр) встречено менее 10 видов SPEC 1–3.

Эта статистика подчеркивает большое значение азиатской части Турции, которая отличается высоким биоразнообразием. Очевидно, большое количество видов SPEC 1–3 в европейской части России, Украине и азиатской части Турции соответствуют большому размеру регионов и ландшафтному разнообразию. Хотя на Азорских островах и Мадейре находят мало видов SPEC 1–3, эти острова имеют большое значение для нескольких эндемиков SPEC 1.

Таблица 4

Общее число видов (из 576) и число категорий SPECs (европейские виды, нуждающиеся в преимущественной охране) для каждой страны

Страна	Категория SPEC			Число видов SPEC 1–3 (% всех видов)	Категория SPEC		Число видов SPEC 1–4	Общее число видов
	1	2	3		4a	4b		
Албания	1	1	12	14 (8,0%)	20	13	47	176
Андорра	2	1	4	7 (5,2%)	22	15	44	135
Австрия	2	2	25	29 (14,9%)	36	11	76	195
Беларусь	-	1	25	26 (20,3%)	2	5	33	128
Бельгия	1	1	12	14 (13,2%)	3	7	24	106
Босния	1	2	14	17 (9,1%)	23	14	54	187
Болгария	2	2	15	19 (9,3%)	28	13	60	205
Хорватия	1	2	18	21 (11,4%)	16	14	51	184
Кипр	-	1	1	2 (4,7%)	2	1	5	43
Чехия	2	2	22	26 (17,2%)	6	9	41	151
Дания	-	-	5	5 (7,4%)	1	2	8	68
Эстония	-	-	14	14 (14,1%)	1	2	17	99
Македония	1	1	12	14 (7,0%)	26	14	54	201
Финляндия	-	-	17	17 (17,2%)	4	-	21	99
Франция	4	2	20	26 (11,1%)	53	22	101	235
Германия	2	2	23	27 (15,2%)	25	11	63	178
Греция	1	1	14	16 (7,0%)	37	13	66	229

Окончание таблицы 4

Страна	Категория SPEC			Число видов SPEC 1–3 (% всех видов)	Категория SPEC		Число видов SPEC 1–4	Общее число видов
	1	2	3		4a	4b		
Венгрия	2	2	20	24 (15,3%)	4	12	40	157
Ирландия	-	-	2	2 (6,9%)	2	1	5	29
Италия	5	1	22	28 (10,9%)	65	19	112	257
Латвия	-	-	16	16 (14,7%)	1	3	20	109
Лихтенштейн	1	-	12	13 (11,6%)	21	5	39	112
Литва	-	-	14	14 (12,4%)	2	4	20	113
Люксембург	-	1	9	10 (10,5%)	3	6	19	95
Мальта	-	-	-	0 (0%)	-	-	0	18
Молдова	-	1	6	7 (8,6%)	1	5	13	81
Черногория и Сербия	1	2	16	19 (9,3%)	26	14	59	205
Нидерланды	-	1	7	8 (11,4%)	1	3	12	70
Норвегия	-	-	12	12 (12,9%)	3	1	16	93
Польша	2	2	21	25 (16,7%)	8	8	41	150
Португалия	1	2	3	6 (5,2%)	9	13	28	116
Азорские острова	3	-	-	3 (33,3%)	-	-	3	9
Мадейра	3	-	-	3 (17,6%)	1	-	4	17
Румыния	1	3	22	26 (14,5%)	13	12	51	179
Россия (европейская часть)	2	3	35	40 (16,6%)	13	10	63	241
Словакия	1	2	24	27 (16,2%)	9	12	48	167
Словения	2	2	22	26 (14,4%)	19	12	57	180
Испания	4	2	10	16 (7,3%)	40	23	79	218
Канарские острова	1	1	-	2 (7,1%)	7	1	10	28
Швеция	-	-	18	18 (16,8%)	4	2	24	107
Швейцария	5	1	21	27 (14,1%)	35	13	75	192
Турция (азиатская часть)	4	3	24	31 (9,3%)	62	21	114	334
Турция (европейская часть)	-	1	9	10 (7,7%)	6	10	26	130
Украина	1	4	29	34 (16,4%)	21	11	66	207
Великобритания	-	1	3	4 (6,8%)	3	3	10	59

Составление Красных списков чешуекрылых и управление средней обитания: европейский опыт

Данные о предполагаемых факторах дигрессии популяций европейских

чешуекрылых были собраны только для видов SPEC 1–3, находящихся под угрозой исчезновения (табл. 5). Наибольшая угроза исходит от сельскохозяйственной деятельности, которая

влияет почти на 90% видов, находящихся под угрозой вымирания. Эта угроза охватывает широкий спектр деятельности, включающей превращение неводеланных ранее лугов в пахотные угодья, удобрение лугов, мелиоративных работ. Увеличение использования гербицидов и пестицидов в фермерских хозяйствах также является серьезной проблемой для бабочек (влияет на 80% видов, находящихся под угрозой вымирания), особенно в некоторых восточноевропейских странах. Развитие строительства дорог, зданий и разработка месторождений полезных ископаемых также является серьезной проблемой (влияет на 80% видов, находящихся под угрозой вымирания). В сокращения территории, обеспечивающей безбарьерный репродуктивный обмен популяций, вырастает угроза от последующей изоляции и фрагментации среды обитания, которая теперь уже влияет на 87% видов, находящихся под угрозой вымирания.

Возможно, второй основной угрозой является заброшенность сельскохозяйственных земель и изменение стратегии природопользования – управления средой обитания. Полагают, что это влияет на 65% видов,

находящихся под угрозой вымирания, и является симптомом повсеместного прекращения традиционного ведения фермерского хозяйства, которое, как известно, имеет негативное влияние на биоразнообразие [31; 24]. Примерами изменения управления является прекращение покоса влажных лугов и заброшенность пастбищ. Осушение влажных земель также является серьезной проблемой для многих видов, как и для видов, обитающих на болотах и влажных пустошах (*Pyrgus centaureae*, *Boloria frigga* и *Coenonympha tullia*).

Аналогичные проблемы касаются лесных экосистем, они влияют на 63% видов, находящихся под угрозой вымирания. Это одна из основных проблем в западных странах в течение многих лет [42], но она, очевидно, становится широко распространенной европейской проблемой. Лесонасаждение безлесных территорий также становится угрозой для многих видов, особенно тех, которые плохо размножаются, таких, как *Parnassius apollo*, приуроченный на равнине к опушечным стациям с низкорослой ксероморфной растительностью, как правило, на песчаных почвах.

Таблица 5

Основные лимитирующие факторы для чешуекрылых, находящихся под угрозой вымирания в Европе

Угрозы	Число видов	Средняя степень угрозы ^a
Сельскохозяйственная деятельность	63	2,1
Изоляция и фрагментация среды обитания	62	2,1
Развитие строительства (дорог, зданий и разработка месторождений полезных ископаемых)	58	1,8
Химические загрязнения (гербициды и пестициды)	55	1,8

Окончание таблицы 5

Угрозы	Число видов	Средняя степень угрозы ^a
Лесонасаждение безлесных ареалов	53	1,9
Рекреационная нагрузка	48	1,8
Заброшенность сельскохозяйственных угодий	46	2,1
Коллекционирование, сбор чешуекрылых	46	1,4
Вырубание лесов	45	2,1
Заброшенность и изменение управления лесными угодьями	45	1,9
Климатические изменения	45	1,7
Освоение целинных земель/прибрежной полосы	41	2,1
Естественные экологические изменения, сукцессионные процессы	37	1,8
Осушение земель	33	2,2

^a Средняя степень угрозы: 1 = низкая, 2 = средняя, 3 = высокая

Исходя из данных, коллекционирование чешуекрылых не является одной из важнейших угроз их численности. Однако очевидно, что ряд видов действительно находятся под угрозой вымирания вследствие их особой ценности как объектов коллекционирования (*Parnassius apollo*, *Polyommatus humedasaе*, *Euphydryas maturna* и *Coenonympha oedippus*). В то же время на снижение их численности существенно влияют потеря среды обитания, естественные сукцессионные процессы и изменение управления средой обитания.

Климатические изменения также являются потенциальной угрозой для некоторых видов, особенно для некоторых горных эндемиков, которые встречаются в биотопах, находящихся в уязвимом положении, и которые очень ограничены возможностями к адаптации к климатическим изменениям. Одно из последних исследований [43] показывает, что отрицательный эффект климатических изменений может быть больше, чем ожидалось. Так, одним из последствий климатических изменений в последние годы является сокращение площади ледников в не-

которых горных системах Европы, что отчасти обуславливает сокращение численности видов, встречающихся в альпийском высокогорье в непосредственной близости от гляциальной зоны.

Курс преобразований в европейском сельском и лесном хозяйстве поддерживают многие организации, например такие, как Организация управления сельскохозяйственной средой. Хотя программы, созданные при таком управлении, составляют незначительную часть сельскохозяйственного бюджета, у них есть потенциал уменьшить отрицательные тенденции. Однако нужны более глубокие реформы в сельскохозяйственной политике [31; 24].

В прошлом сохранением бабочек, находящихся под угрозой вымирания, не занимались на национальном уровне, и общеевропейской координации действий не было. Касается этого вопроса только Конвенция Совета Европы о сохранении дикой природы и естественной среды обитания, известная как Бернская конвенция. Конвенция состоит из четырех приложений

со списками видов, которую подписывают стороны, несущие ответственность за меры по защите среды обитания и видов, которые ее населяют. Двадцать один вид бабочек внесен в списки Бернской конвенции, и многие страны используют их для создания своего собственного законодательства. Эти списки использовались, чтобы определить виды, обитающие в Европе, и создать указатели видов, что приводит к более качественной защите среды обитания. Однако применение Бернской конвенции государствами не общепринято, и несколько стран ее не ратифицировали. Итак, теперь широко известно, что виды, отобранные для этих приложений, не отражают реальный статус угрозы для бабочек в Европе, и что нужен современный список, основанный на объективных критериях. Европейская Красная книга подтверждает основание для такого пересмотра.

Продолжение быстрого сокращения биоразнообразия чешуекрылых отмечено в Красной книге, и недостатки существующего законодательства показали, что срочно необходима новая и более сложная стратегия по охране бабочек. Согласно мнению Ван Свэя и соавторов [35], охрана чешуекрылых является одним из природоохранных приоритетов в странах Евросоюза, при этом очень мало внимания уделяется проблеме в других европейских странах, за исключением Швейцарии и Норвегии.

Законодательство может сыграть решающую роль в сохранении европейских чешуекрылых, обеспечивая защиту и разумное управление их средой обитания. Согласно мнению Ван Свэя и соавторов [35], запрещение

коллекционирования не является эффективным путем сохранения бабочек и может даже перестать быть результативным, так как это мешает исследованию бабочек любителями.

Разные списки и приложения существующего законодательства должны быть обновлены при первой возможности, используя новые приоритеты, указанные в Красной книге. В Бернскую конвенцию следует добавить европейские эндемики, находящиеся под угрозой вымирания (SPEC 1), и все вымирающие, находящиеся в критической опасности в или за пределами Европы (SPEC 2 и 3). Отдельным странам следует регистрировать виды, находящиеся под угрозой вымирания в Европе, внося поправки в региональное законодательство, так, чтобы учитывать как международные, так и региональные приоритеты.

Директива Евросоюза по охране среды обитания и видов несомненно улучшает ситуацию в Евросоюзе, но обеспечение выполнения директивы очень медленно проходит в некоторых государствах и несвоевременно – в других. Опыт Великобритании, Нидерландов и Фландрии (северной Бельгии) показал, что виды продолжают исчезать из своих привычных мест обитания часто потому, что они слишком маленькие и изолированные [27; 28; 46; 18]. При этом подчеркивается, что защищать следует как ландшафт в целом, так и отдельные локальные участки [28; 44].

Следующий проект был разработан совместно Датским обществом охраны бабочек и Обществом охраны бабочек Великобритании для определения ключевых территорий биоразнообразия чешуекрылых в Европе,

подобно ключевым территориям для птиц, установленных Гримметтом и Джонсом [11]. Выбор был основан на анализе популяций 34 контрольных видов, находящихся под угрозой исчезновения [36]. Были включены два типа территорий: отдельные районы, где обитают один или более редких видов или видов, находящихся под угрозой вымирания, или большие по площади выделы (такие, как горные хребты и долины), где контрольные виды представлены фрагментированными метапопуляциями.

Были определены 433 ключевые территории («prime butterfly areas», КТ) в 37 странах и трех островных архипелагах, занимающие более чем 21 млн. га, эквивалентные 1,8% поверхности Европы. Информация о тенденциях численности индикаторных чешуекрылых на них показывает, что многие контрольные виды сокращают численность на КТ, даже на особо охраняемых. Это показывает, что пригодные для поддержания стабильной численности редких чешуекрылых биотопы стремительно разрушаются на большинстве КТ, и что необходимы срочные меры по их охране.

Необходимо отметить, что среди 34 контрольных видов не было узкоареальных и сокращающихся в численности видов булавоусых чешуекрылых, встречающихся на европейской территории России. Вследствие этого, среди выделенных ключевых территорий для охраны чешуекрылых отсутствуют регионы Европейской России, в которых представлено высокое биоразнообразие редких и эндемичных бабочек, нуждающихся в охране. Так, такими ключевыми территориями могут быть меловые степные формации

в Нижнем Поволжье (Камышинский, Иловлинский районы Волгоградской области, например); участки зональных пустынь в Астраханской области; высокогорье Кавказа, например, Приэльбрусье; аридные горы Внутреннего Дагестана, а также долина реки Самур в Дагестане и т.д.

Следует отметить также, что выделенные 431 КТ сконцентрированы преимущественно в странах ЕС, при этом их количество заметно уменьшается к востоку, что свидетельствует, вероятно, о недостатке реальных данных о численности и региональном распределении дневных чешуекрылых в Восточной Европе у западных специалистов.

У чешуекрылых достаточно специфичные требования к среде обитания, и они занимают обычно довольно узкую экологическую нишу. Многие виды ограничены не только одним или двумя растениями в качестве кормовых для личинки, но и особенными стадиями сукцессии в населенных ими сообществах. Например, некоторые виды в условиях умеренного пояса населяют луговины в лесах. В течение веков такие луга сохранялись благодаря традиционной системе выпаса скота и покоса, и многие исследования показали, что исчезновение бабочек вызвано не разрушением среды обитания, а уничтожением традиционного фермерского хозяйствования или лесоводства [37; 9]. Можно предположить, что будущее многих бабочек в Европе будет зависеть от продолжения традиционного образа жизни или близкого к нему образу, который будет «задавать» соответствующие условия для среды обитания [29]. Это представляет собой серьезный вызов из-за усиления интенсификации и модернизации

сельского хозяйства и производства лесоматериалов.

Таким образом, следует уделить больше внимания сохранению системы управления охраняемых территорий и частично преобразованной среды обитания по всей Европе. Это потребует изменений как в стратегии на государственном уровне, так и в управлении отдельными территориями [19]. Так, нормативная база Всеобщей сельскохозяйственной политики ЕС является главным инструментом интенсификации сельского хозяйства и неминуемо ведет к потере среды обитания, но у нее также имеется огромный потенциал увеличить так называемую «полуестественную» (semi-natural) среду обитания путем управления средой, преобразованной сельским хозяйством. Первый шаг к этому – расширение этой программы и улучшение интеграции природных территорий во все аспекты Европейской сельскохозяйственной и лесохозяйственной политики.

Большинство биотопов, характеризующихся наибольшим биоразнообразием чешуекрылых в Европе, это открытые луговые биотопы разных типов: известняковые степи (274 вида), альпийские и субальпийские луга (261), мезофильные луга (223), сухие луга на меловых почвах (220 видов), вересковые и склерофитовые пустоши (189 видов); на втором месте – различ-

ные типы лесов: смешанные леса (187 видов), широколиственные леса (186 видов), хвойные леса (156 видов); на третьем месте – влажные луга и местности с высокорослым разнотравьем (171 вид) (табл. 6).

Биотопы с самым большим количеством видов SPEC 1–3 – это, в основном, луга: мезофильные луга (39 SPEC 1–3 видов), сухие известняковые луга и степи (37), альпийские и субальпийские луга (34), влажные луга и биотопы с высоким разнотравьем, и сухие луга на меловых почвах (27). В лесах различных типов встречается меньшее количество видов SPEC 1–3: смешанные леса (29), широколиственные леса (25) и хвойные леса (23), в то время как в степях и кустарниковых пустошах встречаются 25 видов SPEC 1–3.

Специфические типы биотопов, такие как местности с вулканическими породами, островные скалистые массивы, каменистые осыпи и пески не рассматривают из-за их низкого общего количества видов, но в данной местности они могут иметь большое значение (например, вулканические породы для *Hipparchia maderensis* на Мадейре и *Scolitantides orion* в Восточной Европе, островные местообитания для *Parnassius apollo* или каменистые осыпи и пески для *Glaucopsyche alexis*). Обзор предпочитаемых биотопов всех европейских бабочек опубликован Ван Свэем и др. [38].

Таблица 6

Общее число видов и число видов категорий SPEC 1–3, доля видов SPEC 1–3 в биотопе по классификации CORINE.

CORINE биотоп	Общее число видов	Число видов SPEC 1–3	Доля видов SPEC 1–3, %
Заболоченные торфяные участки	45	14	31,1

Окончание таблицы 6

CORINEбиотоп	Общее число видов	Число видов SPEC 1–3	Доля видов SPEC 1–3, %
Верховые болота	48	13	27,1
Низинные, переходные болота	59	15	25,4
Водоемы, окаймленные растительностью	75	15	20,0
Мезофитные луга	223	39	17,5
Влажные луга, высокое разнотравье	171	27	15,8
Смешанные леса	187	29	15,5
Пойменные влажные леса и кустарниковые заросли	100	15	15,0
Хвойные леса	156	23	14,7
Сухие известняковые луга и степи	274	37	13,5
Широколиственные леса	186	25	13,4
Вересковые и кустарниковые пустоши	189	25	13,2
Альпийские и субальпийские луга	261	34	13,0
Сухие луга на меловых почвах	220	27	12,3
Внутриматериковые песчаные дюны	43	5	11,6
Широколиственные вечнозеленые леса	67	6	9,0
Скалы, обнажения горных пород	70	6	8,6
Лесополосы, колки, парковые леса	128	11	8,6
Фригана	137	11	8,0
Каменистые осыпи	88	7	8,0
Свалки, залежи и пустоши	104	8	7,7
Сады, рощи и лесопосадки	95	6	6,3
Скалистое побережье	17	1	5,9
Склерофитные кустарниковые заросли	202	12	5,9
Городские озелененные территории	96	5	5,2
Прибрежные песчаные дюны и песчаные пляжи	40	2	5,0
Кустарниковые заросли, пастбищные поля	28	1	3,6
Антропоценозы (города, деревни и промышленные зоны)	66	2	3,0
Мелиоративные луга	74	1	1,4

Прим.: три вида SPEC 1–3 на Азорских островах (*Hipparchia miguelensis*, *H. occidentalis*, *H. azorina*) упомянуты для сельскохозяйственных земель и искусственных ландшафтов, но не указаны в таблице.

Возможность определить приоритетные направления и основные проблемы охраны ограничены качеством доступных данных о европейских чешуекрылых. В нескольких европейских странах функционирует четкая система учета и мониторинга, в других странах – очень мало данных, и оценка статуса видов довольно субъективна. Таким образом, приоритетом являет-

ся срочная организация соответствующей системы учета и мониторинга в каждой стране, и в будущем нужно требовать не только более точной оценки, но также и обновления статусов видов и корректировка мер по их охране. Первоначальная попытка создать карты распространения для всех европейских бабочек была завершена О. Кудрна в 2002 г. [16]; для Восточной

Европы был опубликован CD с картами распространения и региональными данными по экологии видов [2], детальная фаунистическая информация по редким видам содержится также в работе А.Л. Львовского, Д.В. Моргуна [1].

Все государства, подписавшие в 1992 г. Конвенцию о биологическом разнообразии (которая включает большинство европейских стран и сам Европейский союз) несут ответственность за постоянный мониторинг влияния земледелия на окружающую среду, включая ее биологическое разнообразие. В этом аспекте чешуекрылые выступают в качестве индикаторов результатов выполнения положений конвенции. Вследствие того, что каждый вид чешуекрылых имеет свой экологический оптимум, меры по их сохранению будут успешными, когда они будут основаны на всесторонних знаниях как о самих видах, так и о среде их обитания [27; 7]. Таким образом, экологическое исследование является важным основанием для охранной стратегии.

В последние десятилетия прогрессирующая потеря среды обитания чешуекрылых привела к фрагментации и изоляции отдельных участков, разрывающих метапопуляции. Последние исследования показали, что выживание многих видов зависит от метапопуляций, которые «покрывают» сеть небольших участков обитания. Внутри этой сети происходит вымирание и повторное заселение, и выживание видов, возможно, зависит от сохранения сети близлежащих участков [12; 13; 30].

Чешуекрылые могут также подвергаться вредному воздействию других широко распространенных изменений

окружающей среды, включая глобальное изменение климата. Последние данные о подобном воздействии фрагментарны, но рассматриваются несколькими авторами [7; 8; 22]. Очевидно, что потепление климата привело к миграции на север нескольких видов [23], хотя значение климатических изменений для видов, находящихся под угрозой вымирания, неясно. Известно, что изменение климата представляет особую угрозу для ограниченных малочисленных популяций горных эндемиков в Европе, потому что среда их обитания уязвима, и они с трудом адаптируются к специфическим условиям [45]. В 2008 г. вышел в свет атлас климатического риска европейских чешуекрылых [25], где был опубликован обзор о возможном влиянии изменения климата на будущее распределение бабочек по климатическим зонам. В нем отсутствуют сведения о видах европейской территории России.

Разработка общеевропейского биоиндикационного списка чешуекрылых: интеграция данных российских специалистов

В последние годы были заключены политические соглашения, предусматривающие прекращение или значительное сокращение доли потерь биологического разнообразия к 2010 г. Это сопровождается различными соглашениями по вопросам координации действий в Европе в области мониторинга биологического разнообразия, индикаторов, оценок и отчетов.

Чешуекрылые – хорошие индикаторы изменений среды. Чтобы проверить возможности использования данных мониторинга бабочек из десяти-

ти регионов Европы для европейского биоиндикационного списка (индикатора) чешуекрылых, был разработан список, который содержит семнадцать луговых видов [39].

Метод подобен применяемому для птиц подходу [10]. Оценка проводится на трех уровнях (национальном, наднациональном, многовидовом). Каждый вид индексируется в каждой стране, используя программу для анализа TRIM [21]. TRIM – программа для анализа серии значений, зависящих от времени, с недостающими результатами наблюдений, в котором применяется регрессия Пуассона.

Диаграмма результатов индикатора для 17 луговых бабочек с 1990 г. показывает значительное уменьшение численности – почти на 50% за последние 15 лет. Методику европейского индикатора луговых чешуекрылых успешно обновили в 2008 г. [40].

Обеспечение широкого спектра мер по охране чешуекрылых среди многих стран и организаций потребует масштабной координации действий. Нужно уделить особое внимание всем европейским видам, находящимся под угрозой исчезновения (СПЕС 1–3), сконцентрироваться на европейских видах, находящихся под наибольшей угрозой вымирания, а многие другие виды можно внести в планы по сохранению среды обитания.

Растет число европейских стран, в которых работают национальные сообщества по охране чешуекрылых (Общество охраны бабочек Великобритании, Датское общество охраны бабочек, Фла-

мандская рабочая группа сохранения бабочек и другие), и эти организации разрабатывают стратегические планы деятельности по охране бабочек, находящихся под угрозой исчезновения. Данные организации могут действовать как инфраструктура для разработки общеевропейской стратегии, но при этом требуется беспрецедентный уровень всеобщей европейской кооперации.

В 2004 г. была образована новая организация – «Общество охраны бабочек Европы» с целью сохранения чешуекрылых и среды их обитания в Европе. Новая организация действует через сеть партнеров в каждой стране и стремится к координации существующей деятельности и стимулированию работы над приоритетными проектами. Был создан Интернет-сайт для обеспечения информацией о европейских охранных инициативах и для стимулирования деятельности (www.bc-europe.eu). С 2007 г. организация регулярно проводит встречи для партнеров, в 2010 г. представитель данной общественной организации Светлана Митева посетила Европейскую Россию и провела ряд встреч с ведущими специалистами в Москве, Санкт-Петербурге и Ярославле. По результатам данной встречи многие организации и отдельные энтомологи регулярно предоставляют свои учетные данные в данную организацию. Надеемся, что в ближайшей перспективе это восполнит дефицит имеющейся фаунистической и экологической информации по чешуекрылым европейской части России.

Статья поступила в редакцию 06.02.2018 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Львовский А.Л., Моргун Д.В. Булавоусые чешуекрылые Восточной Европы. М.: Т-во научных изданий КМК, 2007. 443.

2. Плющ И.Г., Моргун Д.В., Довгайло К.Е., Солодовников И.А., Рубин Н.И. Дневные бабочки (Hesperioidea и Papilionoidea, Lepidoptera) Восточной Европы: CD определитель, база данных и пакет программ [Электронный ресурс]. Минск-Киев-Москва: Lysandra, 2005. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
3. Als T.D., Vila R., Kandul N.P., Nash D.R., Yen S-H., Hsu Y-F., Mignault A.A., Boomsma J.J., Pierce N.E. The evolution of alternative parasitic life histories in Large Blue butterflies // *Nature*. 2004. no 432. Pp. 386–390.
4. Bergman K.O., Kindvall O. Population viability analysis of the butterfly *Lopinga achine* in a changing landscape in Sweden // *Ecography*. 2004. no 27. Pp. 49–58.
5. Dennis R.L.H., Williams W.R., Shreeve T.G. A multivariate approach to the determination of faunal structures among European butterfly species (Lepidoptera, Rhopalocera) // *Zoological Journal of the Linnean Society*. 1991. no 101. Pp. 1–49.
6. Dennis R.L.H., Shreeve T.G., Williams W.R. Affinity gradients among European butterflies: evidence for an historical component to species distributions // *Entomologist's Gazette*. 1995. no 46. Pp. 141–153.
7. Dennis R.L.H., Shreeve T.G., Van Dyck H. Towards a resource-based concept for habitat: a butterfly biology viewpoint // *Oikos*. 2003. no 102. Pp. 417–426.
8. Elmes G.W., Free A. (eds.) *Climate change and rare species in Britain* (ITE Research publication). London: HMSO, 1994. 28 p.
9. Erhardt A. Ecology and conservation of alpine Lepidoptera // A.S. Pullin (ed.). *Ecology and Conservation of Butterflies*. London: Chapman and Hall. 1995. Pp. 258–276.
10. Gregory R.D., Van Strien A.J., Vorisek P., Gmelig Meyling A.W., Noble D.G., Foppen R. P. B., Gibbons D.W. Developing indicators for European birds // *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*. 2005. no 360. Pp. 269–288.
11. Grimmet R.F.A., Jones T.A. et al. *Important Bird Areas in Europe*. Cambridge: International Council for Bird Preservation, 1989. 890 p.
12. Hanski I., Gilpin M.E. Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain // *Biological Journal of the Linnean Society*. 1991. no 42. Pp. 3–16.
13. Hanski I., Ovaskainen O. The metapopulation capacity of a fragmented landscape // *Nature*. 2000. no 404. Pp. 755–758.
14. Heath J. *Threatened Rhopalocera (butterflies) in Europe* // *Nature and environment. Series 23*. Strasbourg, France: Council of Europe, 1981. 157 p.
15. IUCN. Red List Categories and Criteria. Version 3.1. // IUCN Species Survival Commission. [сайт]. – URL: <http://www.iucnredlist.org/technical-documents/categories-and-criteria/2001-categories-criteria> (дата обращения: 05.12.2017).
16. Kudrna O. The distribution atlas of European butterflies // *Oedippus*. 2002. no 20. pp. 1–342.
17. Maes D., Van Swaay C.A.M. A new methodology for compiling national Red Lists applied on butterflies (Lepidoptera, Rhopalocera) in Flanders (N. Belgium) and the Netherlands // *Journal of Insect Conservation*. 1997. no 1. Pp. 113–124.
18. Maes D., van Dyck H. Butterfly diversity loss in Flanders (north Belgium): Europe's worst case scenario? // *Biological Conservation*. 2001. no 99. Pp. 263–276.
19. Maes D., Vanreusel W., Talloen W., Van Dyck H. Functional conservation units for the endangered Alcon Blue butterfly *Maculinea alcon* in Belgium (Lepidoptera: Lycaenidae) // *Biological Conservation*. 2004. no 120. Pp. 229–241.
20. Morgun D.V. Notes on the Paleophilotes (*Inderskia*) panope (Eversmann, 1851) (Lepidoptera: Lycaenidae), a rare and little known lycaenid taxon for Europe // *Zootaxa*. 2013. Vol. 3619 (5): P. 595–600.

21. Pannekoek J., Van Strien A.J. TRIM 3 Manual: Trends and Indices for Monitoring Data. // CBS Statistics Netherlands [сайт]. – URL: <http://www.ebcc.info/> (дата обращения 10.12.2017).
22. Parmesan C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change // *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 2006. no 37. Pp. 637–669.
23. Parmesan C., Ryrholm N., Stefanescu C. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming // *Nature*. 1999. no 399. Pp. 579–583.
24. Poole A., Pienkowiak M., McCracken D.I., Petretti F., Bridy C., Deffeyes C. (eds.). *Mountain Livestock Farming and EU Policy Development (Proceedings of the 5 European Forum on Nature Conservation and Pastoralism)*. Cogne - Valle d'Aosta, 1998. 199 p.
25. Settele J., Kudrna O., Harpke A. et al. Climatic risk atlas of European butterflies // *Biorisk*. 2008. no 1. Pp. 1–710.
26. Thomas J.A., Abery J.C.G. Estimating rates of butterfly decline from distribution maps: the effect of scale // *Biological Conservation*. 1995. no 73. Pp. 59–65.
27. Thomas J.A. The conservation of butterflies in temperate countries: past efforts and lessons for the future // Vane-Wright R.I., Ackery P.R. (eds.) *Rhebiology of Butterflies*. London, Academic Press, 1984. Pp. 333–353.
28. Thomas J.A. The conservation of declining butterfly populations in Britain and Europe: priorities, problems and successes // *Biological Journal of the Linnean Society*. 1995. no 56. Pp. 55–72.
29. Thomas J.A. Holocene climate change and warm man-made refugia may explain why a sixth of British butterflies inhabit unnatural early successional habitats // *Ecography*. 1993. no 16. Pp. 278–284.
30. Thomas C.D. Ecology and conservation of butterfly metapopulations in the fragmented British landscape // Pullin A.S. (ed.). *Ecology and Conservation of Butterflies*. London: Chapman and Hall, 1995. Pp. 46–63.
31. Tucker G.M., Heath M.F. *Birds in Europe: Their Conservation Status*. Cambridge: Birdlife International, 1994. 600 p.
32. Van Swaay C.A.M., Warren M.S. *Red Data Book of European Butterflies (Rhopalocera)* // *Nature and Environment*. No 99. Strasbourg, France: Council of Europe. 1999. 260 p.
33. Van Swaay C.A.M. *Basisrapport Rode Lijst Dagvlinders, Rapport VS2006.002*. Wageningen, Netherlands: De Vlinderstichting, 2006. 130 p.
34. Van Swaay C.A.M., Cuttelod A., Collins S. et al. *European Red List of Butterflies*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2010. 48 p.
35. Van Swaay C.A.M., Maes D., Warren S. *Martin Conservation status of European butterflies* // *Ecology of Butterflies in Europe*. Cambridge: University Press. 2009. Pp. 332–338.
36. Van Swaay C.A.M., Warren M.S. (eds.). *Prime Butterflies Areas in Europe: Priority Sites for Conservation*. Netherlands, Wageningen, 2003. 6 p.
37. Van Swaay C.A.M. An assessment of the changes in butterfly abundance in the Netherlands during the twentieth century // *Biological Conservation*. 1990. no 52. Pp. 287–302.
38. Van Swaay C.A.M., Warren M., Lons G. Biotope use and trends of European butterflies // *Journal of Insect Conservation*. 2006. no 10. Pp. 189–209.
39. Van Swaay C.A.M., van Strien A.J. Using butterfly monitoring data to develop a European grassland butterfly indicator // Кьhn E., Feldmann R., Thomas J.A., Settele J. (eds.) *Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe. Vol 1. General Concepts and Case Studies*. Moscow: Pensoft, 2005. Pp. 106–108.
40. Van Swaay C.A.M., Van Strien A.J. *The European Butterfly Indicator for Grassland Species: 1990–2007, Report VJ2008.022*. Netherlands, Wageningen: De Vlinderstichting, 2008. 22 p.

41. Warren M.S., Barnett L.K., Gibbons D.W., Avery M.I. Assessing national conservation priorities: an improved Red List of British Butterflies // *Biological Conservation*. 1997. no 82. Pp. 317–328.
42. Warren M.S., Key R.S. Woodlands: past, present and potential for insects // Collins N.M., Thomas J.A. (eds.). *The Conservation of Insects and Their Habitats*, London: Academic Press, 1991. Pp. 155–211.
43. Warren M.S., Hill J.K., Thomas J.A. et al. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change // *Nature*. 2001. no 414. Pp. 65–69.
44. Warren M.S. The conservation of British butterflies // Dennis R.L.H. *The Ecology of Butterflies of Britain*. Oxford: Oxford University Press, 1992. Pp. 246–274.
45. Wilson R.J., Gutierrez J., Martinez D., Agudo R., Monserrat V.J. Changes to the elevation limits and extent of species ranges associated with climate change // *Ecology Letters*. 2005. no 8. Pp. 1138–1146.
46. Wynhoff I., van Swaay C.A.M. *Bedreigde en Kwetsbare Dagvlinders in Nederland: Basisrapport met Voorstel voor de Rode Lijst*. Netherlands, Wageningen: De Vlinderstichting, 1995. 11 p.

REFERENCES

1. L'vovskii A.L., Morgun D.V. *Bulavousye cheshuekrylye Vostochnoi Evropy* [Rhopalocera butterflies of Eastern Europe]. Moscow, T-vo nauchnykh izdaniy KMK Publ., 2007. 443 p.
2. Plyushch I.G., Morgun D.V., Dovgailo K.E., Solodovnikov I.A., Rubin N.I. *Dnevnye babochki (Hesperioidea i Papilionoidea, Lepidoptera) Vostochnoi Evropy: CD opredelitel', baza dannykh i paket programm* [Elektronnyi resurs]. [Butterflies (Hesperioidea and Papilionoidea, Lepidoptera) of Eastern Europe: the CD key database and software package [Electronic resource]. Minsk-Kiev-Moscow: Lysandra, 2005.
3. Als T.D., Vila R., Kandul N.P., Nash D.R. et al. The evolution of alternative parasitic life histories in Large Blue butterflies. In: *Nature*. 2004. no 432. pp. 386–390.
4. Bergman K.O., Kindvall O. Population viability analysis of the butterfly *Lopinga achine* in a changing landscape in Sweden. In: *Ecography*. 2004. no 27. pp. 49–58.
5. Dennis R.L.H., Williams W.R., Shreeve T.G. A multivariate approach to the determination of faunal structures among European butterfly species (Lepidoptera, Rhopalocera). In: *Zoological Journal of the Linnean Society*. 1991. no 101. pp. 1–49.
6. Dennis R.L.H., Shreeve T.G., Williams W.R. Affinity gradients among European butterflies: evidence for an historical component to species distributions. In: *Entomologist's Gazette*. 1995. no 46. pp. 141–153.
7. Dennis R.L.H., Shreeve T.G., Van Dyck H. Towards a resource-based concept for habitat: a butterfly biology viewpoint. In: *Oikos*. 2003. no 102. pp. 417–426.
8. Elmes G.W., Free A. (eds.) *Climate change and rare species in Britain* (ITE Research publication). London: HMSO, 1994. 28 p.
9. Erhardt A. Ecology and conservation of alpine Lepidoptera. In: A.S. Pullin (ed.). *Ecology and Conservation of Butterflies*. London: Chapman and Hall. 1995. pp. 258–276.
10. Gregory R.D., Van Strien A.J., Vorisek P. et al. Developing indicators for European birds. In: *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*. 2005. no 360. pp. 269–288.
11. Grimmet R.F.A., Jones T.A. et al. *Important Bird Areas in Europe*. Cambridge: International Council for Bird Preservation, 1989. 890 p.
12. Hanski I., Gilpin M.E. Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. In: *Biological Journal of the Linnean Society*. 1991. no 42. pp. 3–16.

13. Hanski I., Ovaskainen O. The metapopulation capacity of a fragmented landscape. In: *Nature*. 2000. no 404. pp. 755-758.
14. Heath J. Threatened Rhopalocera (butterflies) in Europe. In: *Nature and environment*. Series 23. Strasbourg, France: Council of Europe, 1981. 157 p.
15. IUCN. Red List Categories and Criteria. Version 3.1. In: IUCN Species Survival Commission [website]. – URL: <http://www.iucnredlist.org/technical-documents/categories-and-criteria/2001-categories-criteria> (дата обращения: 05.12.2017)
16. Kudrna O. The distribution atlas of European butterflies. In: *Oedippus*. 2002. no 20. pp. 1-342.
17. Maes D., Van Swaay C.A.M. A new methodology for compiling national Red Lists applied on butterflies (Lepidoptera, Rhopalocera) in Flanders (N. Belgium) and the Netherlands. In: *Journal of Insect Conservation*. 1997. no 1. pp. 113-124.
18. Maes D., van Dyck H. Butterfly diversity loss in Flanders (north Belgium): Europe's worst case scenario? In: *Biological Conservation*. 2001. no 99. pp. 263-276.
19. Maes D., Vanreusel W., Talloen W., Van Dyck H. Functional conservation units for the endangered Alcon Blue butterfly *Maculinea alcon* in Belgium (Lepidoptera: Lycaenidae). In: *Biological Conservation*. 2004. no 120. pp. 229-241.
20. Morgun D.V. Notes on the Paleophilotes (*Inderskia*) *panope* (Eversmann, 1851) (Lepidoptera: Lycaenidae), a rare and little known lycaenid taxon for Europe. In: *Zootaxa*. 2013. 3619 (5): P. 595-600.
21. Pannekoek J., Van Strien A.J. TRIM 3 Manual: Trends and Indices for Monitoring Data. In: CBS Statistics Netherlands [website]. – URL: <http://www.ebcc.info/> (дата обращения 10.12.2017)
22. Parmesan C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. In: *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 2006. no 37. pp. 637-669.
23. Parmesan C., Ryrholm N., Stefanescu C. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. In: *Nature*. 1999. no 399. pp. 579-583.
24. Poole A., Pienkowiak M., McCracken D.I., Petretti F., Brèdy C., Deffeyes C. (eds.). *Mountain Livestock Farming and EU Policy Development* (Proceedings of the 5 European Forum on Nature Conservation and Pastoralism). Cogne- Valle D'Aosta, 1998. 199 p.
25. Settele J., Kudrna O., Harpke A. et al. Climatic risk atlas of European butterflies. In: *Biorisk*. 2008. no 1. pp. 1-710.
26. Thomas J.A., Abery J.C.G. Estimating rates of butterfly decline from distribution maps: the effect of scale. In: *Biological Conservation*. 1995. no 73. pp. 59-65.
27. Thomas J.A. The conservation of butterflies in temperate countries: past efforts and lessons for the future. In: Vane-Wright R.I., Ackery P.R. (eds.) *Rhebiology of Butterflies*. London, Academic Press, 1984. pp. 333-353.
28. Thomas J.A. The conservation of declining butterfly populations in Britain and Europe: priorities, problems and successes. In: *Biological Journal of the Linnean Society*. 1995. no 56. pp. 55-72.
29. Thomas J.A. Holocene climate change and warm man-made refugia may explain why a sixth of British butterflies inhabit unnatural early successional habitats. In: *Ecography*. 1993. no 16. pp. 278-284.
30. Thomas C.D. Ecology and conservation of butterfly metapopulations in the fragmented British landscape. In: Pullin A.S. (ed.). *Ecology and Conservation of Butterflies*. London: Chapman and Hall, 1995. pp. 46-63.
31. Tucker G.M., Heath M.F. *Birds in Europe: Their Conservation Status*. Cambridge: Birdlife International, 1994. 600 p.

32. Van Swaay C.A.M., Warren M.S. Red Data Book of European Butterflies (Rhopalocera). In: Nature and Environment. No 99. Strasbourg, France: Council of Europe. 1999. 260 p.
33. Van Swaay C.A.M. Basisrapport Rode Lijst Dagvlinders, Rapport VS2006.002. Wageningen, Netherlands: De Vlinderstichting, 2006. 130 p.
34. Van Swaay C.A.M., Cuttelod A., Collins S. et al. European Red List of Butterflies. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2010. 48 p.
35. Van Swaay C.A.M., Maes D., Warren S. Martin Conservation status of European butterflies. In: Ecology of Butterflies in Europe. Cambridge: University Press. 2009. pp. 332-338.
36. Van Swaay C.A.M., Warren M.S. (eds.). Prime Butterflies Areas in Europe: Priority Sites for Conservation. Netherlands, Wageningen, 2003. 6 p.
37. Van Swaay C.A.M. An assessment of the changes in butterfly abundance in the Netherlands during the twentieth century. In: Biological Conservation. 1990. no 52. pp. 287-302.
38. Van Swaay C.A.M., Warren M., Lois G. Biotope use and trends of European butterflies. In: Journal of Insect Conservation. 2006. no 10. pp. 189-209.
39. Van Swaay C.A.M., van Strien A.J. Using butterfly monitoring data to develop a European grassland butterfly indicator. In: Kühn E., Feldmann R., Thomas J.A., Settele J. (eds.) Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe. Vol 1. General Concepts and Case Studies. Moscow: Pensoft, 2005. pp. 106-108.
40. Van Swaay C.A.M., Van Strien A.J. The European Butterfly Indicator for Grassland Species: 1990-2007, Report VJ2008.022. Netherlands, Wageningen: De Vlinderstichting, 2008. 22 p.
41. Warren M.S., Barnett L.K., Gibbons D.W., Avery M.I. Assessing national conservation priorities: an improved Red List of British Butterflies. In: Biological Conservation. 1997. no 82. pp. 317-328.
42. Warren M.S., Key R.S. Woodlands: past, present and potential for insects. In: Collins N.M., Thomas J.A. (eds.). The Conservation of Insects and Their Habitats. London: Academic Press, 1991. pp. 155-211.
43. Warren M.S., Hill J.K., Thomas J.A. et al. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. In: Nature. 2001. no 414. pp. 65-69.
44. Warren M.S. The conservation of British butterflies. In: Dennis R.L.H. The Ecology of Butterflies of Britain. Oxford: Oxford University Press, 1992. pp. 246-274.
45. Wilson R.J., Gutierrez J., Martinez D., Agudo R., Monserrat V.J. Changes to the elevation limits and extent of species ranges associated with climate change. In: Ecology Letters. 2005. no 8. pp. 1138-1146.
46. Wynhoff I., van Swaay C.A.M. Bedreigde en Kwetsbare Dagvlinders in Nederland: Basisrapport met Voorstel voor de Rode Lijst. Netherlands, Wageningen: De Vlinderstichting, 1995. 11 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Моргун Дмитрий Владимирович – кандидат биологических наук, кандидат философских наук, директор Московского детско-юношеского центра экологии, краеведения и туризма;
e-mail: d_moth@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dmitry V. Morgun – PhD in biology, PhD in philosophy, director of the Moscow Centre of Ecology, Regional Research and Tourism;
e-mail: d_moth@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Моргун Д.В. Формирование красных списков европейских булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Hesperioidea et Papilionoidea): проблемы критериев и интеграции российских эколого-фаунистических данных // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 1. С. 95-118

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-95-118

FOR CITATION

Morgun D.V. Red lists of European butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea et Papilionoidea): problems of criteria and integration of russian ecological and faunal data. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences*, 2018, no. 1, pp. 95-118

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-95-118

РАЗДЕЛ III

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 533.15:536.25

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-119-127

КОНВЕКТИВНЫЕ РЕЖИМЫ ПРИ ДИФФУЗИИ В ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ ГАЗОВЫХ СИСТЕМАХ ПРИ РАЗЛИЧНОМ СОДЕРЖАНИИ САМОГО ТЯЖЕЛОГО ПО ПЛОТНОСТИ КОМПОНЕНТА В СМЕСИ

Косов В.Н.¹, Федоренко О.В.²

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая
050010, Алматы, проспект Достык, 13, Республика Казахстан

²Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики
при Казахском национальном университете имени аль-Фараби
050040, Алматы, проспект аль-Фараби, 71, Республика Казахстан

Аннотация. Опытным путем двухколбовым методом изучается диффузия бинарной смеси азота и дифтордихлорметана при различных концентрациях в н-бутан. Показано, что при определенном содержании дифтордихлорметана в смеси возникают конвективные течения, существенно искажающие ожидаемый при диффузии массоперенос. Условия, определяющие смену режимов «диффузия – концентрационная гравитационная конвекция» определяются в рамках теории устойчивости. Экспериментальные результаты и вычисленные данные удовлетворительно согласуются друг с другом.

Ключевые слова: диффузия, концентрация, конвекция, смеси, массоперенос, скорость смешения.

CONVECTIVE REGIMES UNDER DIFFUSION IN THREE-COMPONENT GAS SYSTEMS AT DIFFERENT CONTENT OF THE DENSITY HEAVY COMPONENT IN THE MIXTURE

V.N. Kosov¹, O.V. Fedorenko²

¹Abai Kazakh National Pedagogical University
050010, Almaty, Dostyk Ave. 13, Kazakhstan

²Institute of Experimental and Theoretical Physics at al-Farabi Kazakh National University
050040, Almaty, al-Farabi Ave. 71, Kazakhstan

Abstract. The diffusion of a binary mixture of nitrogen and dichlorodifluoromethane at various concentrations in n-butane is studied experimentally by means of a two-flask method. It is shown that for a certain content of dichlorodifluoromethane in the mixture, convective currents arise, which substantially distort the mass transfer expected during diffusion. The conditions defining the change in the “diffusion-concentration gravitational convection” regimes are determined within the framework of the stability theory. The experimental results and the calculated data are in satisfactory agreement with each other.

Key words: diffusion, concentration, convection, mixtures, mass transfer, mixing speed.

Исследуя многокомпонентное смешение в газах при повышенных давлениях [6, с. 19] и различных температурах [4, с. 95], диффузию смеси паров растворов в инертный газ [3, с. 603] были отмечены конвективные течения, приводящие к существенному увеличению парциальных потоков компонентов. Механизм возникновения концентрационной конвекции при диффузии аналогичен задаче Рэлея–Бенара для неоднородного температурного поля, где необходимо осуществлять учет зависимости свойств среды от состава, температуры и перекрестных эффектов [1, с. 217; 2, с. 287]. Однако ситуации, связанные с проявлением критических движений, изученных в [3, с. 600; 4, с. 92; 6, с. 18], имеют характерные отличия от приведенных в [1, с. 217], так как течения возникают при устойчивой стратификации в изотермической смеси, где необходимо учитывать влияние нескольких концентрационных градиентов. Кроме того, компоненты исследуемых тройных смесей существенно отличаются друг от друга молекулярными весами M_i и коэффициентами взаимной диффузии D_{ij} [8, с. 31], что также может оказать влияние на проявление синергетических эффектов [3, с. 604], которые связаны со значительным увеличением скорости смешения и преимущественным переносом само-

го тяжелого по плотности компонента смеси.

В данной работе опытным путем изучается диффузия бинарной смеси азота (N_2) и дифтордихлорметана (R12) при различных концентрациях в н-бутан ($n-C_4H_{10}$). Определяются условия, характеризующие смену режимов «диффузия – концентрационная конвекция». Приводится анализ на устойчивость механического равновесия в плоском вертикальном канале с массонепроницаемыми стенками.

Экспериментальные исследования

Диффузионное смешение изучалось на устройстве, реализующем двухколбовый метод [10, р. 1188]. Конструктивные особенности опытной установки и измерительной ячейки описаны в работах [5, с. 178; 7, с. 932]. Поэтому ограничимся кратким описанием диффузионной ячейки и методики проведения эксперимента.

Бинарная смесь из легкого (N_2) и тяжелого (R12) по плотности компонентов размещалась в верхней колбе (рис. 1а). В нижней колбе находился газ ($n-C_4H_{10}$), парциальная плотность которого имела промежуточное значение. Во всех условиях опыта плотность бинарной смеси была меньше, чем плотность н-бутана в нижней колбе. При проведении исследований использовался диф-

фузионный аппарат со следующими объемами колб: $V_1 = (226,8 \pm 0,5) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$, $V_2 = (214,5 \pm 0,5) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$. Колбы соединя-

лись плоским вертикальным каналом высотой $L = (165,40 \pm 0,05) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и шириной $a = (6,10 \pm 0,02) \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

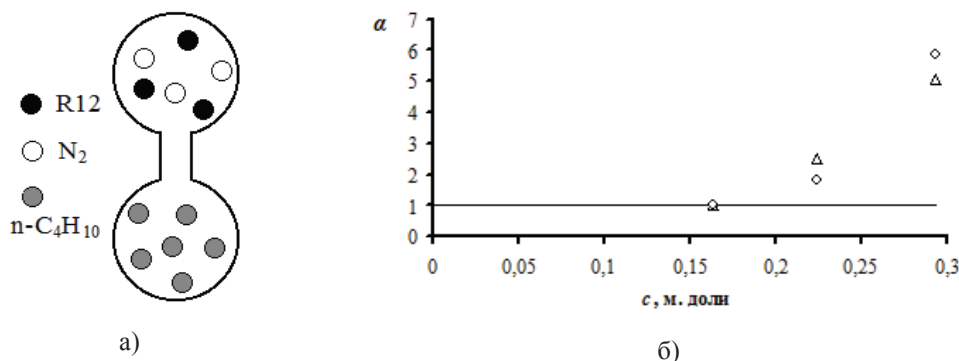


Рис. 1. а) Схема диффузионной ячейки двухколбового аппарата
 б) Зависимость α от концентрации R12 в смеси (линия – расчет в предположении диффузии; точки соответствуют: $\circ$ – н-бутану; Δ – азоту).

Методика экспериментов заключалась в следующем. В верхнюю и нижнюю колбы подавались газы с заданным давлением. Затем канал, соединяющий колбы, открывался, и регистрировалось время начала смешения. Спустя некоторое время канал закрывался, а газовую смесь из колб анализировали с помощью хроматографа. Экспериментальные концентрации c_{exp} были нормированы к значениям c_{theor} , рассчитанным для диффузии по уравнениям Стефана-Максвелла [8, с. 76]. Зависимости безразмерного параметра $\alpha_i = c_{exp}/c_{theor}$ от концентрации R12 для исследуемой тройной системы приведена на рис. 1б. Анализ функциональной зависимости α_i от c (R12) показывает, что при содержании R12 в смеси, не превышающем значение 0,16 мольных долей (м. д.), в бинарной смеси в системе реализуются условия соответствующие диффузии. Экспериментальные потоки компонентов совпадают с вы-

численными по уравнениям Стефана-Максвелла, а парциальные значения α_i для всех трех компонентов приблизительно равны единице. Однако дальнейшее увеличение R12 в смеси приводит к возрастанию параметра α_i для всех трех компонентов. Особенно значительный рост регистрируется у компонента с самым большим молекулярным весом в смеси.

Очевидно, что концентрация $c_{R12} \approx 0,16 \text{ м. д.}$ в смеси определяет смену режимов «диффузия – концентрационная гравитационная конвекция». При составах смеси, превышающих c_{R12} , наибольшие значения α_i соответствуют самому тяжелому по плотности компоненту смеси – фреону-12. Это говорит о том, что в сложившихся условиях имеет место преимущественный перенос этого компонента в сравнении с другими. При больших значениях концентрации R12 в смеси линейная зависимость нарушается. Причем также имеет место преимущественный

перенос самого тяжелого по плотности компонента.

Математическое описание границы смены режимов «диффузия – конвекция» в изотермических тройных газовых смесях

Математическое описание базируется на основе анализа системы уравнений механики сплошных сред для многокомпонентных систем по отношению к малым возмущениям [1, с. 8]. Макроскопическое движение изотермической тройной газовой смеси описывается общей системой уравнений гидродинамики, которая включает в себя уравнения Навье-Стокса, сохранения числа частиц смеси и компонентов.

Принимая во внимание условие независимой диффузии, при которой для изотермической газовой смеси $\sum_{i=1}^3 \mathbf{j}_i = 0$; $\sum_{i=1}^3 c_i = 1$, эта система уравнений имеет следующий вид [1, с. 7; 7, с. 933]:

$$\begin{aligned} \rho \left[\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \nabla \mathbf{u}) \right] &= -\nabla p + \eta \nabla^2 \mathbf{u} + \left(\frac{\eta}{3} + \xi \right) \nabla \operatorname{div} \mathbf{u} + \rho \mathbf{g}, \\ \frac{\partial n}{\partial t} + \operatorname{div}(n \mathbf{v}) &= 0, \quad \frac{\partial c_i}{\partial t} + \mathbf{v} \nabla c_i = -\operatorname{div} \mathbf{j}_i, \\ \mathbf{j}_1 &= -(D_{11}^* \nabla c_1 + D_{12}^* \nabla c_2), \\ \mathbf{j}_2 &= -(D_{21}^* \nabla c_1 + D_{22}^* \nabla c_2). \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь: $\mathbf{u}$ – вектор среднemasсовой скорости; $\mathbf{v}$ – вектор среднечисловой скорости; ρ – плотность; p – давление; η и ξ – коэффициенты сдвиговой и объемной вязкости; $\mathbf{g}$ – вектор ускорения свободного падения; n – числовая плотность; t – время; c_i – концентрация i -го компонента; $\mathbf{j}_i$ – вектор плотности диффузионного потока i -го компонента; D_{ij}^* – практические коэффициенты диффузии, которые определяются че-

рез коэффициенты взаимной диффузии:

$$\begin{aligned} D_{11}^* &= \frac{D_{13} [c_1 D_{32} + (c_2 + c_3) D_{12}]}{D}, \quad D_{12}^* = -\frac{c_1 D_{23} (D_{12} - D_{13})}{D}, \\ D_{22}^* &= \frac{D_{23} [c_2 D_{13} + (c_1 + c_3) D_{12}]}{D}, \quad D_{21}^* = -\frac{c_2 D_{13} (D_{12} - D_{23})}{D}, \\ D &= c_1 D_{23} + c_2 D_{13} + c_3 D_{12}. \end{aligned}$$

Уравнения (1) дополняются уравнением состояния среды

$$\rho = \rho(c_1, c_2, p), \quad T = \text{const}.$$

При решении системы уравнений (1) применялся метод малых возмущений [1, с. 8], который предполагал концентрацию i -го компонента c_i и давление p представить следующим образом:

$$c_i = \langle c_i \rangle + c_i', \quad p = \langle p \rangle + p',$$

где $\langle c_i \rangle$, $\langle p \rangle$ – постоянные средние значения, принимаемые в качестве начала отсчета.

Учитывая, что при $L \gg a$ (L и a – длина канала вдоль оси z (высота) и ширина (поперечный размер) диффузионного канала, соответственно) различия между возмущениями среднечисловой $\mathbf{v}$ и среднemasсовой $\mathbf{u}$ скоростей в уравнении Навье-Стокса будут несущественны [7, с. 934], а также предполагая, что нестационарные возмущения механического равновесия малы, пренебрегая квадратичными по возмущениям членами, и выбирая соответствующие масштабы единиц измерения (расстояния – d , времени – d^2/ν , скорости – D_{22}^*/d , концентрации i -го компонента – $A_i d$, давления – $\rho_0 \nu D_{22}^*/d^2$), получим систему уравнений гравитационной концентрационной конвекции для возмущенных значений в безразмерных величинах (штрихи опущены):

$$\begin{aligned} \text{Pr}_{22} \frac{\partial c_1}{\partial t} - (\mathbf{u} \mathbf{e}_z) &= \tau_{11} \nabla^2 c_1 + \frac{A_2}{A_1} \tau_{12} \nabla^2 c_2, \\ \text{Pr}_{22} \frac{\partial c_2}{\partial t} - (\mathbf{u} \mathbf{e}_z) &= \frac{A_1}{A_2} \tau_{21} \nabla^2 c_1 + \nabla^2 c_2, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = -\nabla p + \nabla^2 \mathbf{u} + (\text{Ra}_1 \tau_{11} c_1 + \text{Ra}_2 c_2) \mathbf{e}_z,$$

$$\text{div} \mathbf{u} = 0,$$

где: $\mathbf{e}_z$ – единичный вектор в направлении оси z ; $\text{Pr}_{ii} = \nu / D_{ii}^*$ – диффузионное число Прандтля; $\text{Ra}_i = g \beta_i A_i d^4 / \nu D_{ii}^*$ – парциальное число Рэлея; $\tau_{ij} = D_{ij}^* / D_{22}^*$ – параметры, определяющие соотношение между практическими коэффициентами диффузии; $\beta_i = -\frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial \rho}{\partial c_i} \right)_{p,T}$; $A_i \mathbf{e}_z = -\nabla c_{i0}$

(индекс 0 относится к средним значениям).

Решение системы уравнений (2) для плоского вертикального канала с непроницаемыми стенками позволило получить в терминах чисел Рэлея граничное соотношение, определяющее смену режимов «диффузия – конвекция» в виде [5, с. 181]:

$$\tau_{11} \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \tau_{12} \right) \text{Ra}_1 + \left(\tau_{11} - \frac{A_1}{A_2} \tau_{21} \right) \text{Ra}_2 = \gamma^4 (\tau_{11} - \tau_{12} \tau_{21}), \quad (3)$$

$$\text{где } \gamma = \text{Ra}^{1/4}, \text{ т.е. } \gamma = (\text{Ra}_1 \tau_{11} K_1 + \text{Ra}_2 K_2)^{1/4}; \quad K_1 = \frac{\left(1 - \frac{A_2}{A_1} \tau_{12} \right)}{(\tau_{11} - \tau_{12} \tau_{21})}, \quad K_2 = \frac{\left(\tau_{11} - \frac{A_1}{A_2} \tau_{21} \right)}{(\tau_{11} - \tau_{12} \tau_{21})};$$

A_i – парциальный градиент концентрации i -го компонента.

Согласно рис. 2 уравнение (3) дает на плоскости $(\text{Ra}_1, \text{Ra}_2)$ граничную прямую (линия I), разделяющую области затухающих (диффузия) и нарастающих (концентрационная конвекция) возмущений. Для наиболее опасной с точки зрения устойчивости моды (диаметрально-антисимметричное движение; плоский канал делится вертикальной плоскостью на две части, в одной из которых газ поднимается,

а в другой опускается) критические концентрационные числа Рэлея имеют следующие значения: $\text{Ra}_1 = 30,2654$, $\text{Ra}_2 = 26,203$ при $\gamma = 2,365$ (для системы $0,707 \text{ N}_2 + 0,293 \text{ R12} - \text{n-C}_4\text{H}_{10}$). Также на рис. 2 приведена линия II, которая соответствует нулевому градиенту плотности и определяется следующим выражением:

$$\tau_{11} \text{Ra}_1 = -\text{Ra}_2. \quad (4)$$

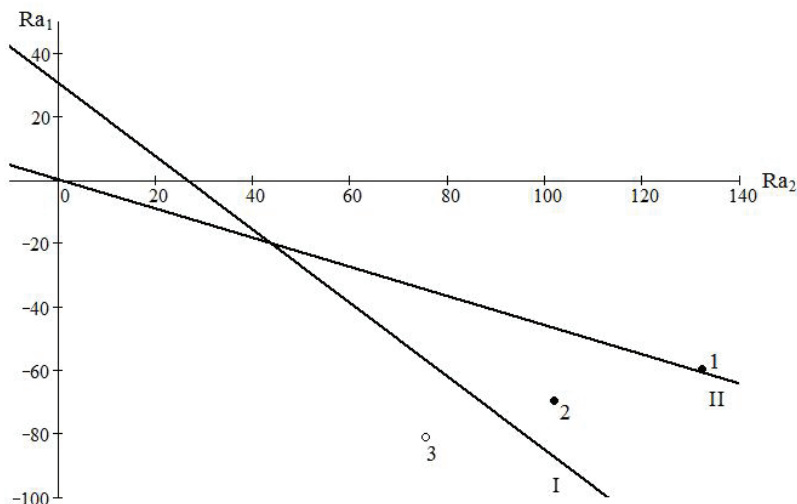


Рис. 2. Области диффузии и конвекции для системы $N_2 + R_{12} - n-C_4H_{10}$: I – нейтральная линия монотонных возмущений; II – линия нулевого градиента плотности; 1 – 3 – опытные данные при различных значениях cR_{12} : 1 – 0,293; 2 – 0,224; 3 – 0,163 м.д.

Взаимное расположение граничных линий (3) и (4) показывает существование области (сектор между линиями I и II на рис. 3), когда в системе имеет место конвекция, хотя плотность в верхней части канала меньше, чем в нижней, что, на первый взгляд, соответствует только диффузии.

Восстановим экспериментальные данные, соответствующие данным, приведенным на рис. 1б через парциальные числа Рэлея и отобразим их на координатной плоскости (Ra_1, Ra_2) . Парциальные числа Рэлея в соответствии с (2) в применении к диффузионному каналу с шириной a и высотой L можно записать следующим образом [9, p. 1185]:

$$Ra_1 = \frac{gn(a/2)^4 \Delta m_1}{\rho v D_{11}^*} \cdot \frac{\partial c_1}{\partial z},$$

$$Ra_2 = \frac{gn(a/2)^4 \Delta m_2}{\rho v D_{22}^*} \cdot \frac{\partial c_2}{\partial z}, \quad (5)$$

где: $\Delta m_1 = m_1 - m_2$, $\Delta m_2 = m_2 - m_3$, m_i – масса молекулы i -го сорта. Из

опыта известно, какой тип смешения имеет место: устойчивый (диффузия) или неустойчивый (конвекция). Точки, соответствующие неустойчивому режиму, будем обозначать в виде знаков •, а диффузия будет определяться значками о. Совокупность таких точек на плоскости чисел Рэлея (рис. 2) определяет переход из диффузионной области в конвективную через граничную линию устойчивости (3). Нетрудно видеть удовлетворительное согласие между теорией и опытом по определению областей диффузии и конвекции.

Закключение

Таким образом, проведенные исследования показали, что увеличение концентрации тяжелого компонента в бинарной смеси способствует переходу в область неустойчивой диффузии и увеличению интенсивности конвективного режима. Граница смежных режимов «диффузия – концентра-

ционная гравитационная конвекция» может быть получена в рамках анализа на устойчивость механического равновесия газовой смеси. Сравнение с опытом показало удовлетвори-

тельное согласие между теорией и опытом по определению областей диффузии и конвекции.

Статья поступила в редакцию 08.02.2018 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М. Конвективная устойчивость несжимаемой жидкости. Москва: Наука, 1972. 392 с.
2. Джозеф Д. Устойчивость движений жидкости. М.: Мир, 1981. 639 с.
3. Дильман В.В., Липатов Д.А., Лотхов В.А., Каминский В.А. Возникновение неустойчивости при нестационарном испарении бинарных растворов в инертный газ // Теоретические основы химической технологии. 2005. Том 39. № 6. С. 600–606.
4. Жаврин Ю.И., Косов В.Н. Влияние температуры на процесс диффузионной неустойчивости // Инженерно-физический журнал. 1988. Том 55. № 1. С. 92–97.
5. Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Федоренко О.В., Акжолова А.А. Некоторые особенности изотермического многокомпонентного массопереноса при конвективной неустойчивости газовой смеси // Теоретические основы химической технологии. 2016. Т. 50. № 2. С. 177–183.
6. Косов В.Н., Жаврин Ю.И. Образование структур и концентрационная конвекция при изотермической диффузии в трехкомпонентных газовых смесях через переменное число каналов равной площади // Письма в журнал технической физики. 1993. Том 19. Выпуск 10. С. 18–21.
7. Косов В.Н., Кульжанов Д.У., Жаврин Ю.И., Федоренко О.В. Влияние концентрации компонентов смеси на возникновении конвективных режимов смешения при диффузии в тройных газовых смесях // Журнал физической химии. 2017. Том 91. № 6. С. 931–936.
8. Шервуд Т., Пигфорд Р., Уилки Ч. Массопередача. М.: Химия, 1982. 695 с.
9. Kosov V., Krasikov S., Fedorenko O. Diffusion and convective instability in multicomponent gas mixtures at different pressures // The European Physical Journal. Special Topics. 2017. Vol. 226. no. 6. Pp. 1177–1187.
10. Trengove R.D., Robjohns H.L., Dunlop P.J. Diffusion coefficients and thermal diffusion factors for the systems H_2-N_2 , D_2-N_2 , H_2-O_2 and D_2-O_2 // Physical Chemistry. 1983. Vol. 87. Pp. 1187–1190.

REFERENCES

1. Gershuni G.Z., Zhukhovitskii E.M. Konvektivnaya ustoichivost' neszhimaemoi zhidkosti [Convective stability of incompressible fluid]. Moscow, Nauka Publ., 1972. 392 p.
2. Joseph D.D. Stability of Fluid Motions (Berlin: Springer-Verlag, 1976).
3. Dil'man B.B., Lipatov D.A., Lotkhov V.A., Kaminskii V.A. Vozniknovenie neustoichivosti pri nestatsionarnom isparenii binarnykh rastvorov v inertnyy gaz [The occurrence of instabilities in non-stationary evaporation of binary solutions in an inert gas]. In: Teoreticheskie osnovy khimicheskoi tekhnologii [Theoretical foundations of chemical engineering], 2005, Vol. 39, no 6, pp. 600–606.
4. Zhavrin Yu.I., Kosov V.N. Vliyanie temperatury na protsess diffuzionnoi neustoichivosti [The effect of temperature on the process of diffusion instability]. In: Inzhenerno-fizicheskii zhurnal [Engineering-Physics Journal]. 1988. Vol. 55. , no. 1, pp. 92–97.
5. Zhavrin Yu.I., Kosov V.N., Fedorenko O.V., Akzholova A.A. Nekotorye osobennosti izotermicheskogo mnogokomponentnogo massoperenosa pri konvektivnoi neustoichivosti

- gazovoi smesi [Some features of isothermal multicomponent mass transfer in convective instability of a gas mixture]. In: *Teoreticheskie osnovy khimicheskoi tekhnologii* [Theoretical foundations of chemical technology]. 2016. Vol. 50. , no. 2, pp. 177-183.
6. Kosov V.N., Zhavrin Yu.I. Obrazovanie struktur i kontsentratsionnaya konvektsiya pri izotermicheskoi diffuzii v trekhkomponentnykh gazovykh smesyakh cherez peremennoe chislo kanalov ravnoi ploshchadi [Formation of structures and concentration convection in isothermal diffusion in ternary gas mixtures using a variable number of channels of equal area]. In: *Pis'ma v zhurnal tekhnicheskoi fiziki*. 1993. Tom 19 [Letters to journal of technical physics. 1993. Volume 19]. Issue 10, pp. 18-21
 7. Kosov V.N., Kul'zhanov D.U., Zhavrin Yu.I., Fedorenko O.V. Vliyanie kontsentratsii komponentov smesi na vzniknoenie konvektivnykh rezhimov smesheniya pri diffuzii v troinykh gazovykh smesyakh [Effect of the concentration of mixture components on the occurrence of convective mixing regimes during diffusion in ternary gas mixtures]. In: *Zhurnal fizicheskoi khimii* [Journal of Physical Chemistry]. 2017. Vol. 91. , no. 6, pp. 931-936.
 8. Sherwood T., Pigford R., Wilke C. Mass Transfer. New York, McGraw-Hill Inc., 1975.
 9. Kosov V., Krasikov S., Fedorenko O. Diffusion and convective instability in multicomponent gas mixtures at different pressures. In: *The European Physical Journal. Special Topics*. 2017. Vol. 226. no. 6. pp. 1177-1187.
 10. Trengove R.D., Robjohns H.L., Dunlop P.J. Diffusion coefficients and thermal diffusion factors for the systems H_2-N_2 , D_2-N_2 , H_2-O_2 and D_2-O_2 . In: *Physical Chemistry*. 1983. Vol. 87. pp. 1187-1190.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (проект AP05130712 «Разработка технологических основ разделения газовых смесей на модульных проточных устройствах в режиме конвективной диффузии в контексте энергоэффективности и влияния на окружающую среду»).

ACKNOWLEDGMENTS

The work was supported by the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Development of the Technological Basis for Separation of Gas Mixtures on Modular Flow Arrangements in Convective Diffusion Mode in the Context of Energy Efficiency and Environmental Impact Project).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Косов Владимир Николаевич – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, академик Национальной академии наук Республики Казахстан Высшей школы Республики Казахстан, директор центра прикладных исследований и функциональных технологий Казахского национального педагогического университета имени Абая; e-mail: kosov_vlad_nik@list.ru

Федоренко Ольга Владимировна – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института экспериментальной и теоретической физики Казахского национального университета имени аль-Фараби;

e-mail: fedor23.04@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vladimir N. Kosov – doctor of physical and mathematical sciences, professor, corresponding member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, academician of the National Academy of Sciences of the High School of RK, director of the center of applied researches and functional technologies of Abai Kazakh National Pedagogical University;

e-mail: kosov_vlad_nik@list.ru

Olga V. Fedorenko – PhD in physical and mathematical sciences, senior researcher of the Research Institute of Experimental and Theoretical Physics at al-Farabi Kazakh National University;

e-mail: fedor23.04@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Косов В.Н., Федоренко О.В. Конвективные режимы при диффузии в трехкомпонентных газовых системах при различном содержании самого тяжелого по плотности компонента в смеси // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 1. С. 119-127

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-119-127

FOR CITATION

Kosov V. N., Fedorenko O. V. Convective regimes under diffusion in three-component gas systems at different content of the density heavy component in the mixture. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences*, 2018, no. 1, pp. 119-127

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-119-127



ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБЛАСТНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Научный журнал «Вестник Московского государственного областного университета» основан в 1998 г. Выпускается десять серий журнала: «История и политические науки», «Экономика», «Юриспруденция», «Философские науки», «Естественные науки», «Русская филология», «Физика-математика», «Лингвистика», «Психологические науки», «Педагогика». Все серии включены в составленный Высшей аттестационной комиссией Перечень ведущих рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по наукам, соответствующим названию серии. Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Печатная версия журнала зарегистрирована в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Полнотекстовая версия журнала доступна в Интернете на платформе Научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru), а также на сайте журнала www.vestnik-mgou.ru.

ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБЛАСТНОГО УНИВЕРСИТЕТА

СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»

2018. № 1

Над номером работали:

Литературный редактор О.О. Волобуев
Переводчик И.А. Улиткин
Корректор Н.Л. Борисова
Компьютерная вёрстка – Д.А. Заботина

Отдел по изданию научного журнала
«Вестник Московского государственного областного университета»:
105005, г. Москва, ул. Радио, д. 10А, офис 98
тел. (495) 780-09-42 (доб. 6104); (495) 723-56-31
e-mail: vest_mgou@mail.ru
сайт: www.vestnik-mgou.ru

Формат 70x108/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Minion Pro».

Тираж 500 экз. Уч.-изд. л. 7,75, усл. п.л. 8.

Подписано в печать: 26.03.2018. Выход в свет: 28.03.2018. Заказ № 2018/03-03.

Отпечатано в ИИУ МГОУ
105005, г. Москва, ул. Радио, 10А