



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

Том 25 № 1 (2017)
DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1
<http://journals.rudn.ru/ecology>
Научный журнал
Издается с 1993 г.

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-61176 от 30.03.2015 г.
Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Главный редактор

Редина Маргарита Михайловна — доктор экономических наук, заведующая кафедрой прикладной экологии экологического факультета РУДН

Члены редакционной коллегии

Калабин Геннадий Александрович — доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры системной экологии экологического факультета РУДН

Никольский Александр Александрович — доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры системной экологии экологического факультета РУДН

Хаустов Александр Петрович — доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры прикладной экологии экологического факультета РУДН

Хуторской Михаил Давыдович — доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры прикладной экологии экологического факультета РУДН

Валерио Агнесси — директор Итало-Российского экологического Университета Палермо (Италия)

Леонардо Гатто — профессор Университета Палермо (Италия)

Зоренко Татьяна Анатольевна — кандидат биологических наук, профессор биологического факультета Латвийского университета

Седов Сергей Николаевич — профессор Института геологии UNAM (Мексика)

Чен Хи — заместитель директора Хунаньского Центра по борьбе с болезнями и профилактике (Китай)

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

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

ISSN 2408-8919 (online); ISSN 2313-2310 (print)

4 выпуска в год (ежеквартально).

Языки: русский, английский.

Индексация: РИНЦ, ВАК, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, Cyberleninka.

Цель и тематика

Целью журнала «Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности» является повышение эффективности научных исследований в области охраны окружающей среды и экологии человека, а также распространение современных методов исследований и новейших достижений в области рационального природопользования. Начиная с 1993 г. в журнале публикуются результаты фундаментальных и прикладных работ ученых, преподавателей, аспирантов в виде научных статей, научных сообщений, библиографических обзоров по следующим направлениям: общая экология, природопользование, устойчивое развитие, экологическая безопасность, защита окружающей среды, экология человека, экологическая экспертиза, радиоэкология и радиационный контроль, оценка состояния окружающей среды и экологическое образование.

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

Основные рубрики журнала:

«Экология», «Безопасность деятельности человека», «Защита окружающей среды», «Экология человека», «Биогеохимия», «Геоэкология», «Биологические ресурсы», «Проблемы экологического образования».

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

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

Редактор: *И.В. Успенская*

Компьютерная верстка: *О.Г. Горюнова*

Адрес редакции:

ул. Орджоникидзе, д. 3, Москва, Россия, 115419

Тел.: (495) 955-07-16; e-mail: ipk@rudn.university

Адрес редакционной коллегии серии «Экология и безопасность жизнедеятельности»:

Подольское шоссе, д. 8/5, Москва, Россия, 113093

Тел.: (495) 952-70-28; E-mail: ecojournalrudn@rudn.university

Подписано в печать 15.03.2017. Выход в свет 30.03.2017. Формат 70×100/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «NewtonС».

Усл. печ. л. 15,16. Тираж 500 экз. Заказ № 33. Цена свободная.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Российский университет дружбы народов» (РУДН)

117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Отпечатано в типографии ИПК РУДН

115419, Москва, Россия, ул. Орджоникидзе, д. 3, тел. (495) 952-04-41; e-mail: ipk@rudn.university



RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY

VOLUME 25 NUMBER 1 (2017)
DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1
<http://journals.rudn.ru/ecology>
Founded in 1993

Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA

EDITOR-IN-CHIEF

Redina Margarita Mikhailovna — Doctor of Economics, Head of Department of Applied Ecology, Ecological Faculty, People's Friendship University of Russia

EDITORIAL BOARD

Kalabin Gennady Alexandrovich — Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of System Ecology Ecological Faculty, People's Friendship University of Russia

Nikolsky Alexander Alexandrovich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of System Ecology, Ecological Faculty, People's Friendship University of Russia

Khaustov Alexander Petrovich — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the Department of Applied Ecology, Ecological Faculty, People's Friendship University of Russia

Khutorskoy Michael Davydovich — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the Department of Applied Ecology, Ecological Faculty, People's Friendship University of Russia

Valerio Agnessi — Director of Italian-Russian Environmental University of Palermo (Italy)

Leonardo Gatto — Professor of the University of Palermo (Italy)

Zorenko Tatiana Anatolievna — Habilitated Doctor of Biological Sciences, Professor of the Biological Faculty of the University of Latvia

Sedov Sergey Nikolaevich — Professor of the Institute of Geology UNAM (Mexico)

Cheng Hui — Deputy Director of the Huang Chinese Center for Disease Control And Prevention

Wan Zhenzhin — Professor, Executive Director of the Permanent Committee of Ecologic Association of the People's Republic of China, Head of the Laboratory of Ecology and Biodiversity of the Institute of Biology of the Shandong University in China

RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY.
Published by the Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

ISSN 2408-8919 (online); ISSN 2313-2310 (print)

4 issues per year.

Languages: Russian, English.

Indexing: RSCI, HAC, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, Cyberleninka

Aim and Scope

An efficiency increase in the field of environmental protection and scientific research of human ecology, as well as the spread of modern methods of research and the latest achievements in the field of environmental management are the aim of the journal "Bulletin of Russian Peoples Friendship University. Series: Ecology and Life Safety". Since 1993 the results of fundamental and applied research of scientists, professors, post-graduate students are published in the journal in the form of scientific articles, scientific reports and bibliographic reviews. Papers are focused on general ecology, environmental management, sustainable development, environmental safety, environmental protection, human ecology, environmental impact assessment, radioecology and radiation monitoring and ecological education.

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

Main thematic sections:

The main headings of the journal are ecology, the safety of human activity, environmental defence, human ecology, biogeochemistry, geoecology, biological resources and problems of environmental education.

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

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

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

Editor *I.V. Uspenskaya*

Computer design: *O.G. Gorunova*

Address of the editorial board:

Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

Ph. +7 (495) 955-07-16; e-mail: ipk@rudn.university

Address of the editorial board Series "Ecology and Life Safety":

Podolskoye shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

Tel. +7 (495) 952-70-28; E-mail: ecojournalrudn@rudn.university

Printing run 500 copies. Open price.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
"Peoples' Friendship University of Russia"
6 Miklukho-Maklaya str., 117198 Moscow, Russia

Printed at RUDN Publishing House:

3 Ordzhonikidze str., 115419 Moscow, Russia,
Ph. +7 (495) 952-04-41; e-mail: ipk@rudn.university

СОДЕРЖАНИЕ

Макарова М.Г., Редина М.М., Попкова А.В. Разнообразие современной экологии	7
ЭКОЛОГИЯ	
Кутафина Н.В., Краснопивцева А.Н. Физиологические основы адаптации растительных организмов в условиях урбанизированной среды	21
Баздырев А.В., Мурзаханов Е.Б. Состояние ресурсов гусеобразных птиц Южной Барабы и Северной Кулунды в летний период и их сохранение	29
Мельникова Е.Б. Сезонная изменчивость интенсивности свечения гидробионтов на юго-западном шельфе Крыма	36
Зубкова Е.Н., Белова Т.А. Физиология фотопериодической чувствительности у растительных организмов при различной продолжительности светового периода	50
Курбатова А.И., Тарко А.М., Козлова Е.В. Влияние повышения атмосферной концентрации CO ₂ на экологические параметры растительных сообществ в странах Центральной и Южной Америки	58
Кутафина Н.В., Белова Т.А. Физиологические аспекты тромбоцитарной активности у телят первого года жизни в условиях Центрального Черноземья	73
Зайцев В.В., Григорьев В.С., Макурина О.Н. Система гемостаза у лактирующих коров в условиях Среднего Поволжья в норме и при начинающихся явлениях мастита	82
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
Сигора Г.А., Ничкова Л.А., Хоменко Т.Ю. Эколога-экономический индекс как показатель безопасного устойчивого развития регионов	88
Корнеева И.Ю. Индикаторные показатели червей и растений для оценки экологического состояния вермикомпостируемых почв	97
Горбунова Т.Ю., Гапон С.В., Горбунов Р.В. Картографирование типов наземных покровов субсредиземноморских низогорных ландшафтов средствами геоматики (на примере Юго-Восточного Крыма)	104
Павлова С.А. Моделирование радиоэкологических процессов	116
ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
Гармышев В.В. Ретроспективная оценка индивидуального риска гибели людей в результате пожаров на территории Иркутской области	124
Будыкина Т.А., Будыкина К.Ю. Прогрессивные технологии и средства тушения пожаров на нефтебазах	132
Скворцов А.Н. Теоретический расчет звукоизоляции звукоподавляющей ячеистой панели ...	145
Король Т.О. Роль природно-экологических факторов при внедрении зеленых строительных технологий в России	155
БИОГЕОХИМИЯ	
Аскарова Д.А. Влияние угольной пыли на накопление Pb, Cd проростками бобовой культуры	169
ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА	
Королев В.А., Ляшев Ю.Д., Рыжаева В.Н., Кирищева Н.Е., Королев И.В., Никитина Е.С. Относительный экологический риск формирования патологии желудочно-кишечного тракта взрослого населения Курской области в условиях интенсивного применения инсектицидов	178

CONTENTS

Makarova M.G., Redina M.M., Popkova A.V. Diversity of modern ecology	7
ECOLOGY	
Kutafina N.V., Krasnopivceva A.N. The physiological basis of adaptation of a plant species in urbanized environment	21
Bazdyrev A.V., Murzakhanov E.B. Resources of anseriformes of Southern Baraba and Northern Kulunda during the summer period and their conservation	29
Melnikova E.B. Seasonal variability of hydrobionts luminescence intensity in the south-western shelf of Crimea	36
Zubkova E.N., Belova T.A. The physiology of photoperiodic sensitivity among plant species with different light period	50
Kurbatova A.I., Tarko A.M., Kozlova E.V. An impact of rising atmospheric concentrations of carbon dioxide on plants in Central and South America	58
Kutafina N.V., Belova T.A. Physiological aspects of platelet-derived activity in calves first year of life in the Central Black earth	73
Zaitsev V.V., Grigoriev V.S., Makurina O.N. Hemostasis system in lactating cows in the conditions average volga region in normal and events begins mastitis	82
CONTROL OF ENVIRONMENTAL STATE	
Sigora G.A., Nichkova L.A., Khomenko T.Y. Ecological-economic index as the rate of safe sustainable development of the regions	88
Korneeva I.Yu. Indicator the indicators of earthworms and plants to assess the ecological status vermicomposting soil	97
Gorbunova T.Yu., Gapon S.V., Gorbunov R.V. Mapping of land cover types of sub-mediterranean lowmountain landscapes by means of geomatics (South-Eastern Crimea as example)	104
Pavlova S.A. Modelling of radio ecological processes	116
ENVIRONMENTAL DEFENCE	
Garmyshev V.V. Retrospective assessment of individual risk of death of people in fires in the Irkutsk region	124
Budykina T.A., Budykina K.Yu. Advanced fire suppression technologies at fuel storage facilities... ..	132
Skvortsov A.N. Teoretichesky calculation of acoustic insulation zvukopodavlyayushey honeycomb panels	145
Korol T.O. The role of natural and environmental factors in the introduction of green building technologies in Russia	155
BIOGEOCHEMISTRY	
Askarova D.A. Influence of coal dust on accumulation of Pb, Cd sprouts of bean culture	169
HUMAN ECOLOGY	
Korolev V.A., Lyashev J.D., Ryzhaeva V.N., Kirishcheva N.E., Korolev I.V., Nikitina E.S. On the environmental risk of a pathology of the gastrointestinal tract adult population Kursk area under intensive use of insecticides	178



DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-7-20

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ РАЗНООБРАЗИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

М.Г. Макарова, М.М. Редина, А.В. Попкова

Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

DIVERSITY OF MODERN ECOLOGY

M.G. Makarova, M.M. Redina, A.V. Popkova

Peoples' Friendship University of Russia
Podol'skoe shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

1. ВВЕДЕНИЕ

Начиная с Э. Геккеля экологию понимают как науку о взаимоотношении организмов с окружающей внешней средой, которая складывается из множества элементов неорганической и органической природы. Но в отличие от середины XIX в., когда впервые был введен термин «экология» [1], в современный период развития общества для большинства организмов окружающей средой является сильно измененная человеком природная среда, и взаимоотношения с факторами этой среды заключаются в адаптации живых организмов к тем или иным проявлениям антропогенного воздействия. В настоящее время экология перестала быть просто «наукой о доме», системой представлений о взаимоотношениях между живой и неживой природой, но стала интегрированной дисциплиной, связывающей физические и биологические явления и образующей мост между естественными и общественными науками. В современном обществе начала XXI в. экологию рассматривают как своего рода идеологию «современного развитого постиндустриального общества *теоретическую основу поведения* человека индустриального общества в природе» [2].

Сейчас трудно найти естественную науку, в которой не была бы выделена экологическая составляющая. Поэтому в нашем журнале мы считаем возможным помещать статьи, охватывающие очень широкий круг вопросов — от классических экологических до прикладных инженерно-экологических и медико-экологических, а также смежные научные направления (географические и геологические), вопросы методики экологических исследований и экологического образования.

Разнообразие научно-прикладных задач и мнений по многим экологическим, геоэкологическим, социально-экологическим проблемам определяет возможность публикации спорных статей, мнение авторов которых не всегда совпадает с мнением редколлегии. Это создает основу для дискуссии, к которой мы призываем наших читателей.

2. ОБЗОР СОДЕРЖАНИЯ ЖУРНАЛА

2.1. Экология

Раздел «Экология» является ведущим разделом нашего журнала. Тематика статей этого раздела в первом номере охватывает такие вопросы экологии, как механизмы адаптации, влияние абиотических факторов на жизнедеятельность организмов, биоразнообразие и математическое моделирование глобальных циклов углерода.

Изменения, происходящие в окружающей среде под влиянием того или иного абиотического фактора, в том числе антропогенного, включают механизмы адаптации, от успешности которой зависит возможность организмов выживать и размножаться.

Одним из важнейших абиотических факторов традиционно называют свет, особенно для фотосинтезирующих зеленых растений. Ритмичность (суточная и сезонная) в жизнедеятельности организмов, в частности процессов фотосинтеза, определяется величиной световой части суток (сокращением осенью и увеличением весной). В организмах растений выработались особые механизмы, реагирующие на продолжительность освещенного периода, в частности, это изменения в пигментном аппарате. В статье *Н.В. Кутафиной, А.Н. Краснопивцевой* «Физиологические основы адаптации растительных организмов в условиях урбанизированной среды» читатели могут ознакомиться с результатами изучения содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях березы повислой *Bétula péndula*, произрастающей в парке при активном световом антропогенном воздействии и лесном массиве. Основой проведенных исследований явилось предположение, что в урбоэкосистемах растения приспосабливаются не только к изменениям почвенного покрова и воздуха, но и к изменению продолжительности светового дня за счет вечернего и утреннего освещения уличными фонарями во второй половине вегетационного периода. В естественных условиях к завершению вегетационного периода происходит понижение интенсивности фотосинтеза за счет деструкции пластид и уменьшение содержания хлорофилла и воды в листьях. Изменения пигментного комплекса растений в условиях городской освещенности изучены недостаточно, и этим данная работа очень интересна. Авторами установлено, что сокращение содержания фотосинтетических пигментов растений парковой зоны менее выражено и процессы фотодеградации замедлены. В листовых пластинах деревьев парковой зоны в связи с адаптацией пигментного аппарата к более длительному световому периоду увеличивается содержание хлорофилла и каротиноидов. По мнению авторов, полученные результаты свидетельствуют о высокой устойчивости и адаптации парковых растений к воздействию некоторых видов антропогенного воздействия.

Важным адиабатическим фактором традиционно рассматривается температура среды. Температурный фактор характеризуется ярко выраженными сезонными и суточными колебаниями, которые имеют важное сигнальное значение для активности организмов. Влияние температурного фактора рассматривается в статье *Е.Б. Мельниковой* «Сезонная изменчивость интенсивности свечения гидробионтов на юго-западном шельфе Крыма». Исследования колебаний биолюминесценции проводились в акватории Черного моря (юго-западная часть Крыма и Севастопольская бухта).

Интенсивность биолюминесценции рассматривается автором как индикатор экологического состояния водных экосистем, подверженных повышенному антропогенному стрессу. Для оценки роли антропогенной составляющей автор изучает изменения природного фактора, влияющие на свечение гидробионтов, — колебания температуры воды в разные сезоны. Выявленные пики активности свечения в значительной степени определяются температурным режимом зимнего периода года и связаны с глубиной водоема.

Прикладным исследованиям, связанным с оценкой биоразнообразия, посвящена статья *А.В. Баздырева, Е.Б. Мурзаханова* «Состояние ресурсов гусеобразных птиц Южной Барабы и Северной Кулунды в летний период и их сохранение». Исследования проводились в рамках Программы повышения конкурентоспособности ТГУ за счет средств гранта РФФИ № 12-04-90851-мол_рф_нр, проекта «Сохранение савки в России» (Conservation Leadership Programme) и договорных работ с Департаментом по охране животного мира Новосибирской области по выявлению мест обитания особо охраняемых видов птиц.

Специфика территории района исследований, одной из ключевых орнитологических территорий международного значения, характеризуется сочетанием меняющихся природных условий и интенсивной антропогенной нагрузкой, что сказывается на численности гусеобразных. Проведенные работы по учету гусеобразных позволили авторам разработать рекомендации по сохранению биоразнообразия и реформированию системы охраны их популяций.

В этом номере продолжается публикация серии статей, посвященных региональным особенностям проявления глобального цикла углерода в биосфере (*А.И. Курбатова, А.М. Тарко, Е.В. Козловой* «Влияние повышения атмосферной концентрации CO₂ на экологические параметры растительных сообществ в странах Центральной и Южной Америки»). Эти продолжающиеся совместные исследования сотрудников экологического факультета и Вычислительного центра РАН базируются на использовании глобальной пространственной математической модели цикла углерода. Авторами рассчитываются изменения экологических параметров и климата от выбросов углекислого газа при сжигании ископаемого топлива, вырубки лесов и эрозии. Авторами были последовательно рассмотрены ситуации, которые складываются в различных регионах мира, таких как страны БРИКС, Индокитай, Россия, США, страны Персидского залива и др. Данная статья рассматривает возможные сценарии изменения климата в странах Центральной и Южной Америки.

Вопросы аутоэкологии рассматриваются в статье *Н.В. Кутафиной, Т.А. Беловой* «Физиологические аспекты тромбоцитарной активности у телят первого года

жизни в условиях Центрального Черноземья». Опираясь на представление о том, что оптимальная динамика функциональных характеристик гемостаза связана с состоянием элементов крови, в частности тромбоцитов, авторы на основе лабораторных исследований крови новорожденных телят уточнили возрастные изменения агрегационных возможностей тромбоцитов на начальных этапах онтогенеза у телят. Установлено, что в ходе раннего онтогенеза у телят возрастает активность тромбоцитов, отражая работу адаптационных механизмов в ответ на средовые воздействия на организм животных.

2.2. Оценка состояния окружающей среды

Начиная с саммита «Рио-92» национальная концепция устойчивого развития регионов и стран, а также формирование индексов и показателей такого развития занимают существенное место в списке публикуемых статей. Одним из важнейших индексов, определяющих экономическую составляющую устойчивого развития, принятых в нашей стране, является эколого-экономический индекс, определенный для всех субъектов РФ. После вхождения Республики Крым и Севастополя в состав Южного федерального округа сотрудниками Севастопольского государственного университета *Г.А. Сигорой, Л.А. Ничковой, Т.Ю. Хоменко* были проведены работы по расчету ЭЭИ, первые результаты которых приведены в их статье «Эколого-экономический индекс как показатель безопасного устойчивого развития регионов». Проведенные исследования позволили определить значение Республики Крым и Севастополя в экономике Южного федерального округа и наметить базовые отрасли экономики, а именно туризм, промышленность и сельское хозяйство, развитие которых обеспечит устойчивое развитие региона.

Одним из важнейших методов оценки состояния окружающей среды является биологическое тестирование, называемое иногда активным мониторингом. Биотестирование позволяет выявлять различные стрессовые воздействия на основе реакции тест-организмов, в качестве которых используют различные организмы, обладающие специфической, отчетливо выраженной реакцией на биологически значимое среды. Эти организмы позволяют определять скорость происходящих изменений, места скопления в экосистемах токсикантов, степень опасности для человека и биоты конкретных веществ или их сочетаний. Биотестирование рассматривают как универсальный и малозатратный способ определения токсичности среды (почв, водоемов, атмосферного воздуха).

Вопросам биоиндикации посвящена статья *И.Ю. Корнеевой* «Индикаторные показатели червей и растений для оценки экологического состояния вермикомпостируемых почв». В качестве тест-организмов были выбраны несколько видов червей и культурные растения (пшеница и салат), загрязнителей почв — отходы кожевенного и цементного производств.

Исследования показали, что индикационными признаками загрязнения в случае использования червей как тест-индикторов являются холодоустойчивость, репродуктивная активность, восстановительные способности популяции, для пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) — ростовые показатели, а для салата обыкновенного (*Lactuca sativa* L.) — водоудерживающая способность и оводненность листьев.

Важным современным методом картографирования значительных по площади территорий с середины 1980-х гг. стало геоинформационное картографирование, основанное на применении данных дистанционного зондирования. Успешно развиваясь в системе геологических и географических наук, эта методика все чаще применяется и при экологических исследованиях, позволяя оперативно составлять систем картографических документов по оценке состояния окружающей среды. Примером таких работ является статья *Т.Ю. Горбуновой, С.В. Гапона, Р.В. Горбунова* «Картографирование типов наземных покровов субсредиземноморских низкогорных ландшафтов средствами геоматики (на примере Юго-Восточного Крыма)». Растительный покров является важнейшим индикатором состояния окружающей среды, так как легко опознается по материалам космических съемок и отражает уровень антропогенного воздействия на территорию и структуру землепользования. В статье подробно представлена методика проведенного моделирования и оценена точность опознавания растительных сообществ.

Моделирование как один из основных методов познания широко применяется во всех отраслях науки, в том числе и в экологии. Поведение организмов в живой природе средствами математики описать адекватно гораздо труднее, чем самые сложные физические процессы, но модели помогают устанавливать некоторые закономерности и общие тенденции развития отдельных популяций, а также сообществ. Моделирование позволяет изучать процессы и системы, устанавливать прямые и обратные связи, определять причинно-следственные связи, оценивать динамику биологических процессов и прогнозировать скорость и направление миграции токсикантов изменения, которые могут происходить в окружающей среде вследствие воздействия каких-либо факторов. При этом модель позволяет найти оптимальный способ ее решения. По мере развития экологии и совершенствования методики моделирования усложнялись научные и прикладные вопросы, для ответа на которые эти модели создавались.

Первоначально результаты математического моделирования представляли отвлеченный теоретический интерес, но в дальнейшем они стали носить конкретный практический характер. Обзор применения моделирования для решения проблем радиоэкологии приведен в статье *С.А. Павловой* «Моделирование радиоэкологических процессов». В этой обзорной статье рассмотрены примеры камерных моделей, которые описывают миграцию радионуклидов в экосистемах и позволяют сделать детальный прогноз накопления и динамики радионуклидов в компонентах экосистем, структурно-логических моделей, описывающих многокомпонентные системы со сложными связями и модели пространственного агрегирования компонент экосистем.

2.3. Защита окружающей среды

Сегодня защита окружающей среды является одним из важнейших вопросов, которые совместно решают правительства, общественные организации и ученые большинства стран мира. Решение проблем защиты окружающей среды лежит в плоскости поиска щадящих промышленных технологий и безопасности производства, снижения вредных выбросов и сбросов, безопасных источников энергии

и более экологичных видов топлива, а также утилизации отходов производства и жизнедеятельности человека.

В этот раздел первого номера журнала помещена статьи, связанные с пожарной безопасностью, размещением бытовых отходов и защитой от шумового загрязнения (*А.Н. Скворцов* «Теоретический расчет звукоизоляции звукоподавляющей ячеистой панели»).

Как отмечают специалисты, среди всех техногенных аварий в России доминируют пожары [3]. Возникая как на промышленных предприятиях, так и в жилом секторе, они приводят к гибели людей и значительным материальным потерям. Обеспечение пожарной безопасности связано с определением пожарного риска, под которым понимают меру возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей [4]. Расчету пожарного риска на примере Иркутской области посвящена статья *В.В. Гармышева* «Ретроспективная оценка индивидуального риска гибели людей в результате пожаров на территории Иркутской области». Обзор современных технологий и средств тушения пожаров на нефтебазах представлен в статье *Т.А. Будыкиной, К.Ю. Будыкиной* «Прогрессивные технологии и средства тушения пожаров на нефтебазах».

Приоритетное значение в защите окружающей среды в населенных пунктах приобретает зеленое строительство, основной задачей которого является снижение уровня потребления ресурсов (энергетических и материальных) на протяжении всего жизненного цикла здания и повышение качества строительства и комфорта внутренней среды. Это достигается за счет высокотехнологичных решений и за счет использования приемов пассивной архитектуры. Применяемые технологии зеленого строительства должны учитывать разнообразие природных условий нашей страны. Анализу воздействия природных условий на макро-, мезо- и микроуровнях посвящена статья *Т.О. Король* «Роль природно-экологических факторов при внедрении зеленых строительных технологий в России», в которой представлены результаты исследований, выполненных при поддержке РФФИ № 15-05-01788 А. Автор отмечает, что главными факторами являются климатические характеристики, такие как приход солнечной радиации, тепловой и влажностный режимы. Для расчета эффективности применения зеленых строительных технологий автор предлагает использовать методы компьютерного моделирования, которые позволяют воссоздавать и анализировать ландшафтно-климатические условия территорий с помощью ряда специализированных компьютерных программ.

2.4. Биогеохимия

Биогеохимия, выделенная ее создателем В.И. Вернадским в самостоятельную область естествознания, играет значительную роль в экологических исследованиях. Изучая химический состав живого вещества, биогеохимия рассматривает качественные и количественные параметры трансформации и перемещения вещества в антропогенно-модифицированной окружающей среде, отвечая на актуальные вопросы экологии. Наиболее широко представлены биохимические

работы экологической направленности, посвященные выявлению влияния химических элементов, в том числе тяжелых металлов и других токсикантов на продуктивность растений [5]. Часто такие исследования проводят на основе модельного эксперимента, сопоставляя образцы с разным уровнем загрязнения и эталонные. Результаты подобных исследований приведены в статье *Д.А. Аскаровой* «Влияние угольной пыли на накопление Pb, Cd проростками бобовой культуры». Исследования проводились по традиционным методикам с определением содержания тяжелых металлов в почвенных и растительных образцах фотокolorиметрическим химическим дитизиновым методом Ринькиса и расчетом коэффициентов накопления и биологического поглощения (K_n). Исследования показали, что накопление Pb и Cd опытными проростками носит акропетальный характер и фитотоксический эффект не наблюдается.

2.5. Экология человека

Среди междисциплинарных наук, изучающих закономерности взаимодействия человека и окружающей среды, экология человека занимает особое место. Среди основных задач этого направления экологии, которые были определены в 1983 г. на I Всесоюзном совещании (г. Архангельск), можно отметить такие, как изучение состояния здоровья людей и анализ влияния отдельных факторов среды на индивидуума и на популяцию. Среди значимых факторов окружающей среды, определяющих экпатологии человека, всегда называют ядохимикаты. Этим исследованиям для Курской области, региону с высоким уровнем развития земледелия и, соответственно, с высоким уровнем применения пестицидов, посвящена работа группы авторов из Курского медицинского университета (*В.А. Королев, Ю.Д. Ляшев, В.Н. Рыжаева, Н.Е. Кирищева, И.В. Королев, Е.С. Никитина* «Относительный экологический риск формирования патологии желудочно-кишечного тракта взрослого населения Курской области в условиях интенсивного применения инсектицидов»). Исследования строились на сопоставлении районов с разным уровнем загрязнения почв инсектицидными препаратами и разным уровнем распространенности нозологий. В результате была выявлена связь инсектицидов и три из шести изучаемых нозологий.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги обзора статей, включенных в первый номер журнала «Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности», следует отметить, что тематика публикуемых статей очень разнообразна. Однако она далеко не в полной мере отражает весь спектр проблем и направлений исследований, характерных для современной экологии, которую редакционная коллегия журнала понимает как междисциплинарную науку, с тесным переплетением и взаимосвязью живых организмов, климатических условий, геолого-географической обстановки и здоровья человека.

Разнообразие рассматриваемых направлений дает основание редакции приглашать к сотрудничеству широкий круг специалистов в области экологии, биологии, географии, геологии и безопасности жизнедеятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Haeckel E.* General Morphologie der Organismen. Bd. 1, 2. Berlin://verlag von Georg Reimer, 1866.574,462 S.
- [2] *Шварц С.С.* Экологические основы охраны биосферы // Вестник Российской Академии наук. Т. 43. № 9. 1973. С. 35–45.
- [3] *Брушлинский Н.Н., Соколов С.В.* Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности в России: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2014.
- [4] Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 2008. № 30. Ч. 1. С. 3579.
- [5] *Kabata-Pendias A.* Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010.

© Макарова М.Г., Редина М.М., Попкова А.В., 2017

Для цитирования:

Макарова М.Г., Редина М.М., Попкова А.В. О разнообразии современной экологии // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. Т. 25. № 1. С. 7–20.

Сведения об авторах:

Макарова Марина Геннадьевна, кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии экологического факультета РУДН.

Контактная информация: e-mail: mgmakarova@yandex.ru

Редина Маргарита Михайловна, доктор экономических наук, зав. кафедрой прикладной экологии экологического факультета РУДН.

Контактная информация: e-mail: redina@yandex.ru

Попкова Анна Владимировна, аспирант кафедры экологического мониторинга и прогнозирования экологического факультета РУДН.

Контактная информация: e-mail: popkova_av@mail.ru

ENG

1. INTRODUCTION

According to E. Haeckel, ecology is the science about interactions between organisms and environment, which consists of a variety of elements of inorganic and organic origin. However a strongly modified by human environment becomes a habitat for today's organisms in contradistinction to the mid-19th century, when the term "ecology" [1] was firstly introduced. In this regard the relationship with factors of changed environment means the adaptation of living organisms to the different effects of human impact. Today

ecology is not just “a science about home”, not just a system of conceptions of interactions between biotic and abiotic nature. It has become an integrated discipline, linking the physical and biological phenomena and forming a bridge between the natural and social sciences. In XXI century ecology is considered as a kind of ideology of “modern developed post-industrial society and the theoretical basis of human behavior in the nature” [2].

It is hard to find a natural science which is not related to ecology. Therefore our journal covers research in all areas of ecology, including classic ecology, eco-engineering, health-related environmental studies and related scientific areas (geographical and geological), as well as methods of environmental research and ecological education.

The diversity of scientific and applied missions and ideas about ecological, social-and-ecological issues enables to cover debatable papers, and the authors' idea does not always coincide with the ideas of editorial board members. As a result this creates a basis for discussion, for which the readers are called.

2. REVIEW OF THE JOURNAL CONTENT

2.1. Ecology

Ecology section is a key section of the journal. This section of the first journal issue includes the studies about adaptation mechanisms, effects of abiotic factors on the organisms' life, biodiversity and mathematical modeling of global carbon cycles.

One of the most important abiotic factors is light, especially for photosynthetic green plants. Photosynthetic rhythmicity patterns (daily and seasonal) are determined by the daylight time (reducing in autumn and increasing in spring). The plant organisms have developed specific mechanisms responding to the duration of the daily illumination period, in particular there are the changes in a pigment apparatus.

The results of the study on chlorophyll and carotenoid content in the leaves of birch *Bétula péndula* growing in parks under active light human impact and woodland are presented in the article of *N.V. Kutafina, A.N. Krasnopivtseva* entitled “Physiological bases of adaptation of plant organisms in conditions of urban environment”. This study suggest the idea that plants of urban ecosystems adapt not only to soil and air changes, but also to changes of the daylight time duration due to evening and morning artificial illumination in the second half of the growing season. In natural conditions the intensity of photosynthesis reduces due to plastids degradation and chlorophyll and water content reduction in leaves by the end of vegetation season. Changes in pigment plant complex under urban illumination conditions are poorly studied and therefore this study is believed to appeal to the readership. The authors of the study have established that the photosynthetic pigment content reduction in plants of parkland was less prominent and the processes of photodestruction was decelerated. The increase of chlorophyll and lipochrome lamina content of park area trees is explained by the adaptation of pigment apparatus to prolonged light period. The authors belief that obtained data are indicative of a high resistance and adaptation of parkland plants to human impact.

Temperature is considered as a vital adiabatic factor. The temperature factor is characterized by seasonal and daily fluctuations, which have an important signal value for the activity of organisms. The effects of temperature are considered in the study of

E.B. Melnikova “Seasonal variability of hydrobiont luminescence intensity in the south-western shelf of Crimea”. Investigations of bioluminescence fluctuations were conducted in the Black Sea (south-western part of the Crimea and Sevastopol bay).

The intensity of bioluminescence is considered by author as an indicator of ecological state of water ecosystems affected by the increased anthropogenic stress. The changes of the factor affecting the bioluminescence of hydrobiontes, which is the fluctuation of water temperature in different seasons, were used to assess the role of anthropogenic load. The peaks of luminescence activity are largely associated by temperature conditions in winter period and the depth of the reservoir.

The article of **A.V. Bazdyreva** and **E.B. Murzakhanova** “State and conservation of the waterfowl in South and North Kulunda Baraba in summer period” is dedicated to applied research connected with assessment of biodiversity. The studies were conducted by support of the “Program of improving the competitiveness of the TSU” at the expense of the grant RFBR № 12-04-90851-mol_rf_nr project “Conservation of white-headed duck in Russia” (Conservation Leadership Programme) and contractual work with the Department of Wildlife Conservation in Novosibirsk region to identify the habitat of protected species of birds.

The peculiarity of the study area, which is one of the ornithological territories of international importance, is characterized by a combination of changing environmental conditions and intensive anthropogenic load, which affects the number of waterfowl. Services on accounting waterfowl allowed authors to develop recommendations for the conservation of biodiversity and reform of the system of protection of their populations.

The series of articles dedicated to regional features of manifestations of the global carbon cycle in the biosphere (**A.I. Kurbatova**, **A.M. Tarko**, **E.V. Kozlova** “Impact of increasing atmospheric CO₂ concentration on the ecological parameters of plant communities in Central and South America”) are presented in the issue. The joint study of the members of Ecological Department and Computing Center of Russian Academy of Sciences is based on the application of spatial mathematical model of global carbon cycle. The changes of environmental parameters and the climate resulting from carbon dioxide emissions caused by fossil fuel combustion, deforestation and erosion have been calculated and provided. Different situations common in different regions of the world, such as the BRICS countries, Indo-China, Russia, the United States, the Gulf countries and others (1 in 2016, 2 in 2015, 1, 2015) were consistently considered and described. Moreover, the possible scenarios of climate change Central and South America countries were analyzed.

The article of **N.V. Kutafina** and **T.A. Belova** “Physiological aspects of platelet activity of first year calves under the conditions of the Central Black Earth Region” considers the autecology issues. Based on the idea that the optimal dynamics of the functional characteristics of the hemostasis associated with elements of the blood condition, in particular platelet, authors established the age-related changes of platelet aggregation opportunities in the early stages of ontogenesis of calves. Data was received in the course of laboratory studies of newborn calves blood. It is shown that during the early ontogenesis of calves increased platelet activity reflects the activation of adaptive mechanisms in respond to environmental effects on the animals.

2.2. Environmental Assessment

After the summit “Rio-92” the national concept of sustainable development of regions and countries, as well as the creation of indexes and indicators of this development occupies a key position in the list of published articles. One of the most important indices that determine the economic component of sustainable development, adopted in our country, is the ecological-and-economic index, defined for all subjects of the Russian Federation.

After of the inclusion of the Republic of Crimea and Sevastopol in the Southern Federal District, the researchers from the Sevastopol State University **G.A. Sigorova**, **L.A. Nichkova**, **T.Y. Khomenko** conducted the work on EED calculation. The first results of this work are represented in the article “Ecological and economic index as an indicator of safe sustainable development in the regions”. The research allows to determine the place of the Republic of Crimea and Sevastopol in the Southern Federal District and to outline the basic sectors of the economy, namely tourism, industry and agriculture, the development of which will ensure sustainable development of the region.

Biological testing or active monitoring is one of the top environmental assessment methods. The biotest can detect a variety of stress factors on the basis of the reaction of test organisms. In general for these purposes various organisms having a specific, clearly expressed reaction to biologically significant environmental impact are used. Test-organisms can determine the rate of change, the ways and places where toxic substances accumulate in ecosystems, as well as the degree of hazard of specific substances or their combinations threatening humans and biota. The biotesting is considered as multipurpose and cost effective way to determine the toxicity of the environment (soil, waters, air).

Bioindication issues are described in the study of **I.Y. Korneeva** “The use of indicator index of worms and plants for assessing the ecological status of soil”. Several species of worms and crops (wheat and lettuce) were chosen as test organisms, while the leather and cement industrial waste as soil pollutant. The study revealed that the indicative features of pollution are those related to cold resistance, reproductive activity, recovery ability of the population in case of using worms, while the growth indicators were used for wheat (*Triticumaestivum* L.), and water-holding capacity and water content of leaves for lettuce (*Lactuca sativa* L.).

GIS mapping based on the use of remote sensing data have become one of the most important modern techniques of mapping of large regions since the mid 80-ies. This method is successfully used in geological and geographical sciences, however it is also applied in ecological studies, allowing promptly prepare mapping data about environmental status. An example of such a work is the article of **T.Y. Gorbunova**, **S.V. Gapon** and **R.V. Gorbunov** “Mapping of ground covers types of Submediterranean lowland landscape by geomatics tools (the South-Eastern Crimea as a case study)”. The vegetation cover is an important indicator of the environmental state, since it is easily recognized based on satellite imagery data. Moreover it reflects the level of anthropogenic impact on the territory and land use structure. The method of modeling was present and the accuracy of the plant communities’ identification was estimated in the study.

Modeling is widely used in all fields of science, including ecology. The behavior of organisms in nature is much more difficult to adequately describe by the means of mathematics than the most complex physical processes, but the model will help to establish

some patterns and general trends in the development of individual populations and communities. Modeling allows us to study the processes and systems, establish forward and backward linkages, identify causal relationships, assess the dynamics of biological processes and predict the speed and direction of migration changes toxicants, which may occur in the environment as a result of the impact of some factors. This model allows to find the best way to solve it. As ecology science advances and modelling methods become more sophisticated, the scientific and applied issues become more complicated and challenging.

Primarily the results of mathematic modelling had represented only theoretical interest, but consequently they became practical. A review of modelling application for resolving radioecological issues is present in the article of *S.A. Pavlova* “Modeling of radioecological processes”. A compartmental model described the migration of radionuclides in ecosystems as well as structural-and-logical models and modelling of spatial aggregation of ecosystem components are discussed in the present study. It allows making a detailed forecast of accumulation and dynamics of radionuclides in ecosystems’ components.

2.3. Environmental protection

Today the environmental protection is one of the top issues which are solved by joint activity of government, social associations and scientists from the majority of world countries. Search of new technologies with closed cycle of production process, decrease of harmful emissions and faulting, finding of new renewable sources of energy and ecofriendly types of fuels as well as waste management are the adequate solution in present situation.

The present journal section contains the articles related to fire safety (*V.V. Garmishev* “Retrospective estimation of individual death risk as a result of fire in Irkutsk region”), “Advanced technologies and resources of extinguishing in petroleum storage depot” by *T.A. Budikina*, and *K.Y. Budikina*, and protecting against noise pollution (*A.N. Skvortsov* “Theoretical calculation of sound damping of cellular panel”).

It was mentioned that fire dominate on all technogeneous incidents in Russia [3] Appearing both in industry and in the houses, it leads to considerable financial and human losses. Fire safety is related to the determination of fire risk, which is defined as a probability of fire hazard, its effects on people and their property [4]. Data of fire risk calculated for Irkutsk Region is present in article of V.V. Garmysheva. A review of modern technologies of extinguishing fires at oil depots is provided in the article of Budykina T.A., Budykina K.Y.

Green building being one of the priorities of the environment protection allows to reduce the consumption of resources (energy and material) throughout the building’s life cycle, and improving the quality of construction and convenience of the internal environment. This result can be achieved by applying high-tech solutions as well as methods of passive architecture. However the variety of natural conditions of our country should be considered during creation of the green building technologies. The analysis of the impact of natural conditions on the macro, meso and micro-levels is presented in article of *T.O. Korol* “The role of natural and environmental factors in the implementation of green building technologies in Russia”. The research was carried out with the support of the RFBR grant № 15-05-01788 A. The author points out the main factors, which are

the climatic characteristics, such as solar radiation income, heat and humidity conditions. To calculate the efficiency of the use of green building technologies, the author proposes the use of computer modeling techniques enabling to reconstruct and analyze the landscape and climatic conditions of the region applying a series of specialized computer programs.

2.4. Biogeochemistry

Biogeochemistry being an independent field of natural science plays a significant role in ecological studies. Biogeochemistry considers qualitative and quantitative parameters of the transformation and movement of matter in a human modified environment providing insight into the chemical composition of living matter. Generally ecobiochemical works are focused on identification of the influence of the chemical elements, including heavy metals and other pollutants on plant productivity [5]. Often these studies are conducted on the basis of simulation experiment and comparison of samples with different levels of pollution with reference ones. The results of such a study are presented in the article written by *D.A. Askarova* “The effect of coal dust on the accumulation of Pb, Cd in legume sprouts.” The research was conducted using traditional approaches with the determination of heavy metals in soil and plant samples as well as calculation of accumulation indices and biological absorption (K_n) index. The studies have shown that the accumulation of Pb and Cd in sprouts has an acropetally character, and the phytotoxic effect is not observed.

2.5. Human ecology

Human ecology occupies a special place among multidisciplinary sciences concerned with the study of patterns of interaction between human and environment. The study of human health and the analysis of the impact of environmental factors on individuals and population are the main objectives of human ecology. This priority was outlined at the All-Union Conference in 1983. Among the environmental factors that determine human ecopathology, chemical pesticides are considered to be one of the most significant. The research focused on the abovementioned issues was conducted by a group of authors from the Kursk Medical University (*V.A. Korolev, Y.D. Lyashev, V.N. Ryzhaeva, N.E. Kirischeva, I.V. Korolev* and *E.S. Nikitina* “Relative environmental risk of the gastrointestinal tract pathology of the adult population of Kursk area in the conditions of intensive use of insecticides”). The Kursk region is known as a region of a high level of agricultural development, and, consequently a high level of pesticide use. Studies were based on the comparison of areas with different levels of soil contamination by insecticidal preparations and different levels of prevalence of diseases. As a result, the connection was detected between 3 insecticides and studied nosology.

3. CONCLUSION

Summing up the review of the articles included in the first issue of the Bulletin PFUR series Ecology and life safety, it should be noted that the subject of published articles is very diverse. But of course it is not fully reflect the entire spectrum of issues and areas of modern ecology research, which the editorial board understands as interdisciplinary

science about close relationship of living organisms, climatic, geological and geographical environment and human health.

A variety of study areas gives us rise to invite specialists from different fields: ecology, biology, geography, geology and life safety.

REFERENCES

- [1] Haeckel E. *General Morphologie der Organismen*. Bd. 1, 2. Berlin: verlag von Georg Reimer, 1866. 574: 462.
- [2] Shvarc C. Jekologicheskie osnovy ohrany biosfery. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 43(9). 1973: 35–45.
- [3] Brushlinskyi N.N., Sokolov S.V. *Modern problems of ensuring fire safety in Russia*. M.: Academy of Ministry for Emergency Situations, Russia, 2014.
- [4] Technical regulations about requirements of fire safety: FL of the Russian Federation of July 22, 2008. Number 123. The Assembly of Russian legislation. 2008. № 30. Part 1. P. 3579.
- [5] Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition*. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010.

Article history:

Received: 26 November 2016

Revised: 28 November 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Makarova M.G., Redina M.M., Popkova A.V. (2017) Diversity of modern ecology. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 7–20.

Bio Note:

Makarova M.G., PhD, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of Geo-ecology Department, Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia. *Contact Information:* e-mail: mgmakarova@yandex.ru

Redina M.M., PhD, Doctor of Economic Sciences, Head of Department of Applied Ecology, Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia. *Contact Information:* e-mail: redina@yandex.ru

Popkova A.V., postgraduate, Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia. *Contact Information:* e-mail: popkova_av@mail.ru



УДК 57.022

DOI 10.222363/2313-2310-2017-25-1-21-28

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АДАПТАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ

Н.В. Кутафина, А.Н. Краснопивцева

Курский государственный университет
ул. Радищева, д. 33, Курск, Россия, 305000

Растения, ведущие прикрепленный образ жизни, вынуждены быть особенно пластичными в ответах на воздействия окружающей среды. К наиболее важным внешним факторам относятся свет, являющийся не только источником энергии для фотосинтеза, но и сигналом, активирующим и изменяющим программу развития растения. *Цель:* изучение содержания и соотношения разных форм фотосинтетических пигментов в листьях растений, произрастающих только в условиях естественного освещения (лесной массив), в сравнении с особями, имеющимися в условиях дополнительного освещения (расположенными вблизи уличных фонарей и освещенных окон домов). В опыт были включены особи растений березы, произрастающие в лесном массиве урочища Гуторево (густые насаждения березы в пределах соснового леса) и деревья рядовой посадки парка Лира (южная зона пригорода Курска). Листья взвешивали. Содержание пигментов определяли в лабораторных условиях в четырех аналитических повторностях. Содержание хлорофиллов и каротиноидов определяли расчетным путем. Оценивали объемную долю пигментов. Статистический анализ вели с использованием *t*-критерия Стьюдента. Изучено содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях березы повислой в результате искусственного увеличения продолжительности светового периода в условиях умеренного климата Курской области. У растений отмечено увеличение содержания хлорофиллов ($a + b$) на 12,0%, каротиноидов в листьях — на 23,0%. Есть основания считать, что адаптация пигментного аппарата растений березы, произрастающих в условиях естественного освещения (лесной массив) и у расположенных в зоне искусственного освещения, происходит путем трансформации светособирающего комплекса. Комплекс факторов урбанизированной среды, в том числе освещенность, уплотнение почвы в области подкоронового пространства, которые в большей степени испытывают парковые биомы, не приводит к уменьшению содержания пигментов в конце вегетации по сравнению с особями лесного биотопа. Это свидетельствует об их высокой устойчивости и лучшей адаптации к действию природных и антропогенных факторов.

Ключевые слова: растения, береза повислая, урбанизированная среда, фотопериод, хлорофиллы

Введение

Процессы адаптации свойственны всей живой природе [1–3]. Многие аспекты этого процесса прослежены на различных видах животных [4; 5] и на человеке [6]. Точно установлено, что на развитие данного процесса оказывает влияние генетика организма [7; 8], его реактивность на текущий момент [9] и факторы среды [10]. Биологическая роль адаптации заключается в максимально полном

приспособлении живого организма к существующим условиям и направлена на его выживание [11]. Это обеспечивается течением адаптации в условиях нормы и патологии [12]. Все эти закономерности вполне справедливы и для растительных организмов, находящихся в любых зонах нашей планеты [13]. Представляет большой интерес дальнейшее изучение аспектов этого процесса у растений, находящихся в урбанизированной зоне, т.е. в условиях городской среды [14]. Было замечено, что городская среда имеет существенные отличия от естественных природных условий, в которых сформированы физиологические особенности растительных организмов и особенно древесных растений. В урбоэкосистемах растения вынуждены приспосабливаться не только к неблагоприятным для них условиям, но и к изменению продолжительности светового дня во втором периоде вегетации за счет своеобразного светового климата: вечернего и утреннего освещения уличными фонарями, которое сказывается на фотопериодических явлениях [15].

Растения, ведущие прикрепленный образ жизни, вынуждены быть особенно пластичными в ответах на воздействия окружающей среды. К наиболее важным внешним факторам относится свет, являющийся не только источником энергии для фотосинтеза, но и сигналом, активирующим и изменяющим программу развития растения.

Интенсивность фотосинтеза характеризуется общей тенденцией постепенного понижения к концу вегетационного периода, которое объясняется старением листьев. В снижении интенсивности фотосинтеза листьев во второй половине вегетации играют роль многие факторы. Среди них наибольшее значение имеют изменения, наступающие в пластидах и хлорофилле по мере старения фотосинтетического аппарата. Известно, что старение листьев сопровождается деструкцией пластидов и уменьшением содержания хлорофилла, что приводит к понижению интенсивности фотосинтеза. Вместе с тем значительно понижается и содержание воды в листьях, являющееся одним из важных условий фотосинтеза [13; 15].

При исследовании состояния растений немаловажное значение имеет изучение пластичности фотосинтетического аппарата, его способности приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям. Одним из информативных и наиболее распространенных параметров, характеризующих фотосинтетический аппарат растений, является его пигментный состав.

Пигментная система растений — основа для фотосинтетического преобразования солнечной энергии в энергию химических связей. Хлорофиллы являются основными фотосинтетическими пигментами, а каротиноиды, выполняя свето-собирающую функцию, также выполняют светозащитную функцию, так как отводят избыточную энергию от хлорофиллов. В условиях высокой инсоляции часто повышена доля каротиноидов, выполняющих в данных условиях функцию защиты от фотоингибирования [16].

Эффективность работы пигментной системы зависит от соответствия ее структуры и функции экологическим условиям, прежде всего условиям освещения. Уровень инсоляции не одинаков в условиях лесных насаждений и в рядовых парковых посадках [17].

Указанные условия изменяют не только режим солнечной радиации, но и обеспечивают дополнительный источник света от уличных фонарей и освещенных окон домов, фар автомобилей, что должно отражаться на пигментной системе листьев, от эффективности работы которой напрямую зависит фотосинтетическая продуктивность растений. Адаптация к дополнительному режиму инсоляции может затрагивать как содержание фотосинтетических пигментов, так и соотношение их форм. Сведения об изменениях, происходящих в пигментном комплексе растений в условиях городской иллюминации, немногочисленны. Большинство известных работ посвящено изучению содержания пигментов растений в отдельных экстремальных условиях обитания — пустынях, высокогорьях и тундрах, крайнесеверной тайге [16] и содержат сведения об изменениях, происходящих в пигментном комплексе растений вдоль глобальных широтных градиентов [18].

В связи с этим целью нашей работы было изучение содержания и соотношения разных форм фотосинтетических пигментов в листьях растений, произрастающих только в условиях естественного освещения (лесной массив) в сравнении с особями, произрастающими в условиях дополнительного освещения (расположенными вблизи уличных фонарей и освещенных окон домов).

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в 2016 г. в период осеннего расцветивания листьев в условиях лесостепи Центрально-Черноземной зоны (южная зона пригорода Курска). В опыт были включены особи растений березы, произрастающие в лесном массиве урочища Гуторево (густые насаждения березы в пределах соснового леса) и деревья рядовой посадки парка Лира. В темное время суток парк освещен уличными фонарями и получает дополнительное освещение от расположенных по сторонам двух высотных домов. Территориально исследуемые виды находятся на расстоянии, не превышающем 150—200 м, а следовательно, почвенные и климатические условия равнозначны и соответствуют типично умеренному климату.

Оценка фаз развития объектов исследования проводилась на основе методики фенологических наблюдений в ботанических садах [5]. Сбор листьев растений проводили в октябре. Объектами исследования были выбраны растения березы повислой *Bétula péndula*, произрастающие в условиях естественного освещения (лесной массив) и особи, расположенные вблизи уличных фонарей и освещенных окон домов (парковая зона).

Измерения проводили на листьях среднего яруса. Листья взвешивали для сравнительной характеристики их массы в зависимости от места произрастания. Содержание пигментов определяли в лабораторных условиях в четырех аналитических повторностях. Пигменты экстрагировали 96% этанолом, их количество определяли на спектрофотометре Odyssey DR/2500 (“НАСН”, США). Содержание хлорофиллов и каротиноидов рассчитывали по формулам Vernon и Wettstein [15] в расчете на единицу сухого веса листа. Для определения соотношения объемной доли пигментов использовали метод разделения пигментов по Краусу по [15]. Статистический анализ вели с применением t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Живые организмы на нашей планете чутко реагируют на меняющиеся условия среды, состав почвы [19; 20] и любые внешние воздействия, в том числе искусственного характера [21]. Это было подтверждено и в проведенном исследовании, когда весовой анализ листьев в зоне наблюдения показал тенденцию к уменьшению их массы у древесных форм лесного массива. Их масса составляла 78,8% от опытных экземпляров на момент исследования. При этом площадь листьев имела обратный характер по причине их большей ксероморфности, что связано не только с наличием дополнительного освещения, но и с лучшим освещением из-за отсутствия затенения соседних деревьев, характерного для лесной полосы. Уменьшение массы связано с более быстрыми темпами подготовки листьев растений лесного биоценоза к периоду покоя, т.е. оттоку ассимилятов из листовой пластинки.

Данная зависимость имела отражение и в общем количестве выделенного пигмента с единицы массы листа при том же объеме растворителя: объем вытяжки с контрольных листьев имел показатели на 12,6% ниже парковых берез. Данный факт объясняется не только замедлением разрушения хлорофиллов, но и большим количеством каротиноидов как светозащитающих пигментов в результате повышенной инсоляции.

Более важным показателем, характеризующим степень изменения программы развития растения, является пигментный состав листа. Содержание фотосинтетических пигментов имеет незначительную прямую связь с объемным соотношением полученных вытяжек ($r = 0,63$, $p < 0,05$).

Исследование содержания пигментов у растений парковой зоны показало, что содержание хлорофилла в расчете на единицу сухого веса листа в 1,6 раза больше лесных экземпляров, в то время как содержание каротиноидов увеличивалось в 2,3 раза. Иными словами, содержание фотосинтетических пигментов в фазу начала осеннего расцветивания листьев зависит не только от уровня инсоляции. В экосистеме с высоким уровнем солнечной инсоляции было отмечено более высокое содержание хлорофилла. При этом, согласно исследованиям ряда авторов, в условиях высокого уровня солнечной инсоляции отмечается низкое содержание хлорофилла в растениях [15]. Являясь адаптивным признаком в условиях высокой освещенности, невысокое количество хлорофилла в ходе протекания фотосинтетического процесса уменьшает опасность фотодеструкции клетки. По причине зависимости протекания всех физиологических процессов у растений от продолжительности светового дня его сокращение у растений парковой зоны менее выражено и процессы старения листа более замедлены. Это позволяет говорить о большей сохранности фотосинтетической системы растений, претерпевающей меньшую фотодеструкцию.

Содержание каротиноидов положительно коррелировало с содержанием хлорофиллов, так как они являются обязательными компонентами пигмент-белковых комплексов фотосинтеза I и II. В проведенном исследовании такая связь прослежена на уровне $r = 0,73$ ($p < 0,01$). Это может означать, что с изменением уровня освещенности изменяются функциональные свойства хлоропластов, свя-

занные с составом фотосинтетических единиц, в светособирающий комплекс которых входят и каротиноиды.

Увеличение доли каротиноидов у растений парковой зоны связано не только с их фотозащитной, но и со светособирающей функцией. Изменение количества каротиноидов может быть связано с адаптацией пигментного аппарата парковых растений, как форм открытого местообитания к изменению интенсивности солнечного света и более продолжительному периоду светового дня.

Заключение

Комплекс факторов урбанизированной среды, в том числе освещенность, уплотнение почвы в области подкоронового пространства, которые в большей степени испытывают парковые биомы, не приводит к уменьшению содержания пигментов в конце вегетации в сравнении с особями лесного биома. Это свидетельствует об их высокой устойчивости и лучшей адаптации к действию природных и антропогенных факторов. У растений, произрастающих в пределах 150–200 м, но в условиях более продолжительного светового периода, обнаружена функциональная перестройка пигментного аппарата растений, которая связана с увеличением доли хлорофиллов и каротиноидов, а также изменение их соотношения в пользу последних у растений лесного биоценоза. Полученные результаты позволяют предположить, что увеличение доли каротиноидов связано с возрастанием их светозащитной роли у растений в урбанизированной зоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Кузьмин П.А., Иванова Е.В. Жизненное состояние древесных растений в городе Набережные Челны // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие современной науки». Уфа, 2014. С. 233–235.
- [2] Завалишина С.Ю. Физиология возбудимых тканей. Курск: РГСУ, 2012.
- [3] Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Кутафина Н.В. Физиологическая регуляция организма. СПб.: Лань, 2016.
- [4] Иванов Л.А., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Юдина П.К. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале // Физиология растений. 2013. № 6. С. 856–864.
- [5] Александрова М.С., Булыгин Н. Е., Ворошилов В.Н., Фролова Л.А. Фенологические наблюдения в ботанических садах // Бюллетень Главного ботанического сада. 1979. Вып. 113.
- [6] Медведев И.Н., Наумов М.М., Беспарточный Б.Д. Медицинская экология региона КМА. «Курский край: социальная экология». М., 2004. Т. 4.
- [7] Амелина И.В., Медведев И.Н. Проявления транскрипционной активности ядрышкообразующих районов хромосом в Курском регионе // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2009. Т. 147. № 6. С. 671–673.
- [8] Амелина И.В., Медведев И.Н. Активные ядрышкообразующие районы хромосом и белковый синтез // Фундаментальные исследования. 2007. № 1. С. 32.
- [9] Максимов В.И., Медведев И.Н. Основы физиологии. Санкт-Петербург: Лань, 2013.
- [10] Кутафина Н.В. Клеточное деление в норме и патологии // Материалы Международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные проблемы современной науки и образования». Курск, 2015. С. 44–49.
- [11] Медведев И.Н., Амелина И.В. Уровень хромосомных aberrаций и активность ядрышкообразующих районов хромосом в Курском регионе // Вестник Российского университета

- дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 2. С. 70–76.
- [12] *Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Кутафина Н.В.* Физиология висцеральных систем // Успехи современного естествознания. 2014. № 10. С. 87–88.
- [13] *Медведев И.Н., Беспарточный Б.Д., Наумов М.М., Язева Г.Г.* Агроэкология региона КМА. Т. 3 Пятитомного издания «курский край: социальная экология». М., 2004.
- [14] *Брагина О.М., Власова Н.В.* Некоторые биоэкологические особенности древесных и травянистых растений в модельных насаждениях города Самары // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного университета. 2013. № 2. С. 12–16.
- [15] *Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М.* Большой практикум по физиологии растений. М.: Высшая школа, 1975.
- [16] *Головки Т.К., Табаленкова Г.Н., Дымова О.В.* Пигментный комплекс растений Приполярного Урала // Ботанический журнал. 2007. Т. 92. С. 1732–1741.
- [17] *Demmig-Adams B., Gilmore A.M., Adams W.W.* In vivo function of carotenoids in higher plants // FASEB J. 1996. Vol. 10. P. 403–412.
- [18] *Попова И.А., Маслова Т.Г., Попова О.Ф.* Особенности пигментного аппарата растений различных ботанико-географических зон // Эколого-физиологические исследования фотосинтеза и дыхания растений / под ред. О.А. Семихатовой. Ленинград: Наука, 1989. С. 115–139.
- [19] *Жукова Л.А., Глаголева Т.И.* Особенности концентрационной зависимости устойчивых комплексов кадмия от природных факторов в серых лесных почвах Курской области // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Региональные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса». Курск, 2007. С. 57–58.
- [20] *Глаголева Т.И.* Влияние ионов СД в серых лесных почвах на экологическое равновесие агробиоценоза // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса». Курск, 2008. С. 111–113.
- [21] *Бондорина И.А.* Древесные растения в контейнерном озеленении городов // Материалы XIII международной научно-практической конференции «Проблемы озеленения крупных городов». М., 2010. С. 32–36.

© Кутафина Н.В., Краснопивцева А.Н., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 26 ноября 2016

Дата принятия к печати: 28 ноября 2016

Для цитирования:

Кутафина Н.В., Краснопивцева А.Н. Физиологические основы адаптации растительных организмов в условиях урбанизированной среды // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2017. Т. 25. № 1. С. 21–28.

Сведения об авторах:

Кутафина Надежда Викторовна, младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии микроорганизмов Всероссийского НИИ физиологии, биохимии и питания животных, г. Боровск Калужской области. *Контактная информация:* e-mail: ilmedv1@yandex.ru

Краснопивцева Алина Николаевна, бакалавр направления подготовки 06.03.01 «Биология профиля “Биоэкология”», Курский государственный университет. *Контактная информация:* e-mail: ilmedv1@yandex.ru

THE PHYSIOLOGICAL BASIS OF ADAPTATION OF A PLANT SPECIES IN URBANIZED ENVIRONMENT

N.V. Kutafina, A.N. Krasnopivceva

Kursk State University, Kursk, Russia
Radishcheva str., 33, Kursk, Russia, 305000

Plants, the leading fixed way of life, are forced to be particularly plastic on environmental impact responses of the environment. The most important external factors include the light, which is not only a source of energy for photosynthesis, but also a signal, activating and changing the program of development of the plant. Objective: To study the content and ratio of different forms of photosynthetic pigments in leaves of plants that grow only in natural light (forest) and compared to individuals present in the conditions of an additional light (located near the street lamps and lighted windows of houses). The experience included birch specimens of plants growing in a forest tract Gutorevo (dense stands of birch within the pine forest) and tree planting ordinary Lear Park (southern suburbs of Kursk area). The leaves are weighed. pigment content was determined by in vitro analysis in four replicates. The content of chlorophylls and carotenoids were determined by calculation. Volume fraction pigments evaluated. Statistical analysis were Student t-criterion. The content of chlorophyll and carotenoid in the leaves of birch in an artificial increase in the duration of the light period in the temperate climate of the Kursk region. In plants, an increase of chlorophyll content (a + b) 12.0% of carotenoids in the leaves 23.0%. There is reason to believe that the adaptation of the pigment apparatus birch plants growing under natural light (forest) and located in the area of artificial lighting is done by transforming the light-harvesting complex. Factor complex urban environment, including sunlight, soil compaction podkronovogo space in which increasingly suffering park biome, does not reduce the content of pigments in the end of the growing season, in comparison with individuals forest biome. This testifies to their high stability and better adaptation to the effects of natural and anthropogenic factors.

Key words: plants, birch, urbanized environment, photoperiod, chlorophyll

REFERENCES

- [1] Kuz'min, P., Ivanova, E. The living condition of woody plants in the city of Naberezhnye Chelny. *Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Innovacionnoe razvitie sovremennoj nauki»*. Ufa, 2014: 233–235.
- [2] Zavalishina, S. *Physiology of excitable tissues*. Kursk, 2012.
- [3] Medvedev, I., Zavalishina, S., Kutafina, N. *The physiological regulation of the body*. Sankt-Peterburg: «Lan'», 2016.
- [4] Ivanov, L., Ivanova, L., Ronzhina, D., Judina, P. A change in the content of chlorophylls and carotenoids in the leaves of steppe plants along the latitudinal gradient in the southern Urals. *Fiziologija rastenij*. 2013. 6: 856–864.
- [5] Aleksandrova, M., Bulygin, N., Voroshilov, V., Frolova, L. Phenological observations in Botanical gardens. *Bjulleten' Glavnogo botanicheskogo sada*. 1979. 113: 114.
- [6] Medvedev, I., Naumov, M., Bespartochnyj, B. Medical ecology of the region of the Kursk magnetic anomaly. *Kurskij kraj: social'naja jekologija*. Moscow, 2004. 4.
- [7] Amelina, I., Medvedev, I. Transcriptional activity of chromosome nucleolar organizing regions in population of Kursk region. *Bjulleten' jeksperimental'noj biologii i mediciny*. 2009. 147 (6): 671–673.
- [8] Amelina, I., Medvedev, I. Active nucleolus organizer regions of chromosomes and protein synthesis. *Fundamental'nye issledovanija*. 2007. 1: 32.
- [9] Maksimov, V., Medvedev, I. *Basic physiology*. Sankt-Peterburg: «Lan'», 2013.

- [10] Kutafina, N. Cell division in health and disease. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno–prakticheskoy konferencii «*Teoreticheskie i prikladnye problemy sovremennoj nauki i obrazovanija*». Kursk, 2015: 44–49.
- [11] Medvedev, I., Amelina, I. The level of chromosomal aberrations and activity of nucleolar organizer regions of chromosomes in the Kursk region. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Serija: Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2009. 2: 70–76.
- [12] Medvedev, I., Zavalishina, S., Kutafina, N. Physiology of the Visceral Systems. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2014. 10: 87–88.
- [13] Medvedev, I., Bespartochnyj, B., Naumov, M., Jazeva, G. Agroecology in the region of the Kursk magnetic anomaly. *Kurskij kraj: social'naja jekologija*. Moscow, 2004. 3.
- [14] Bragina, O., Vlasova, N. Some biological and ecological features of woody and herbaceous plants in the model stands the city of Samara. *Vestnik molodyh uchenyh i specialistov Samarskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013. 2: 12–16.
- [15] Gavrilenko, V., Ladygina, M., Handobina, L. *Large workshop on plant physiology*. Moscow: Vysshaja shkola, 1975.
- [16] Golovko, T., Tabalenkova, G., Dymova, O. Large workshop on plant physiology. *Botanicheskij zhurnal*. 2007. 92: 1732–1741.
- [17] Demmig-Adams, B., Gilmore, A.M., Adams, W.W. *In vivo function of carotenoids in higher plants*. FASEB J. 1996. 10: 403–412.
- [18] Popova, I., Maslova, T., Popova, O. Features of pigment apparatus of plants from different Botanical-geographical areas. *Jekologo-fiziologicheskie issledovaniya fotosinteza i dyhanija rastenij*. editor. Semihatovoj O.A. Leningrad: Nauka, 1989: 115–139.
- [19] Zhukova, L., Glagoleva, T. Features of concentration dependence of stable complexes of cadmium from natural factors in the gray forest soils of Kursk region. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «*Regional'nye problemy povyshenija jeffektivnosti agropromyshlennogo kompleksa*». Kursk, 2007: 57–58.
- [20] Glagoleva, T. Influence CD ions in gray forest soils in the ecological balance agrobiocenosis. Mezhdunarodnoj nauchno–prakticheskoy konferencii «*Aktual'nye problemy povyshenija jeffektivnosti agropromyshlennogo kompleksa*». Kursk, 2008: 111–113.
- [21] Bondorina, I. Woody plants in container gardening of cities. Materialy XIII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «*Problemy ozelenenija krupnyh gorodov*». Moscow, 2010: 32–36.

Article history:

Received: 26 November 2016

Revised: 28 November 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Kutafina N.V., Krasnopivceva A.N. (2017) The physiological basis of adaptation of a plant species in urbanized environment. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 21–28.

Bio Note:

Kutafina N.V., Junior Researcher at the Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of animals, Borovsk, Kaluga oblast. *Contact information*: e-mail: ilmedv1@yandex.ru

Krasnopivceva A.N., Bachelor specialization 06.03.01 Biology, profile Bioecology, Kursk State University. *Contact information*: e-mail: ilmedv1@yandex.ru



УДК 574.34

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-29-35

СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ ГУСЕОБРАЗНЫХ ПТИЦ ЮЖНОЙ БАРАБЫ И СЕВЕРНОЙ КУЛУНДЫ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД И ИХ СОХРАНЕНИЕ*

А.В. Баздырев, Е.Б. Мурзаханов

Межрегиональная общественная организация «Экологический центр Стриж»
Ленина проспект, 36, Томск, Россия, 634050

В настоящей статье приводятся итоги исследований численности и размещения гусеобразных птиц в южной Барабе и северной Кулунде в 2012—2014 гг.: охарактеризована структура населения и связь плотности населения с морфоэкологическими параметрами водоемов в раннелетний и позднелетний периоды. Приведены краткие рекомендации по сохранению ресурсов гусеобразных птиц.

Ключевые слова: гусеобразные птицы, структура населения, Бараба, Кулунда, утки, гуси, пеганка, сохранение, ограничение охоты

Введение

Территория южной Барабы и северной Кулунды, относящаяся к югу Новосибирской области и северной части Алтайского края, является одним из основных мест массовой концентрации гусеобразных птиц на гнездовании и миграциях. Данные участки имеют международное значение для сохранения биологического разнообразия. Здесь расположены семь ключевых орнитологических территорий международного значения, по одному объекту из основного и «теневого» списков водно-болотных угодий международного значения.

В силу природных особенностей территория степной и лесостепной зон испытывает интенсивную антропогенную нагрузку, затрагивающую все компоненты местных экосистем и оказывающую существенное влияние на население гусеобразных птиц. В частности, хорошая транспортная доступность, сравнительно высокая плотность населения и популярность данной территории среди охотников определяют многолетнюю высокую охотничью нагрузку на группировку гусеобразных птиц. Интенсивная добыча водоплавающих птиц накладывается на ряд естественных (локальные и глобальные флуктуации климата) и антропогенных (распашка земель вокруг водоемов, осушение, выпас скота в водо-

* Исследования проведены в рамках Программы повышения конкурентоспособности ТГУ за счет средств гранта РФФИ № 12-04-90851-мол_рф_нр, проекта «Сохранение савки в России» (Conservation Leadership Programme) и договорных работ с Департаментом по охране животного мира Новосибирской области по выявлению мест обитания особо охраняемых видов птиц.

охранных зонах, механическое изменение систем естественного стока, использование грунтовых вод и т.д.) изменений местообитаний видов. Весь комплекс указанных воздействий определяет сокращение численности гусеобразных птиц в Барабе и Кулунде начиная с 1930-х гг. и по настоящее время [1; 2].

В последнее десятилетие на данной территории наряду с интенсификацией антропогенных воздействий развивается засушливая фаза многолетнего природного цикла [3], что требует не только выявления актуальных показателей состояния популяций гусеобразных птиц, но и реформирования системы их использования и охраны.

Методы и материалы

В основу настоящей статьи положены итоги учетных работ 2012—2014 гг. на 238 водоемах южной Барабы и северной Кулунды (Баганский, Здвинский, Карасукский, Краснозёрский и Купинский районы Новосибирской области; Бурлинский, Хабарский и Немецкий национальные районы Алтайского края).

Всего проведено 525 учетов — в первой половине июня (36 учетов на 34 водоемах в 2012 г., 202 учета на 196 водоемах в 2013 г. и 29 учетов на 29 водоемах в 2014 г.) и с начала по вторую декаду августа (49 учетов на 47 водоемах в 2012 г., 25 учетов на 25 водоемах в 2013 г. и 184 учета на 182 водоемах в 2014 г.)

Учеты велись преимущественно в утренние и вечерние часы в соответствии с общепринятыми методами [4] при помощи 8—20-кратных биноклей и 22-кратной зрительной трубы на свободной от надводной растительности части водоема. В большинстве случаев подсчет птиц велся с тех участков берега, где открывался максимальный обзор на акваторию (1—4 точки учета на водоеме).

Для каждого водоема на основе общедоступных спутниковых снимков 2001—2013 гг. с помощью инструментов измерения расстояний и площадей пакета программ Google Earth, сайта 3planeta.com и публичной кадастровой карты Росреестра определена общая площадь (га), площадь открытого водного зеркала (га), общая длина береговой линии и длина береговой линии без растительности. На основе полученных данных рассчитана доля зарастания надводной растительностью (% от общей площади водоема) и открытость берегов (% от общей длины береговой линии). При натурном обследовании водоема и с учетом данных космической съемки оценено развитие внутренних плесов в зарослях надводной растительности (0—3 балла), развитие сплавины (0—3 балла), обводненность (1—7 баллов).

Плотность населения водоплавающих птиц рассчитана в особях/га открытой водной поверхности (особи/га). Статистическая обработка материала проводилась общепринятыми методами с применением пакета программ R и Statistica 6.0. Достоверность сходства и отличия выборок в вопросах изменения средних значений проверялась с использованием непараметрического критерия Манна—Уитни (U-критерий). Для анализа корреляционных связей использован ранговый коэффициент Спирмена.

Состояние ресурсов гусеобразных птиц

В пределах территории исследований в июне—августе нами отмечено 19 видов из отряда гусеобразных птиц (табл. 1).

Таблица 1

**Видовой состав гусеобразных птиц южной Барабы и северной Кулунды в 2012—2014 гг.
(Species composition of waterfowl in southern Baraba and northern Kulunda (2012—2014))**

Вид	Плотность населения, особей/га							
	Июнь				Август			
	2012	2013	2014	2012—2014	2012	2013	2014	2012—2014
Лебедь-кликун	—	0,0080	—	0,0025	0,005	0,0030	0,0017	0,0032
Лебедь-шипун	0,0010	0,0050	—	0,0019	0,0001	—	0,0014	0,0005
Серый гусь	0,0168	0,0515	0,0134	0,0272	0,0362	0,1440	0,6747	0,2849
Пеганка	0,0374	0,0421	0,1381	0,0725	0,0351	0,0150	0,0824	0,0443
Огарь	—	0,0001	—	—	—	—	—	—
Кряква	0,0632	0,0562	0,2643	0,1279	0,2910	0,5760	0,3545	0,407
Серая утка	0,2126	0,0628	0,1386	0,1380	0,2640	0,6400	0,2098	0,371
Широконоска	0,0550	0,1420	0,4969	0,2310	0,3500	1,3250	1,0803	0,919
Свиязь	0,0110	0,0260	0,1683	0,0680	0,0380	0,0130	0,0864	0,046
Шилохвость	0,0060	0,0140	0,3151	0,1120	0,0520	0,1900	0,1716	0,138
Чирок-трескунок	0,0260	0,0460	0,2406	0,1040	0,1440	0,2590	0,6581	0,354
Чирок-свиистунок	0,0110	0,0130	0,1611	0,0610	0,3660	0,3650	0,0834	0,271
Красноносый нырок	0,0290	0,0100	0,0661	0,0350	0,0230	0,0130	0,0233	0,0200
Красноголовый нырок	0,4690	0,6560	2,5111	1,2120	2,4030	5,9000	1,9950	3,4330
Хохлатая чернеть	0,1280	0,1110	0,1597	0,1330	0,2010	0,3370	0,2563	0,2650
Гоголь	0,1020	0,1180	0,1357	0,1180	0,1510	0,2270	0,1054	0,1610
Савка	0,0570	0,0390	0,0975	0,0640	0,2600	0,2980	0,1136	0,2240
Луток	—	—	—	—	—	0,0040	0,0045	0,0030
Обыкновенный турпан	0,0001	—	—	—	—	—	—	—

В июне встречено 18 видов водоплавающих птиц (не отмечен луток). Общая плотность населения птиц в этот период составляла в среднем $2,5 \pm 1,2$ особи/га, существенно различаясь в разные годы (рис. 1). Высокая плотность населения гусеобразных в 2014 г. связана с высоким уровнем обводненности (максимальной за все время наблюдений).

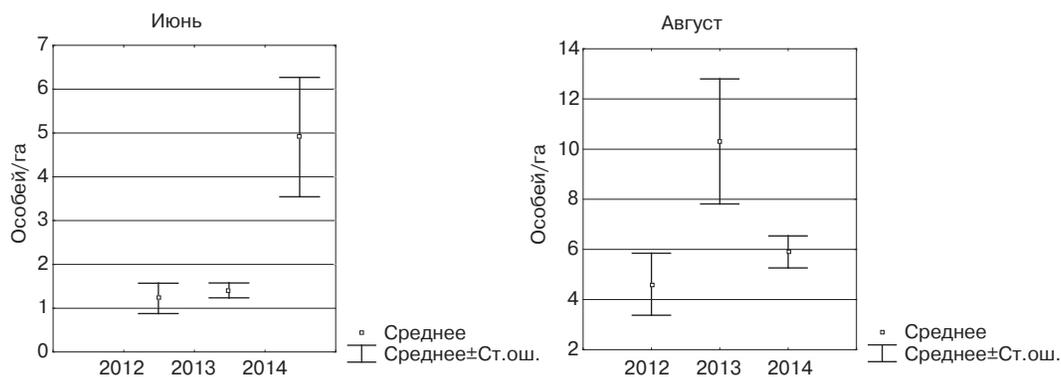


Рис. 1. Плотность населения гусеобразных птиц на водоемах южной Барабы и северной Кулунды в июне и августе 2012—2014 гг.

(The density of waterfowl populations in the reservoirs of the southern and northern Baraba, Kulunda in June and August 2012—2014)

Во все годы основную долю в июньском населении птиц составляли нырковые утки (61—67%), в особенности красноголовый нырок (рис. 2).

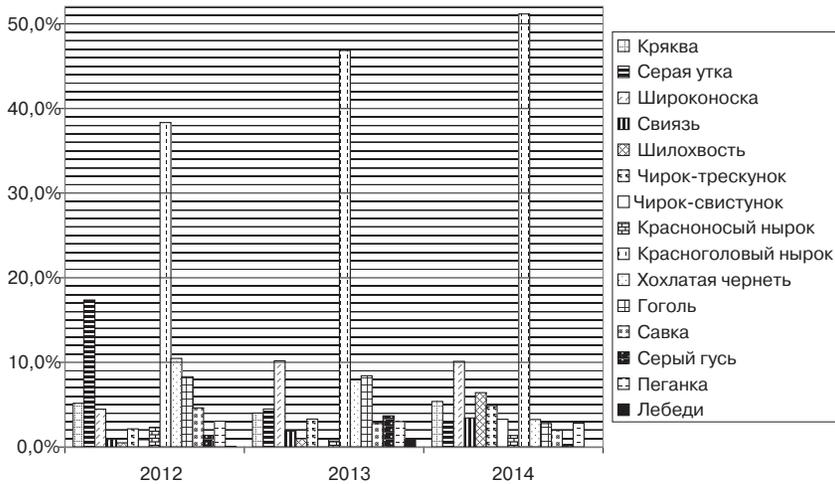


Рис. 2. Доля отдельных видов в общем населении гусеобразных птиц на водоемах южной Барабы и северной Кулунды в июне 2012—2014 гг.
(Share of individual species in the general population of waterfowl in the waters of southern Baraba and Kulunda north in June 2012—2014)

Участие в населении гусеобразных группы речных уток составляло 26—36%, в основном за счет широконоски, серой утки и кряквы, а в 2014 г. также чирка-трескунка, шилохвости и связи. Доли других групп гусеобразных (земляные утки, гуси и лебеди) не превышали 4%.

В августе встречено 17 видов водоплавающих птиц (не отмечены огарь и обыкновенный турпан) (рис. 3). Общая плотность населения птиц в этот период составляла в среднем $6,9 \pm 1,7$ особи/га, существенно различаясь в разные годы.

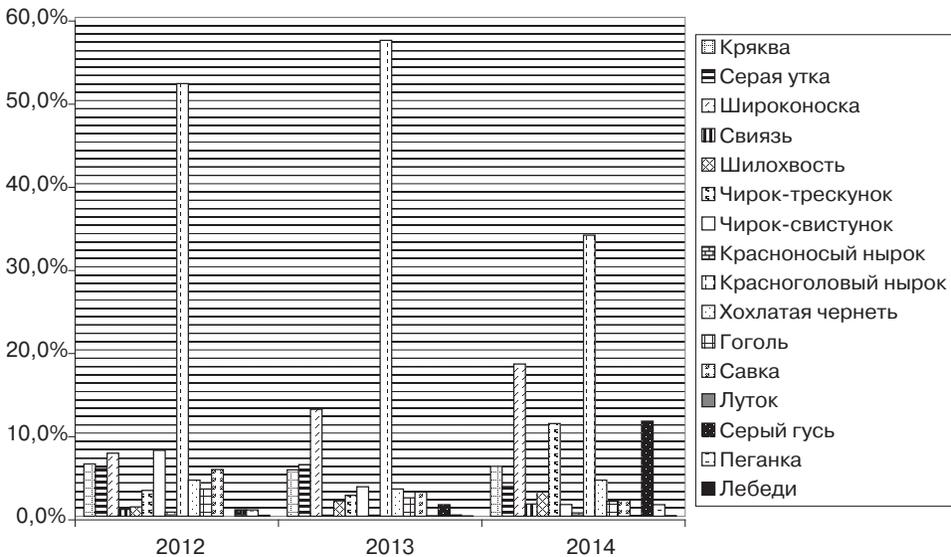


Рис. 3. Доля отдельных видов в общем населении гусеобразных птиц на водоемах южной Барабы и северной Кулунды в августе 2012—2014 гг.
(Share of individual species in the general population of waterfowl in the waters of southern Baraba and Kulunda north in August 2012—2014)

Во все годы основную долю населения гусеобразных в августе составляли нырковые утки (42—66%), в особенности красноголовый нырок. Участие в населении группы речных уток составляло 33—45%. В отдельные годы заметную долю в населении формируют гуси — до 11% (см. рис. 3). Доли других групп гусеобразных (земляные утки и лебеди) не превышали в августе 1%.

Плотность населения гусеобразных птиц связана с различными морфоэкологическими параметрами водоемов (табл. 2), причем сила этой связи отличается в разные сезоны.

Таблица 2

Связь плотности населения гусеобразных птиц в 2012—2014 гг. с морфоэкологическими параметрами водоемов (указаны коэффициенты корреляции для $p < 0,05$)
(Communication population density of waterfowl in the 2012—2014 biennium. a morphological and environmental parameters of reservoirs (indicated correlation coefficients for $p < 0,05$))

Параметр	Июнь		Август	
	<i>R</i>	<i>p</i>	<i>R</i>	<i>p</i>
Общая площадь водоема	-0,15	0,01	—	—
Площадь открытого водного зеркала	-0,42	<0,001	-0,29	<0,001
Доля зарастания надводной растительностью	0,67	<0,001	0,60	<0,001
Открытость берегов	-0,68	<0,001	-0,56	<0,001
Развитие внутренних плесов в надводной растительности	0,70	<0,001	0,64	<0,001
Развитие сплавин	0,68	<0,001	0,65	<0,001
Обводненность	0,68	<0,001	0,65	<0,001

Рекомендации по сохранению ресурсов гусеобразных птиц

Полный запрет весенней охоты как одного из значимых антропогенных факторов воздействия на успешность размножения.

Параметры охоты (сроки, места, количество и виды добычи) необходимо устанавливать на основе ежегодных мониторинговых научных исследований послегнездовой численности и успешности размножения.

Определить в соответствии с федеральным законодательством зоны охраны охотничьих ресурсов и защитные участки территорий и акваторий (с ограничением хозяйственной деятельности), на которых должно обитать не менее 50% гусеобразных птиц после сезона размножения.

Распространить среди охотников и охотпользователей информационные материалы, предупреждающие нарушения правил охоты.

Усилить контроль выполнения охотпользователями и районными охотоведами нормативов биотехнических мероприятий по улучшению гнездовых и защитных свойств водоемов.

При организации внутриводоемного охотустройства учитывать типизацию водоемов по характеру зарастания надводной растительностью. Наиболее целесообразно выделять четыре типа водоемов: сплавинного зарастания, смешанного зарастания, бордюрного зарастания и без надводной растительности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Михантьев А.И., Селиванова М.А.* Водоплавающие и околоводные птицы // Биоразнообразие Карасукско-Бурлинского региона (Западная Сибирь). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. С. 215—233.
- [2] *Сорокина Л.И.* Водоплавающие птицы // Биологическое районирование Новосибирской области (в связи с проблемой природно-очаговых инфекций). Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1969. С. 195—205.
- [3] *Кривенко В.Г., Виноградов В.Г.* Птицы водной среды и ритмы климата Северной Евразии / отв. ред. М.А. Вайсфельд, А.С. Мартынов. Ин-т географии РАН. Науч. центр — Охрана биоразнообразия РАЕН, 2008.
- [4] *Исаков Ю.А.* Учет и прогнозирование численности водоплавающих птиц // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 36—82.

© Баздырев А.В., Мурзаханов Е.Б., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 18 марта 2016

Дата принятия к печати: 20 ноября 2016

Для цитирования:

Баздырев А.В., Мурзаханов Е.Б. Состояние ресурсов гусеобразных птиц Южной Барабы и Северной Кулунды в летний период и их сохранение // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2017. Т. 25. № 1. С. 29—35.

Сведения об авторах:

Баздырев Андрей Валерьевич, заместитель директора Межрегиональной общественной организации «Экологический центр Стриж». *Контактная информация:* e-mail: oхyura@mail.ru

Мурзаханов Евгений Болатович, биолог Межрегиональной общественной организации «Экологический центр Стриж». *Контактная информация:* e-mail: bagirov2003@mail.ru

RESOURCES OF ANSERIFORMES OF SOUTHERN BARABA AND NORTHERN KULUNDA DURING THE SUMMER PERIOD AND THEIR CONSERVATION

A.V. Bazdyrev, E.B. Murzakhanov

Interregional NGO “Conservation Centre
Lenin Avenue 36, Tomsk, Russia, 634050

In true article results of researches of number and placing of Anseriformes in southern Baraba and northern Kulunda are resulted: the structure of the population and connection of population density with morfo-ecological parametres of reservoirs in early-summer and late-summer the periods is characterised. Short recommendations about conservation of resources of Anseriformes are resulted.

Key words: Anseriformes, population structure, Baraba, Kulunda, ducks, geese, conservation, hunting limitation

REFERENCES

- [1] Mihant'ev A.I., Selivanova M.A. Vodoplavajushhie i okolovodnye pticy. *Bioraznoobrazie Karasuksko-Burlinskogo regiona (Zapadnaja Sibir)*. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2010: 215–233.
- [2] Sorokina L.I. Vodoplavajushhie pticy. *Biologicheskoe rajonirovanie Novosibirskoj oblasti (v svyazi s problemoj prirodno-ochagovyh infekcij)*. Novosibirsk: Izdatel'stvo «Nauka», Sibirskoe otdelenie, 1969: 195–205.
- [3] Krivenko V.G., Vinogradov V.G. *Birds of Water Enviroment and rhythms of climate of North Eurasia*. Responsible Editors M.A. Vaisfeld, A.S. Martynov. Institute of Geography RAS, Scientific Centre of Biodiversity Protection RANS, 2008.
- [4] Isakov Ju.A. Uchjot i prognozirovanie chislennosti vodoplavajushhih ptic. *Organizacija i metody uchjota ptic i vrednyh gryzunov*. M.: Izd-vo AN SSSR, 1963: 36–82.

Article history:

Received: 18 March 2016

Revised: 20 November 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Bazdyrev A.V., Murzakhanov E.B. (2017) Resources of anseriformes of Southern Baraba and Northern Kulunda during the summer period and their conservation. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 29–35.

Bio Note:

Bazdyrev Andrey, Deputy Director of the Interregional NGO “Conservation Centre”. *Contact information*: e-mail: oxyura@mail.ru

Evgeniy Murzakhanov, biologist of the Interregional NGO “Conservation Centre Swift”. *Contact information*: e-mail: bagirov2003@mail.ru



УДК 574.52

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-36-49

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕЧЕНИЯ ГИДРОБИОНТОВ НА ЮГО-ЗАПАДНОМ ШЕЛЬФЕ КРЫМА

Е. Б. Мельникова

Институт природно-технических систем ФГБУН
ул. Ленина, 28, Севастополь, Крым, Россия, 299011

Показаны различия в процессах сезонных изменений интенсивности биолюминесценции в глубоководной акватории моря на юго-западном шельфе Крыма, а также в акватории Севастопольской бухты (Черное море). Рассмотрено влияние температурных режимов гидрологического сезона на характер изменений интенсивности свечения гидробионтов в течение года. Рассчитаны коэффициенты корреляции межгодовых изменений интенсивности биолюминесценции в годы с разными температурными режимами для глубоководной акватории моря и мелководной Севастопольской бухты. Выявлена важная роль термохалинной структуры вод в сезонной изменчивости интенсивности биолюминесценции.

Ключевые слова: интенсивность свечения гидробионтов, Черное море, гидрологические сезоны, межгодовые изменения, Севастопольская бухта, относительно открытая акватория

Введение

Фоновая оценка экологической ситуации и следующие за ней мониторинговые наблюдения имеют важное значение для своевременного обнаружения тенденций ее изменений и принятия мер рационального использования и сохранения водных биоресурсов.

Свечение морских гидробионтов и создаваемый ими в толще воды суммарный световой эффект (биолюминесценция), подверженные сезонным изменениям, являются важными элементами функционирования пелагического сообщества [1; 2; 5; 13; 14; 16; 20; 21]. Известно, что интенсивность свечения планктонных организмов позволяет выявить пространственное распределение планктонного сообщества и является важным показателем экологического состояния экосистемы [5; 7; 8; 11; 13; 16–19]. Мониторинговые исследования являются информационной базой для оценки влияния абиотических факторов на состояние водных биоресурсов Черного моря. В первую очередь это относится к прибрежным участкам шельфа, испытывающим наибольшую антропогенную нагрузку [6; 9]. Особое место среди абиотических факторов принадлежит такому важному физическому параметру водной среды, как температура. Ее влияние на гидробионтов может быть как непосредственным (перегрев или переохлаждение организмов), так и косвенным (изменение поведенческих реакций, темпов роста, развития, пространственного распределения, кормовой базы, условий питания и т.д.).

Актуальность данных работ подтверждается возможностью дистанционного (спутникового) мониторинга изменений абиотических факторов водной среды и на основе их анализа проводить оценку экологической обстановки как прибрежных вод, подверженных повышенному антропогенному стрессу, так и Азово-Черноморского бассейна в целом.

Целью работы является исследование закономерностей сезонной изменчивости интенсивности свечения организмов под воздействием абиотических факторов среды в глубоководной и мелководной акваториях на юго-западном шельфе Крыма.

Материал и методы

Исследования сезонной вариабельности вертикального распределения интенсивности свечения гидробионтов проводили в относительно глубоководной ($h \geq 60$ м) имеющей водообмен с открытой частью моря акватории на траверзе б. Круглая (ст. 1), а также в мелководной Севастопольской бухты в районе б. Константиновская (ст. 2) и б. Голландия (ст. 3), глубина которых не превышает 19 м (рис. 1).

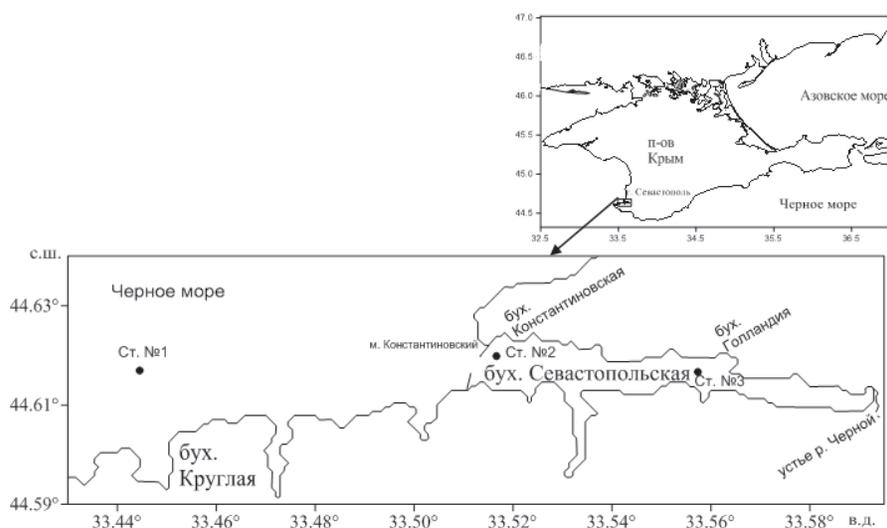


Рис. 1. Схема района исследования
(Scheme of the study area)

Севастопольская бухта относится к водоемам эстуарного типа и имеет ограниченный водообмен с открытым морем. Кроме того, Севастопольская бухта включает устьевое взморье реки Черная, которая является стоком пресных вод в бухту, в результате чего происходит смешение речных и морских вод [4; 6; 9].

Для анализа межгодовой изменчивости интенсивности биолюминесценции были использованы данные за шестилетний период (2009—2014 гг.).

Вертикальное распределение интенсивности биолюминесценции, а также фоновые характеристики пелагиали исследовали методом батифотометрического зондирования, используя гидробиофизический комплекс «Сальпа-М» [12], с помощью которого измеряли интенсивность биолюминесцентного излучения, тем-

пературу, соленость. Съемки проводили в ночное время через 2 часа после наступления темноты. На каждой станции выполнялось по 10 зондирований с интервалом 2 минуты. Измерения на всех станциях проводили от поверхности до придонных глубин. Дискретность измерений в режиме вертикального зондирования составляла 1 м. Для глубоководной акватории выделяли слой, в котором наблюдался высокий уровень интенсивности свечения гидробионтов. Этот слой находили как диапазон глубин, в котором интенсивность биолюминесценции превышала уровень 0,5 от максимального для всей глубины зондирования. В дальнейшем анализе использовали усредненные значения всех измеренных параметров по этому слою. В Севастопольской бухте усреднение измеренных параметров проводили по всей глубине зондирования. Одновременно с регистрацией интенсивности свечения гидробионтов производили отбор планктонных проб пятилитровым батометром с горизонтов, соответствующих максимальному свечению организмов [3].

Для оценки тесноты связи сезонной и межгодовой изменчивости интенсивности биолюминесценции в открытой и закрытой акваториях моря использовали линейный коэффициент корреляции Пирсона:

$$r_{XY} = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}}, \quad (1)$$

где r_{XY} — коэффициент парной корреляции; X — годовые значения интенсивности биолюминесценции на первой из двух сравниваемых станций; \bar{X} — среднегодовое значение интенсивности биолюминесценции на первой станции; Y — годовые значения интенсивности биолюминесценции на второй из двух сравниваемых станций; \bar{Y} — среднегодовое значение интенсивности биолюминесценции на второй станции.

Статистическую обработку результатов проводили на персональном компьютере с использованием программ Microsoft Excel 7.0, Sigma Plot 11.0, Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

Как показали проведенные исследования, характер годовых изменений интенсивности свечения гидробионтов в значительной степени определяется температурным режимом зимнего периода года (январь, февраль, март). Поэтому для подробного сравнения особенностей межгодовой сезонной динамики изменений интенсивности суммарного свечения организмов использовали данные 2011, 2012 и 2014 гг. В эти годы наблюдались существенные сезонные отличия по температурному режиму водной среды в зимний период года. В таблице 1 приведены среднемесячные температуры морской воды в относительно открытой глубоководной акватории моря (ст. 1) (числитель) и в мелководной Севастопольской бухте (знаменатель). Для Севастопольской бухты приведены усредненные температуры по станциям 2 и 3.

Многолетние мониторинговые исследования показали, что температурный режим зимнего периода в 2011 г. характеризуется как типичный для среднесезонных наблюдений данного района исследования, в то время как температур-

ный режим зимнего периода 2012 г. можно характеризовать как суровый, с температурами ниже среднеголетних, а зимний период 2014 г. — как мягкий, с температурами выше среднеголетних.

Таблица 1

Среднемесячные температуры морской воды в зимний период в глубоководной акватории моря (числитель) и Севастопольской мелководной бухте (знаменатель) (°C)
(Average sea temperature in winter in the deep water area (numerator) and the shallow bay of Sevastopol (the denominator))

Год	Среднемесячные температуры			Средняя сезонная температура	Обобщенная характеристика зимнего периода
	январь	февраль	март		
2011	10,1/9,0	8,8/6,5	8,1/8,6	9,0/8,0	Типичный
2012	8,4/6,6	7,5/4,5	8,0/7,2	8,0/6,1	Холодный
2014	10,0/8,9	8,9/7,8	9,0/8,8	9,3/8,5	Теплый

На рисунке 2 изображены графики изменений интенсивности биолюминесценции и их среднеквадратические отклонения для 2011, 2012, и 2014 гг., которые пунктирными линиями разделены на пять условных гидрологических сезонов: зимний (январь, февраль, март), весенний (апрель, май), летний (июнь, июль, август), раннеосенний (сентябрь, октябрь) и позднеосенний (ноябрь, декабрь), для которых характерны свои особенности развития гидробионтов и термохалинной структуры вод в глубоководной акватории.

В таблице 2 приведены результаты проведенного расчета коэффициентов парной корреляции (r) и уровней значимости (α) между изменениями суммарного свечения организмов в глубоководной акватории моря (ст. 1) и в Севастопольской бухте (ст. 2 и ст. 3), а также между станциями в Севастопольской бухте. Из полученных результатов следует, что для всех рассматриваемых годов сезонные процессы в глубоководной несколько отличаются от мелководной акватории моря (коэффициенты парной корреляции изменяются в пределах $r_{x-y} = 0,39-0,59$, средний коэффициент корреляции $r_{\text{сред}} = 0,50$). Это свидетельствует о том, что сезонные процессы в глубоководной акватории необходимо рассматривать отдельно от Севастопольской бухты. В то же время изменения на станциях внутри Севастопольской бухты имеют достаточно высокую корреляцию связь (средний межгодовой коэффициент корреляции $r_{\text{сред}} = 0,92$). Это дает основание в дальнейшем рассматривать процессы, происходящие на ст. 2 и ст. 3, совместно.

Таблица 2

Внутригодовые коэффициенты парной корреляции (r) и уровни значимости (α) в глубоководной (ст. 1) и мелководной (ст. 2 и ст. 3) акваториях моря
(Within-pair correlation coefficients (r) and significance level (α) in the deep (v. 1) and shallow (Art. 2 and Art. 3) The waters of the sea)

Год	Номера пар станций					
	1-2		1-3		2-3	
	r	α	r	α	r	α
2011	0,55	0,06	0,48	0,11	0,82	< 0,01
2012	0,43	0,15	0,39	0,20	0,98	< 0,01
2014	0,56	0,06	0,59	0,04	0,97	< 0,01
Среднее значение коэф. корреляции	0,50				0,92	

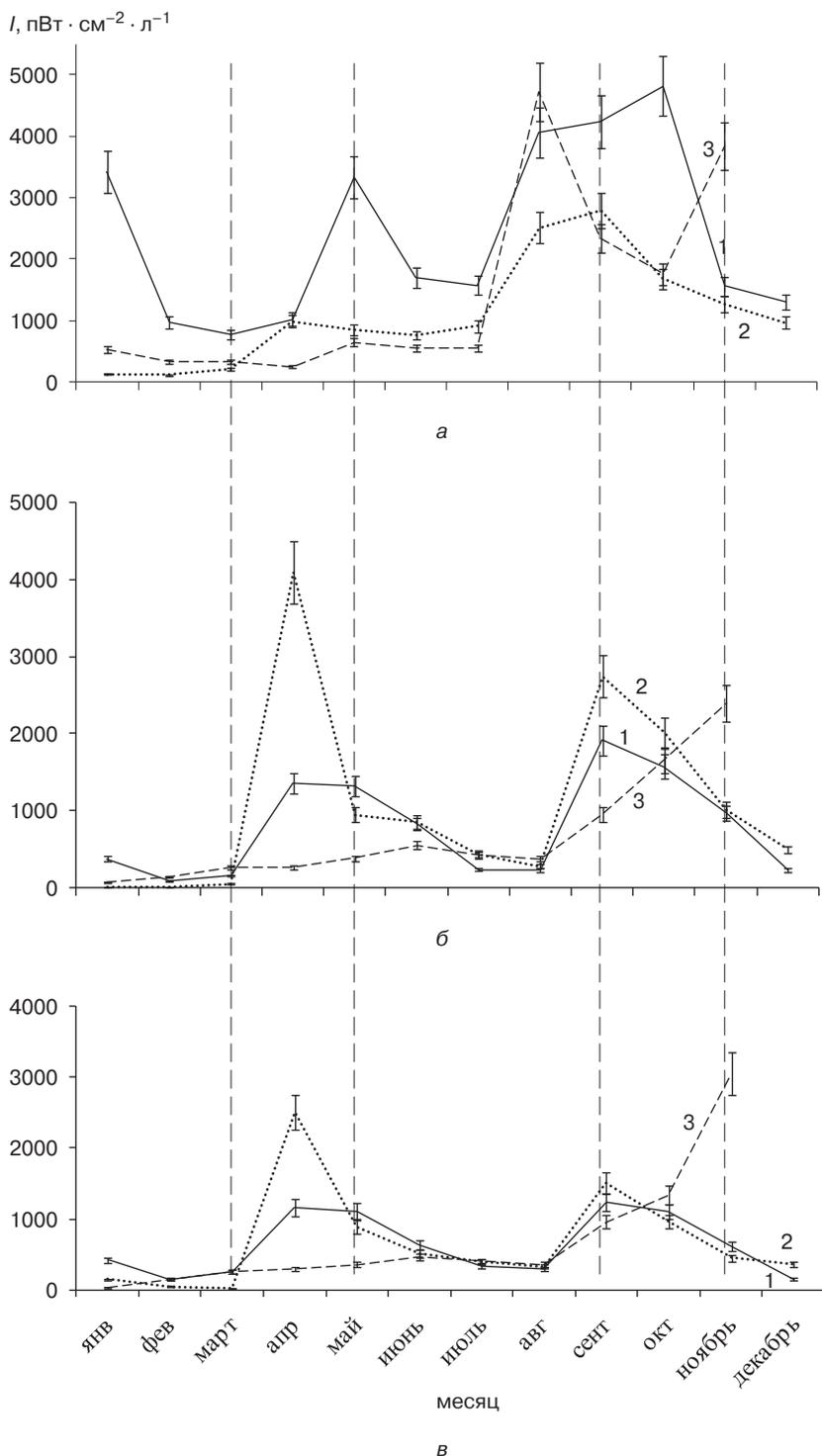


Рис. 2. Изменения интенсивности свечения организмов в глубоководной акватории на ст. 1 (а), в мелководной Севастопольской бухте на ст. 2 (б) и ст. 3 (в) для 2011 (1); 2012 (2); 2014 (3) годов (Organisms luminescence intensity changes in the deep waters in the art. 1 (a) and in the shallow bay of Sevastopol in the art. 2 (b) and Art. 3 (c) to 2011 (1); 2012 (2); 2014 (3) years)

Расчет межгодовых коэффициентов парной корреляции для изменения интенсивности свечения организмов в глубоководной и мелководной акваториях моря для годов с суровой, средней и мягкой зимами показал, что на глубоководной станции межгодовой коэффициент парной корреляции изменяется в пределах $r = 0,45-0,74$ (табл. 3).

Таблица 3

Межгодовые коэффициенты парной корреляции (r) и уровни значимости (α) в глубоководной акватории моря и мелководной Севастопольской бухте (The interannual pair correlation coefficients (r) and significance levels (α) in the deep waters of the sea and the shallow bay of Sevastopol)

Район исследования	Сравниваемые годы					
	2011–2012		2011–2014		2012–2014	
	r	α	r	α	r	α
Глубоководная акватория моря	0,65	0,02	0,45	0,14	0,74	< 0,01
Севастопольская бухта	0,82	< 0,01	0,23	0,47	0,23	0,47

Между изменениями интенсивности свечения организмов в годы с холодной, мягкой и средней по температурным показателям зимами на глубоководной станции имеется средняя корреляционная связь.

Это связано с тем, что температурные характеристики глубинных водных слоев со слабо меняющимися от года к году гидрофизическими параметрами в значительной степени сглаживают влияние температурных особенностей года.

Анализ изменений интенсивности свечения организмов в Севастопольской бухте (см. рис. 2) показывает, что особенностями года с теплой зимой являются низкие уровни интенсивности биолюминесценции в зимний, весенний и летний периоды (по сравнению со средними многолетними значениями) и значительное повышение интенсивности биолюминесценции в позднеосенний период, превышающие среднемноголетние для этого периода в 3–5 раз, в то время как в годы с типичной и холодной зимой характер годовых изменений интенсивности биолюминесценции имеет близкий характер.

Это подтверждается межгодовыми коэффициентами парной корреляции. Так, имеется попарная корреляционная связь между изменениями интенсивности свечения организмов в год со средними многолетними температурными показателями зимнего периода и теплым зимним периодом, а между холодным и теплым зимним периодами — невысокая корреляционная связь ($r = 0,23$).

В то же время изменения интенсивности свечения организмов в годы со средним многолетним и холодным зимними периодами характеризуются близким характером годовых изменений интенсивности свечения организмов (коэффициент корреляции $r = 0,82$). Иными словами, повышение среднесезонной температуры в зимний период по сравнению со среднесезонными приводит к изменению характера интенсивности свечения организмов в течение года.

Расчеты коэффициентов парной корреляции показали, что мелководная Севастопольская бухта, для которой характерен прогрев и охлаждение вод по всей толще воды, отсутствие сезонной термохалинной структуры и с учетом влияния стока реки Черная, более подвержена межгодовым климатическим изменениям. Ход сезонных изменений интенсивности суммарного свечения организмов в Се-

вастопольской бухте в исследуемые годы в большей степени чем в глубоководной акватории зависел от температурных особенностей года.

Обсуждение результатов проведем последовательно для годов с типичным, холодным и теплым зимними периодами.

Зимний период 2011 г. характеризовался в открытой глубоководной акватории (ст. 1) среднемесячными температурами близкими к $9,0^{\circ}\text{C}$ и соленостью $18,01\text{‰}$, которые по многолетним наблюдениям типичны для данного района.

Суммарный вклад в интенсивность свечения организмов в этот период вносят крупноклеточные холодолюбивые виды светящихся гидробионтов представители рода *Neoceratium* — *N. furca*, *N. fusus*, *N. tripes* и рода *Protoperidinium* — *P. divergens*, *P. pallidum*, *P. steinii*, *P. crassipes*, которые преобладают в открытой глубоководной акватории моря [2; 3; 10; 11; 13]. Наибольшая интенсивность свечения организмов в зимний период (первый годовой пик) наблюдалась в январе и она в 8 раз была выше по сравнению с интенсивностью свечения организмов в январе в мелководной акватории моря — Севастопольской бухте. Такая большая разница в интенсивности свечения указывает на то, что в Севастопольской бухте в зимний период не наблюдалось интенсивного развития светящихся гидробионтов. В Севастопольской бухте в зимний период 2011 г. среднемесячные температуры и соленость были ниже, чем в глубоководной акватории ($8,0^{\circ}\text{C}$ и $17,80\text{‰}$ соответственно).

В весенний период (апрель—май) в глубоководной акватории начинается перестройка вертикальной термической структуры. Начинается прогрев водной толщи. Температура воды в весенний период 2011 г. в среднем повысилась до $13,0^{\circ}\text{C}$, а соленость немного снизилась до $17,82\text{‰}$ по сравнению с зимним периодом.

Весенний период характеризуется увеличением численности и биомассы теплолюбивых светящихся видов динофлагеллят рода *Goniaulax* — *G. apiculata*, *G. digitale*, рода *Scrippsiella* — *S. trochoidea* и рода *Protoperidinium* — *P. depressum*, *P. granii*, *P. pentagonum*, *P. diabolum* [2; 3; 10; 11; 13].

Весной 2011 г. в глубоководной акватории массовое развитие мелкоклеточных светящихся динофитовых водорослей наблюдалось в мае. В весенний период интенсивность свечения организмов возросла в среднем в 1,3 раза по сравнению с зимним периодом. Второй годовой пик интенсивности свечения организмов наблюдался в мае.

В Севастопольской бухте за счет ее мелководья весенний прогрев по всей толще воды происходил быстрее, чем в глубоководном районе. Интенсивное весеннее развитие светящихся гидробионтов в 2011 г. в Севастопольской бухте привело к повышению интенсивности свечения организмов в этот период почти в 4 раза по сравнению с зимним периодом.

В глубоководной акватории постепенный прогрев водной толщи при переходе от весеннего к летнему периоду вследствие возникающей температурной стратификации вод затрудняет процессы вертикального обмена и вынос к поверхности биогенных веществ. Светящиеся организмы уходят в нижележащие водные слои с оптимальной для них температурой, расположенные в зоне тем-

пературного скачка (для большинства светящихся гидробионтов оптимальная температура близка к 14,0—20,0 °C).

В Севастопольской бухте в летний период 2011 г. продолжался интенсивный прогрев всей толщи воды. Отсутствие температурной стратификации вод, повышение температуры выше 20,0 °C и понижение солености до 17,55‰ за счет стоков реки Черная привели к снижению интенсивности свечения организмов по сравнению с весенним периодом в 3 раза, хотя и наблюдалось в этот период развитие мелкоклеточных весенне-летних теплолюбивых видов (*G. apiculata*, *G. polygramma*, *L. Poliedrum*, *S. trochoidea*, *P. claudicans*, *P. conicum*, *P. globules*, *P. pellucidum*, *P. solidicorne*) [2; 3; 10; 11; 13].

В начале осени (сентябрь—октябрь) в глубоководной открытой акватории моря еще сохраняется теплая устойчивая погода со слабыми ветрами и небольшими волнениями. В этот период начинается осеннее интенсивное развитие светящихся гидробионтов представителей рода *Neoceratium* — *N. inflatum*, рода *Goniaulax* — *G. digitale*, *G. polygramma*, *G. Spinifera*, рода *Lingulodinium* — *L. poliedrum*, рода *Protoperidinium* — *P. claudicans*, *P. conicum*, *P. globules*, *P. oceanicum*, *P. pellucidum*, *P. sinaicum*, *P. solidicorne* [2; 3; 10; 11; 13].

При средней температуре 16,0 °C на ст. 1 в 2011 г. интенсивность свечения увеличилась в среднем в 2 раза по сравнению с летним периодом. Массовое осеннее развитие светящихся гидробионтов привело к тому, что осенний пик свечения наблюдался в октябре, который в 1,5 раза превосходил весенний (май).

В Севастопольской бухте в начале осени 2011 г. температура воды снизилась всего на 2,0 °C, а соленость увеличилась на 0,23‰ по сравнению с летним периодом, интенсивность свечения за счет развития осенних видов увеличилась в 3,0—3,5 раза.

В глубоководной акватории в позднеосенний период (ноябрь—декабрь) 2011 г. наблюдалось дальнейшее охлаждение водных масс. Температура снизилась до 10,5 °C, интенсивность свечения организмов уменьшилась в 3 раза по сравнению с раннеосенним периодом.

В Севастопольской бухте в конце осени наблюдалось резкое охлаждение водной толщи до 9,0 °C, показатели солености почти не изменились по сравнению с началом осени, интенсивность свечения гидробионтов уменьшилась по сравнению с раннеосенним периодом в 3 раза.

Рассмотрим особенности сезонной изменчивости свечения гидробионтов в год с холодным зимним периодом (2012 г.).

В зимний период 2012 г. средняя за сезон температура морской воды в районе глубоководной станции была крайне низкой (8,0 °C), в Севастопольской бухте температура снизилась до 6,0 °C. В этот период на ст. 1 не наблюдалось зимнего пика свечения. Интенсивность суммарного свечения планктона в глубоководной акватории была в 11 раз, а в Севастопольской бухте в 8 раз ниже, чем в зимний период 2011 г. Анализ показал, что снижение температуры до столь низких значений отрицательно сказывается на жизнедеятельность гидробионтов и они фактически перестают светиться.

В районе глубоководной станции в весенний период 2012 г. после холодной зимы наблюдался незначительный прогрев водной тощи. Средняя температура

весеннего периода была на $0,9^{\circ}\text{C}$ выше зимнего. Интенсивность свечения гидробионтов, пик которой наблюдался в апреле, была в 3 раза меньше майского 2011 г.

В Севастопольской бухте, в отличие от глубоководной ст. 1, весной 2012 г. после холодной зимы, наоборот, наблюдался быстрый весенний прогрев водной толщи до $14,0\text{—}14,5^{\circ}\text{C}$, среднесезонная соленость была достаточно высокой — $18,16\text{‰}$. С началом быстрого прогрева всей толщи воды в обогащенных биогенными веществами водах наблюдалось интенсивное развитие светящихся гидробионтов. Суммарная интенсивность свечения гидробионтов в Севастопольской бухте была в 2—3 раза выше, чем на глубоководной ст. 1 и в 1,5—2 раза выше интенсивности свечения в весенний период 2011 года.

В глубоководной акватории летний период 2012 г. характеризовался дальнейшим медленным прогревом водных слоев. Вследствие возникающей температурной стратификации вод светящиеся организмы уходят в водные слои с оптимальной для них температурой, расположенные в зоне температурного скачка. В 2012 году температура в слое температурного скачка была на $2,0^{\circ}\text{C}$ ниже температуры в этом слое летом 2011 г. Интенсивность свечения организмов была почти в 2 раза меньше летней 2011 г.

В Севастопольской бухте после теплой весны в летний период продолжался прогрев водной толщи. Отсутствие температурной стратификации вод и повышение температуры в среднем до $23,0\text{—}23,5^{\circ}\text{C}$ привели к снижению интенсивности свечения организмов.

В раннеосенний период наблюдалось интенсивное развитие гидробионтов. В 2012 году в районе глубоководной ст. 1 пик интенсивности свечения наблюдался в сентябре и был почти в 1,7 раза меньше осеннего 2011 г.

В Севастопольской бухте в сентябре—октябре 2012 г. температурные показатели почти не отличались от осенних 2011 г. Осенний пик интенсивности свечения гидробионтов в 2012 г. наблюдался, как и в 2011 г., в сентябре. Несмотря на это, интенсивность свечения организмов в раннеосенний период 2012 г. была в 1,1—1,3 раза выше, чем в этот же период 2011 г.

В позднеосенний период в глубоководной акватории и в Севастопольской бухте наблюдалось дальнейшее уменьшение интенсивности свечения морских организмов.

Мониторинговые исследования показали, что в 2014 г. была самая теплая зима за период проведения исследований.

В глубоководной акватории в 2014 г. в зимний период среднемесячная температура воды составила $9,3^{\circ}\text{C}$. Свечение холодолюбивых видов, которые являются основными представителями в этот период, было незначительным. Интенсивность свечения организмов в зимний период 2014 г. в глубоководной открытой акватории была в 4 раза ниже чем в 2011 г., но почти в 3 раза выше, чем в зимний (холодный) период 2012 г.

Слабое зимнее перемешивание водных слоев, незначительный весенний прогрев водной толщи повлияли на интенсивность развития светящихся гидробионтов в весенний период 2014 г. Анализ показал, что повышение температуры в весенний период на $1,0^{\circ}\text{C}$ по сравнению с зимним периодом привело к тому, что интенсивность свечения организмов в глубоководной акватории в весенний период почти не отличалась от зимнего периода — 400 и $451 \text{ пВт}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{л}^{-1}$ соответ-

ственно. В весенний период 2014 г. в районе глубоководной станции наблюдалась самая низкая интенсивность свечения организмов. Интенсивность свечения в этот период была в 5 раз ниже, чем в 2011 г. и в 2 раза ниже, чем в 2012 г. В зимний и весенний периоды в 2014 г. в глубоководной акватории не наблюдалось зимних и весенних пиков интенсивности свечения.

Летний период 2014 г. на глубоководной станции характеризовался дальнейшим медленным прогревом водных слоев. Вследствие возникающей температурной стратификации вод, светящиеся организмы в летний период находились над зоной и в зоне температурного скачка. В 2014 году температура в слое температурного скачка была на $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже, чем летом 2011 г. В глубоководной акватории в конце августа и в ноябре 2014 г., когда температура в среднем была $14,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, наблюдалось два пика интенсивности свечения гидробионтов.

В Севастопольской бухте, так же как и в глубоководной акватории, в зимний период 2014 г. наблюдалась самая высокая за шесть лет проведения исследований температура воды — $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. На ст. 2 и ст. 3 в зимний период 2014 г. суммарная интенсивность свечения организмов была невысокой (в среднем $150\text{ пВт}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{л}^{-1}$), что было в 2 раза ниже, чем в зимний период 2011 г., и несколько выше, чем в 2012 г.

В отличие от глубоководной акватории Севастопольская бухта в весенний период характеризовалась быстрым прогревом водных слоев до температуры $15,5\text{—}16,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Хотя интенсивность свечения организмов в 2014 г. в Севастопольской бухте в весенний период увеличилась в 2 раза по сравнению с зимним периодом, интенсивность свечения организмов оставалась самой низкой по сравнению с весенними периодами 2011 и 2012 гг.

Слабое зимнее перемешивание водных слоев и, как следствие, слабое обогащение водных слоев биогенными веществами, высокие зимние и весенние температуры воды, нехарактерные для этих гидрологических сезонов, повлияли на интенсивность свечения организмов. В Севастопольской бухте в зимний и весенний периоды 2014 г. наблюдался монотонный ход сезонных изменений интенсивности суммарного свечения организмов без ярко выраженных пиков в эти периоды.

В Севастопольской бухте в летний период 2014 г. продолжался прогрев водных слоев и в самые жаркие месяцы (июль—август). Температура воды поднялась до $24,5\text{—}25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Незначительное увеличение интенсивности свечения организмов на ст. 2 и ст. 3 наблюдалось в июне в основном за счет летних видов. Интенсивность свечения гидробионтов почти не отличалась от 2011 и 2012 гг. и в среднем составила $430\text{ пВт}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{л}^{-1}$.

В раннеосенний период 2014 г. температура воды в Севастопольской бухте начала снижаться, а интенсивность свечения организмов повышаться. В позднеосенний период (в ноябре), когда температура воды опустилась до $15,0\text{—}14,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, в Севастопольской бухте наблюдалась самая высокая интенсивность свечения организмов за весь ход сезонных изменений интенсивности свечения 2014 г.

Таким образом, в годы с теплым зимним периодом в глубоководной открытой акватории моря наблюдалось три пика интенсивности биолюминесценции. Один слабовыраженный в мае, второй — наибольший — в конце августа, третий — в ноябре.

В Севастопольской бухте в годы с теплым зимним периодом и интенсивным прогревом водных масс до высоких аномальных температур первый незначительный пик интенсивности биолюминесценции смещен на начало лета, второй — хорошо выраженный — наблюдался в ноябре. При этом в зимний, весенний и летний периоды наблюдалось достаточно низкая интенсивность биолюминесценции, а в позднеосенний период интенсивность свечения организмов значительно возрастала и превышала многолетние среднесезонные значения в 3—5 раз.

Выводы

Характер сезонной изменчивости интенсивности свечения гидробионтов в глубоководной и мелководной акваториях определяются в основном абиотическими факторами зимнего периода. Показаны различия в процессах изменения интенсивности свечения гидробионтов в глубоководной и относительно закрытой мелководной акваториях Черного моря (средний коэффициент корреляции $r_{cp} = 0,5$).

В глубоководной акватории Черного моря в годы с характерными сезонными изменениями наблюдалось три пика интенсивности свечения организмов. В годы с холодными зимами, медленным прогревом водных слоев в весенний период наблюдалось два пика интенсивности свечения организмов. В годы с теплым зимним периодом наблюдалось три пика интенсивности свечения организмов. Выявлена важная роль термохалинной структуры вод в глубоководной акватории моря.

В Севастопольской бухте в годы с типичным, холодным и теплым зимним периодами наблюдалось два пика увеличения интенсивности биолюминесценции, однако в зависимости от типа зимы первый пик располагался весной или в начале лета, а второй — в ранне- или позднеосенний периоды.

Севастопольская бухта вследствие отсутствия сезонной термохалинной структуры более подвержена межгодовым климатическим изменениям, чем открытая акватория моря. При этом в годы с теплыми зимами наблюдался другой характер годовых изменений интенсивности биолюминесценции по сравнению с годами, характеризующимися типичными и холодными зимами. Это подтверждается низкими значениями межгодового коэффициента корреляции ($r = 0,2$) полученными для годов с теплыми зимами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Битюков Э.П. Биолюминесценция *Noctiluca miliaris* в разных температурных условиях // Биология моря. 1971. Т. 24. С. 70—77.
- [2] Битюков Э.П., Рыбасов В.П., Шайда В.Г. Годовые изменения интенсивности биолюминесцентного поля в неритической зоне Черного моря // Океанология. 1967. Т. 7. № 6. С. 1089—1099.
- [3] Брянцева Ю.В., Крахмальный А.Ф., Великова В.Н., Сергеева А.В. Динофлагелляты прибрежья г. Севастополя (Черное море, Крым) // Альгология. 2016. Т. 26. Вып. 1. С. 74—89.
- [4] Геворгиз Н.С., Кондратьев С.И., Ляшенко С.В., Овсяный Е.И., Романов А.С. Результаты мониторинга гидрохимической структуры Севастопольской бухты в теплый период года // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2002. Вып. 1(6). С. 139—156.

- [5] Гительзон И.И., Чумакова Р.И., Филимонов В.С., Левин Л.А., Дегтярёв В.И., Утюшев Р.Н., Шевырногов А.П. Биолуминесценция в море. М.: Наука, 1969.
- [6] Долотов В.В., Кондратьев С.И., Ляшенко С.В. Внутригодовые (сезонные) изменения общего содержания биогенных элементов и кислорода в различных районах Севастопольской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2005. Вып. 12. С. 167—176.
- [7] Евстигнеев П.В., Евстигнеев В.П. Спонтанная биолуминесценция *Noctiluca scintillans* sur. (Dinophyta) // Альгология. 2005. Т. 15. № 3. С. 271—279.
- [8] Мельникова Е.Б. Пространственная изменчивость вертикальной структуры интенсивности поля биолуминесценции в прибрежных водах Крыма в весенний период // Биология внутренних вод журнал. 2016. № 2. С. 30—36. Doi: 10.7868/S0321059616020085
- [9] Репетин Л.Н., Гордина А.Д., Павлова Е.В., Романов А.С., Овсяный Е.И. Влияние океанографических факторов на экосистему полузамкнутой антропогенно нагруженной Севастопольской бухты // Морской гидрофизический журнал. 2003. Т. 2. С. 66—80.
- [10] Сеничева М.И. Годичные изменения фитопланктонного сообщества в районе Севастопольского океанариума // Экология моря. 2000. Вып. 53. С. 15—19.
- [11] Токарев Ю.Н. Основы биофизической экологии гидробионтов. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006.
- [12] Токарев Ю.Н., Василенко В.И., Жук В.Ф. Новый гидробиофизический комплекс для экспрессной оценки состояния прибрежных экосистем // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XI Международная научно-техническая конференция, «МСОИ-2009»: в 3 ч. М., ноябрь, 2009. Ч. 3. С. 23—27.
- [13] Черепанов О.А., Левин Л.А., Утюшев Р.Н. Связь биолуминесценции с биомассой и численностью светящегося и всего планктона. 2. Черное море // Морской экологический журнал. 2007. Т. 6. Вып. 3. С. 84—89.
- [14] Haddock S.H.D., Moline M.A., Case J.F. Bioluminescence in the Sea // Annu. Rev. Marine Sci. 2010. Vol. 2. P. 443—493.
- [15] Herren C.M., Haddock S.H.D., Johnson C., Orrico C.M., Moline M.A., Case J.F. A multi-platform bathyphotometer for fine-scale, coastal bioluminescence research // Limnol Oceanogr Methods. 2005. Vol. 3. P. 247—262.
- [16] Mel'nikova E.B., Lyamina N.V. Factors affecting change in bioluminescence field intensity at night // Inland Water Biology. 2014. Vol. 7. № 4. P. 307—312. doi: 10.1134/S1995082914040105
- [17] Mel'nikova Ye.B., Lyamina N.V. Vertical Distribution of Bioluminescence Field Intensity in Water of the Black Sea in Autumn // Hydrobiological Journal. 2015. Vol. 51. № 4. P. 3—11.
- [18] Mel'nikova Ye.B., Tokarev Yu.N., Burmistrova N.V. Regularities of Changes of the Bioluminescence Field in the Black Sea Coastal Waters // Hydrobiological Journal. 2013. Vol. 49. № 3. P. 105—111.
- [19] Tokarev Yu.N., Mel'nikova Ye.B. On the issue of Effect of Hydrophysical Parameters on Intensity of Bioluminescence Field in the Black Sea // Hydrobiological Journal. 2012. Vol. 48. № 4. P. 93—99.
- [20] Ward W.W., Seliger H.H. Properties of mnemiopsin and berovin, calciumactivated photoproteins from the ctenophores *Mnemiopsis* sp. and *Beroeovata* // Biochemistry. 1974. Vol. 13. P. 1500—1509.
- [21] Widder E.A. Bioluminescence in the ocean: Origins of biological, chemical and ecological diversity // Science. 2010. Vol. 328. P. 704—708.

© Мельникова Е.Б., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 15 июнь 2016

Дата принятия к печати: 20 октября 2016

Для цитирования:

Мельникова Е.Б. Сезонная изменчивость интенсивности свечения гидробионтов на юго-западном шельфе Крыма // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017. Т. 25. № 1. С. 36—49.

Сведения об авторе:

Мельникова Елена Борисовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института природно-технических систем ФГБУН. Контактная информация: e-mail: helena_melnikova@mail.ru

SEASONAL VARIABILITY OF HYDROBIONTS LUMINESCENCE INTENSITY IN THE SOUTH-WESTERN SHELF OF CRIMEA

E.B. Melnikova

Institut prirodno-tehnicheskikh sistem FGBUN
ul. Lenina, 28, Sevastopol, Kryim, Russia, 299011

Differences in the processes of seasonal changes in bioluminescence intensity in relatively open waters of the sea on the south-western shelf of the Crimea and in the waters of the Sevastopol Bay (the Black Sea) are shown. The influence of hydrological seasons temperature conditions on the pattern of light intensity changes of hydrobionts within a year. The correlation coefficients of interannual changes in bioluminescence intensity during the different seasonal temperature for deep water area of the sea and shallow waret bay of Sevastopol calculated. The important role of the thermohaline structure of waters in the seasonal variability of the bioluminescence intensity found.

Key words: luminous intensity of hydrobionts, the Black Sea, hydrological seasons, interannual change, Sevastopol bay, relatively open area

REFERENCES

- [1] Bityukov E.P. Biolyuminescentsiya *Noctiluca miliaris* v raznyih temperaturnyih usloviyah. *Russian Journal of Marine Biology*. 1971. T 24: 70–77.
- [2] Bityukov E.P., Ryibasov V.P., Shayda V.G. Godovye izmeneniya intensivnosti biolyuminescentnogo polya v neriticheskoy zone Chyornogo moray. *Oceanology*. 1967. 7 (6): 1089–1099.
- [3] Bryantseva Yu.V., Krahmalnyiy A.F., Velikova V.N., Sergeeva A.V. Dinoflagellates in the coastal zone of Sevastopol (Black sea, Crimea). *Algologiya*. 2016. 26. (1): 74–89.
- [4] Gevorgiz N.S., Kondratev S.I., Lyashenko S.V., Ovsyanyiy E.I., Romanov A.S. The results of monitoring of hydrochemical structure of the Sevastopol bay in the warm season. *Ecological safety of coastal and shelf zones and complex use of shelf resources*. Sevastopol: ECOS-Hydrophysics. 2002. 1 (6): 139–156.
- [5] Gitelzon I.I., Chumakova R.I., Filimonov V.S., Levin L.A., Degtyaryov V.I., Utyushev R.N., Shevyrnogov A.P. *Bioluminescence in the sea*. M.: Nauka, 1969.
- [6] Dolotov V.V., Kondratev S.I., Lyashenko S.V. Intra (seasonal) changes in the total content of nutrients and oxygen to various parts of the Sevastopol bay. *Ecological safety of coastal and shelf zones and complex use of shelf resources*. Sevastopol: ECOS-Hydrophysics. 2005. 12: 167–176.
- [7] Evstigneev P.V., Evstigneev V.P. Spontaneous bioluminescence *Noctiluca scintillans* sur. (Dinophyta). *Algology*. 2005. 15 (3): 271–279.
- [8] Melnikova E.B. Spatial variability of the vertical structure of the bioluminescence field intensity in the coastal waters of Crimea in spring. *Biology of Inland Waters magazine*. 2016. 2: 30–36. Doi: 10.7868 / S0321059616020085

- [9] Repetin L.N., Gordina A.D., Pavlova E.V., Romanov A.S., Ovsyanyiy E.I. Influence of oceanographic factors on a semi-closed ecosystem anthropogenically loaded Sevastopol bay. *Marine Hydrophysical Journal*. 2003. 2: 66–80.
- [10] Senicheva M.I. Annual changes in phytoplankton community in the area of the Sevastopol oceanarium sea. *Ecology*. 2000. 53: 15–19.
- [11] Tokarev Yu. *Fundamentals of biophysical ecology of aquatic organisms*. Sevastopol: ECOS-Hydrophysics, 2006.
- [12] Tokarev Yu., Vasilenko V.I., Zhuk V.F. New gidrobiotfizichesky complex for express assessment of coastal ecosystems. Modern methods and means of oceanographic research: Proceedings XI International scientific-technical conference «ISOD 2009»: 3 hours MA, November 2009. 3: 23–27.
- [13] Cherepanov O.A., Levin L.A., Utyushev R.N. Contact bioluminescence with biomass and number of luminous and total plankton. 2. Black Sea. *Marine Ecological Journal*. 2007. 6 (3): 84–89.
- [14] Haddock S.H.D., Moline M.A., Case J.F. Bioluminescence in the Sea. *Annual Review Marine Science*. 2010. 2: 443–493.
- [15] Herren C.M., Haddock S.H.D., Johnson C., Orrico C.M., Moline M.A., Case J.F. A multi-platform bathyphotometer for fine-scale, coastal bioluminescence research. *Limnol Oceanogr Methods*. 2005. 3: 247–262.
- [16] Mel'nikova E.B., Lyamina N.V. Factors affecting change in bioluminescence field intensity at night. *Inland Water Biology*. 2014. 7(4): 307–312. doi: 10.1134/S1995082914040105
- [17] Mel'nikova Ye.B., Liamina N.V. Vertical Distribution of Bioluminescence Field Intensity in Water of the Black Sea in Autumn. *Hydrobiological Journal*. 2015. 51(4): 3–11.
- [18] Mel'nikova Ye.B., Tokarev Yu.N., Burmistrova N.V. Regularities of Changes of the Bioluminescence Field in the Black Sea Coastal Waters. *Hydrobiological Journal*. 2013. 49(3): 105–111.
- [19] Tokarev Yu.N., Mel'nikova Ye.B. On the issue of Effect of Hydrophysical Parameters on Intensity of Bioluminescence Field in the Black Sea. *Hydrobiological Journal*. 2012. 48(4): 93–99.
- [20] Ward W.W., Seliger H.H. Properties of mnemiopsin and berovin, calciumactivated photoproteins from the ctenophores *Mnemiopsis* sp. and *Beroeovata*. *Biochemistry*. 1974. 13: 1500–1509.
- [21] Widder E.A. Bioluminescence in the ocean: Origins of biological, chemical and ecological diversity. *Science*. 2010. 328: 704–708.

Article history:

Received: 15 June 2016

Revised: 20 November 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Melnikova E.B. (2017) Seasonal variability of hydrobionts luminescence intensity in the south-western shelf of Crimea. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 36–49.

Bio Note:

Melnikova E.B., Senior Researcher, Institute of Natural and Technical Systems FGBUN. *Contact information*: e-mail: helena_melnikova@mail.ru



УДК 57.084.5

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-50-57

ФИЗИОЛОГИЯ ФОТОПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У РАСТИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СВЕТОВОГО ПЕРИОДА

Е.Н. Зубкова, Т.А. Белова

Курский государственный университет
ул. Радищева, д. 33, г. Курск, Россия, 305000

Важнейшей характеристикой среды для растительных организмов является фотопериод — продолжительность светлого времени суток. Реакция растений на длину дня (фотопериодические условия) имеет большое значение при экологическом контроле развития, обеспечивающем необходимую пространственно-временную регуляцию физиологических процессов в растительном организме и оптимизирующем процессы фотосинтетической деятельности. *Цель:* оценка фотопериодической чувствительности образцов редиса *Raphanus sativus*, а также выявление его реакции на увеличение продолжительности светового дня в условиях Центрального Черноземья. Изменение продолжительности светового дня в значительной степени влияет на развитие растений. В условиях длинного светового дня фотопериодическая чувствительность редиса *Raphanus sativus* в Курской области проявляется в усилении роста надземной части растений и развитии генеративных органов. При выращивании редиса в Курской области в условиях искусственно укороченного светового дня растение длительно остается в вегетативном состоянии. Становится ясно, что для формирования крупных корнеплодов редиса с хорошими вкусовыми качествами необходимо его выращивание при коротком световом дне. Лучший срок посева для Центрально-Черноземной зоны — конец марта—апрель и конец июля—август, когда световой день составляет около 10 часов. При выращивании растения в период длинного светового дня посевам необходимо создавать искусственное затенение.

Ключевые слова: фотопериодизм, световой период, фотопериодическая чувствительность, *Raphanus sativus*, растение длинного дня

Введение

Среда оказывает большое влияние на непрерывно текущие во всей живой природопроцессы адаптации [1; 2]. Различные аспекты этого процесса прослежены на различных живых организмах [3—5] и на человеке [6]. Было установлено, что в развитие данного процесса вносит большой вклад генетическая программа организма [7; 8], состояние его реактивности на текущий момент [9] и действующие на организм факторы среды [10]. Биологическое значение адаптации заключается в максимально полном приспособлении живого организма к имеющимся условиям существования и направлено на его выживание [11]. Это обеспечивается формированием процесса адаптации в любых условиях [12]. Данные положения вполне справедливы и для растительных организмов, произрастающих в любых климатических зонах нашей планеты [13; 14].

Важнейшей характеристикой среды для растительных организмов является фотопериод — продолжительность светлого времени суток, обусловленная вращением Земли вокруг своей оси. Он неодинаков в течение года и на разных широтах. В течение эволюции растения приспособились к жизни при чередовании определенной длительности дня и ночи. Выработанная у них способность реагировать на суточный ритм освещения (соотношение светлого и темного периодов) получила название фотопериодической реакции [15]. Проявляется она в изменении процессов роста и развития на фоне колебаний продолжительности дня и обеспечивает адаптацию процессов онтогенеза растений к сезонным особенностям климата. Установлено, что длина дня воспринимается растениями как фактор среды, стимулирующий начало перехода их к цветению или к подготовке к неблагоприятному сезону [13].

Основным пусковым фактором для развития фотопериодической реакции считается определенная продолжительность светового дня [16]. Иногда достаточно всего нескольких суток с нужным соотношением света и темноты, чтобы растение зацвело (фотопериодическая индукция) [14]. Реакция растений на длину дня (фотопериодические условия) имеет большое значение при экологическом контроле развития, обеспечивающем необходимую пространственно-временную регуляцию физиологических процессов в растительном организме и оптимизирующем процессы фотосинтетической деятельности [15].

У растений различают два вида фотопериодической реакции: короткодневную (реакция на уменьшение продолжительности светового дня) и длиннодневную (реакция на увеличение продолжительности светового дня). Ярким примером растения второго вида реакции может выступить редис — растение длинного дня. С увеличением продолжительности освещения его развитие ускоряется. Длинный (более 14 часов) световой день ведет к раннему образованию цветоносных побегов. В том случае, если растение находится на свету 10—12 часов, а остальное время суток в темноте, то стеблевание у редиса не наступает в течение нескольких месяцев. При коротком световом дне можно длительное время сохранять корнеплод в фазе технической спелости [16]. Представляется интересным выяснить, влияют ли на эти процессы климато-почвенные условия Центрального Черноземья России.

Цель настоящего исследования — оценка фотопериодической чувствительности образцов *Raphanus sativus*, а также выявление его реакции на увеличение продолжительности светового дня в условиях Центрального Черноземья.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на черноземных почвах Октябрьского района Курской области. Материалом для исследований был выбран скороспелый сорт редиса *Raphanus sativus* «Французский завтрак». Для оценки его чувствительности к фотопериоду в условиях Курской области опытный посев производили в конце июня, средняя температура дня составляла 25 °С, ночи — 19 °С, продолжительность дня — 17 часов 33 минуты. Делянки опытов трехрядные, площадью 3,6 м² каждая. Семена редиса погружали в почву на глубину 1-2 см. Расстояние между

рядками 10—12 см, расстояние в рядках 2–3 см. При контрольном посеве посев редиса производился аналогично при естественном освещении. При этом для опытной группы создавался искусственный световой день (путем укрытия непрозрачным материалом). Всходы редиса систематически поливали утром и вечером, поддерживали в рыхлом и свободном от сорняков состоянии. На 25-е сутки развития растений на 30 растениях каждой группы были проведены биометрические измерения.

Для достижения поставленной цели изучалась фотопериодическая чувствительность образцов растений редиса *Raphanus sativus* в отношении роста и развития, оценивалась интенсивность фотосинтеза в разные фазы развития [5].

Для объективного контроля качества полученных корнеплодов использовался метод органолептической оценки, который заключается в рейтинговой оценке качества образцов по некоторым ключевым органолептическим характеристикам. Качество корнеплодов устанавливали при помощи органов чувств исследователя с учетом внешнего вида, консистенции, вкуса и запаха. Оценка производилась по пятибалльной шкале. Общая оценка качества рассчитывалась как среднее арифметическое значение всех оценок [5].

Статистическая обработка результатов проведена при помощи t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе оценки развития растений выявили, что на делянках с искусственно созданным световым днем растение оставалось в вегетативном состоянии. Растения, находящиеся в естественных условиях, во всех случаях переходили к репродуктивной фазе развития.

Таблица 1

Морфометрические растений редиса
(Morphometric parameters of plants of radis)

Условия выращивания редиса	Масса растения, г	Масса корнеплода, г	D, см (диаметр)	L, см (длина)	N (число листьев)	S, см ² (площадь листа)
Короткий день	19,18 ± 0,50	10,76 ± 0,28	2,74 ± 0,15	5,85 ± 0,21	5,6 ± 0,17	18,40 ± 0,42
Длинный день	15,90 ± 0,39*	5,64 ± 0,30**	1,65 ± 0,14**	3,77 ± 0,12*	6,7 ± 0,15*	31,36 ± 0,64**

Достоверность различий: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

Длина корнеплодов редиса, произрастающих в условиях искусственно созданного светового дня, оказалось в среднем на 55,2% больше, чем у растений, находящихся при естественном световом режиме. При этом у первых диаметр корнеплодов увеличился на 66,1% (см. табл. 1). Если рассматривать площадь листовой пластинки, разница между первым и вторым образцом составляет ≈ 41 см². В первом случае масса всего растения также была выше при значительном увеличении массы корнеплода, составлявшей 52,0% от общей массы растения. Анализ растений редиса, выращенных в естественных условиях, показал, что масса корнеплодов составляет только 35,0% от массы всего растения, остальные же 65,0%

приходится на надземную часть растений, где по сравнению с образцами первой группы наблюдалось увеличение площади листовой пластинки и количества листьев на растении. Редис относят к растениям длинного дня, поэтому чем длиннее световой день, тем сильнее растение стремится образовать цветоносы и семена; корнеплод в этом случае выполняет лишь роль проводника питательных веществ в листья, стебли и в семена. При коротком световом дне розетка листьев остается небольшой, цветоноса нет и корнеплоды формируются быстро.

При оценке показателей интенсивности фотосинтеза было выявлено, что у растений, оставшихся в вегетативном состоянии, интенсивность данного процесса составляет 0,121 мг/см²/час. В фазу цветения растений редиса в тот же временной период интенсивность фотосинтеза достигает наибольших значений — 0,152 мг/см²/час. Это происходит за счет усиления ростовых процессов, повышения облиственности, что приводит к активизации фотосинтетической деятельности.

В ходе органолептической оценки образцов редиса удалось выяснить, что партия образцов, произрастающих при искусственно сокращенном световом дне, имела более высокий средний балл по всем показателям (табл. 2).

Таблица 2

**Органолептическая оценка образцов редиса
(Organoleptic evaluation of samples of radish)**

Органолептический показатель	Средний балл	
	выращивание редиса при коротком дне	выращивание редиса при длинном дне
Внешний вид	2,6	4,3
Состояние мякоти корнеплода	3,0	4,5
Запах	4,5	4,6
Вкус	1,5	4,6

Обобщая полученные данные, можно сказать, что живые организмы чутко реагируют на все воздействия внешней среды процессами адаптации своей жизнедеятельности [17]. Это особенно ярко проявляется у растительных организмов при изменении состава почвы [18; 19] и динамике климатических условий [3]. При этом полученные в работе данные согласуются с данными литературы [20; 21], что указывает на отсутствие особенностей физиологических реакций растений на длительность светового дня даже в условиях тучных почв Центрального Черноземья.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно говорить, что при выращивании редиса в эколого-географических условиях Курской области выявляются закономерные реакции растений на изменение светового периода, отражающиеся на развитии их корнеплодов.

Заключение

Изменение продолжительности светового дня в значительной степени влияет на развитие растений. В условиях длинного светового дня фотопериодическая чувствительность редиса *Raphanus sativus* в Курской области проявляется в усилении роста надземной части растений и развитии генеративных органов. При

выращивании редиса в Курской области в условиях искусственно укороченного светового дня растение длительно остается в вегетативном состоянии. Для формирования крупных корнеплодов редиса с хорошими вкусовыми качествами необходимо его выращивание при коротком световом дне. Лучший срок посева для Центрально-Черноземной зоны — конец марта—апрель и конец июля—август, когда световой день составляет около 10 часов. При выращивании растения в период длинного светового дня посевам необходимо создавать искусственное затенение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Баврина Т.В.* Фотопериодизм и изменения пигментов в листьях растений: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 1965.
- [2] *Кутафина Н.В.* Клеточное деление в норме и патологии // Материалы Международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные проблемы современной науки и образования». Курск, 2015. С. 44—49.
- [3] *Александрова М.С., Булыгин Н. Е., Ворошилов В.Н., Фролова Л.А.* Фенологические наблюдения в ботанических садах // Бюллетень Главного ботанического сада. 1979. Вып. 113. С. 114.
- [4] *Максимов В.И., Медведев И.Н.* Основы физиологии. Санкт-Петербург: Лань, 2013.
- [5] *Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М.* Большой практикум по физиологии растений. М.: Высшая школа, 1975.
- [6] *Медведев И.Н., Наумов М.М., Беспарточный Б.Д.* Медицинская экология региона КМА // Курский край: социальная экология. М., 2004. Т. 4.
- [7] *Амелина И.В., Медведев И.Н.* Проявления транскрипционной активности ядрышкообразующих районов хромосом в Курском регионе // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2009. Т. 147. № 6. С. 671—673.
- [8] *Медведев И.Н., Амелина И.В.* Уровень хромосомных аберраций и активность ядрышкообразующих районов хромосом в Курском регионе // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 2. С. 70—76.
- [9] *Амелина И.В., Медведев И.Н.* Активные ядрышкообразующие районы хромосом и белковый синтез // Фундаментальные исследования. 2007. № 1. С. 32.
- [10] *Завалишина С.Ю.* Физиология возбудимых тканей. Курск: РГСУ, 2012. 85 с.
- [11] *Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Кутафина Н.В.* Физиологическая регуляция организма. СПб.: Лань, 2016.
- [12] *Медведев И.Н., Беспарточный Б.Д., Наумов М.М., Язева Г.Г.* Агроэкология региона КМА // Курский край: социальная экология. М., 2004. Т. 3.
- [13] *Головки Т.К., Табаленкова Г.Н., Дымова О.В.* Пигментный комплекс растений Приполярного Урала // Ботанический журнал. 2007. Т. 92. С. 1732—1741.
- [14] *Попова И.А., Маслова Т.Г., Попова О.Ф.* Особенности пигментного аппарата растений различных ботанико-географических зон // Эколого-физиологические исследования фотосинтеза и дыхания растений / под ред. Семихатовой О.А. Ленинград: Наука, 1989. С. 115—139.
- [15] *Иванов Л.А., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Юдина П.К.* Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале // Физиология растений. 2013. № 6. С. 856—864.
- [16] *Родников Н.П., Смирнов Н.А., Пантिलеев Я.Х.* Овощеводство. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1984.
- [17] *Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Кутафина Н.В.* Физиология висцеральных систем // Успехи современного естествознания. 2014. № 10. С. 87—88.

- [18] Жукова Л.А., Глаголева Т.И. Особенности концентрационной зависимости устойчивых комплексов кадмия от природных факторов в серых лесных почвах Курской области // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Региональные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса»*. Курск, 2007. С. 57—58.
- [19] Глаголева Т.И. Влияние ионов CD в серых лесных почвах на экологическое равновесие агробиоценоза // *Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса»*. Курск, 2008. С. 111—113.
- [20] Кошкин В.А. Фотопериодическая чувствительность и ее значение для селекции зерновых культур на скороспелость // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2009. Т. 165. С. 21—24.
- [21] Тертышная Ю.В., Левина Н.С. Влияние спектрального состава света на развитие сельскохозяйственных культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2016. № 5. С. 24—29.

© Зубкова Е.Н., Белова Т.А. 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 4 декабря 2016

Дата принятия к печати: 20 декабря 2016

Для цитирования:

Зубкова Е.Н., Белова Т.А. Физиология фотопериодической чувствительности у растительных организмов при различной продолжительности светового периода // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017. Т. 25. № 1. С. 50—57.

Сведения об авторах:

Зубкова Евгения Николаевна, бакалавр, кафедра общей биологии и экологии Курского государственного университета. *Контактная информация*: e-mail: ilmedv1@yandex.ru

Белова Татьяна Александровна, доктор биологических наук, профессор кафедры общей биологии и экологии Курского государственного университета. *Контактная информация*: e-mail: ilmedv1@yandex.ru

THE PHYSIOLOGY OF PHOTOPERIODIC SENSITIVITY AMONG PLANT SPECIES WITH DIFFERENT LIGHT PERIOD

E.N. Zubkova, T.A. Belova

Kursk State University, Kursk, Russia
Radishcheva str., 33, Kursk, Russia, 305000

The most important characteristic of the environment for vegetable organisms is the photoperiod — duration of daylight. Plant Responses to the day length (photoperiod conditions) is of great importance in the development of environmental monitoring, providing the necessary spatial and temporal regulation of physiological processes in plants and optimizing the processes of photosynthetic activity. Objective: To estimate the photoperiodic sensitivity of samples of *Raphanus sativus*, and to identify his reaction to the increase in the length of daylight hours in conditions of Central Black Earth region. Change the duration of daylight is largely affects the development of plants. In terms of the long light

day photoperiodic sensitivity radish *Raphanus sativus* in the Kursk region is manifested in the increased growth of above-ground parts of plants and development of the generative organs. When growing radishes in the Kursk region in the conditions of artificially shortened daylight hours the plant for a long time remained in a vegetative state. It is clear that the formation of the major root crops of radish with good taste must be his growing under short photoperiod. The best planting time for the Central Black Earth zone — the end of March-April and the end of July-August, when the daylight hours of about 10 hours. When growing plants during the long daylight crops is necessary to create an artificial shading.

Keywords: photoperiodism, the light period, photoperiodic sensitivity, *raphanus sativus*, a plant of long day

REFERENCES

- [1] Bavrina T.V. *Fotoperiodizm i izmenenija pigmentov v list'jah rastenij*. Avtoreferat diss. ... kand. biol. nauk. Institut fiziologii rastenij im. K.A. Timirjazeva Akademii nauk SSSR. Moscow, 1965.
- [2] Kutafina N.V. *Kletocnoe delenie v norme i patologii // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Teoreticheskie i prikladnye problem sovremennoj nauki i obrazovanija»*. Kursk, 2015: 44—49.
- [3] Aleksandrova M.S., Bulygin N.E., Voroshilov V.N., Frolova L.A. Fenologicheskie nabljudenija v botanicheskikh sadah. *Bjulleten' Glavnogo botanicheskogo sada*. 1979. 113.
- [4] Maksimov V.I., Medvedev I.N. *Osnovy fiziologii*. Sankt-Peterburg: «Lan'». 2013.
- [5] Gavrilenko V.F., Ladygina M.E., Handobina L.M. *Bol'shoj praktikum po fiziologii rastenij*. Moscow: Vysshaja shkola, 1975.
- [6] Medvedev I.N., Naumov M.M., Bespartochnyj B.D. Medicinskaja jekologija regiona KMA. Tom 4 *Pjtitomnogo izdaniya «Kurskij kraj: social'naja jekologija»*. Moscow, 2004. 4.
- [7] Amelina I.V., Medvedev I.N. Projavlenija transkripcionnoj aktivnosti jadrishkoobrazujushhih rajonov hromosom v Kurskom regione. *Bjulleten' jeksperimental'noj biologii i mediciny*. 2009. 147 (6): 671—673.
- [8] Medvedev I.N., Amelina I.V. Uroven' hromosomnyh aberracij i aktivnost' jadrishkoobrazujushhih rajonov hromosom v Kurskom regione [The level of chromosomal aberrations and activity of nucleolar organizer regions of chromosomes in the Kursk region] // *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Serija: Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [Ecology and Life Safety. VestnikRUDN]. 2009. 2: 70—76.
- [9] Amelina I.V., Medvedev I.N. Aktivnye jadrishkoobrazujushhie rajony hromosom i belkovyj sintez [Active nucleolar organizer regions of chromosomes and protein synthesis]. *Fundamental'nye issledovanija*. 2007. 1: 32.
- [10] Zavalishina S.Yu. *Fiziologija vozbudimyhtkaney* [Physiology of excitable tissues]. Kursk, 2012.
- [11] Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu., Kutafina N.V. *Fiziologicheskaja reguljacija organizma* [The physiological regulation of the body]. Sankt-Peterburg: «Lan'», 2016.
- [12] Medvedev I.N., Bespartochnyj B.D., Naumov M.M., Jazeva G.G. Agrojekologija regiona KMA [Agroecology in the region of the Kursk magnetic anomaly]. T. 3 *Pjtitomnogo izdaniya «kurskij kraj: social'najajekologija»*. Moscow, 2004. 3.
- [13] Golovko T.K., Tabalenkova G.N., Dymova O.V. Pigmentnyj kompleks rastenij Pripoljarnogo Urala [Large workshop on plant physiology] *Botanicheskij zhurnal*. 2007. 92: 1732—1741.
- [14] Popova I.A., Maslova T.G., Popova O.F. Osobennosti pigmentnogo apparata rastenij razlichnyh botaniko-geograficheskikh zon [Features of pigment apparatus of plants from different Botanical-geographical areas] *Jekologo-fiziologicheskie issledovanija fotosinteza i dyhanija rastenij / Pod red. Semihatovoj O.A.* Leningrad: Nauka, 1989: 115—139.
- [15] Ivanov L.A., Ivanova L.A., Ronzhina D.A., Judina P.K. Izmenenie soderzhanija hlorofillov i karotinoidov v list'jah stepnyh rastenij vdol' shirotnogo gradienta na Juzhnom Urale [A change in the content of chlorophylls and carotenoids in the leaves of steppe plants along the latitudinal gradient in the southern Urals] *Fiziologija rastenij*. 2013. 6: 856—864.

- [16] Rodnikov N.P., Smirnov N.A., Pantileev Ja.H. *Ovoshhevodstvo* [Olericulture]. 4-e izd., pererab. idop. Moscow: Kolos, 1984.
- [17] Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu., Kutafina N.V. Fiziologija visceral'nyh sistem [Physiology of the Visceral Systems]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2014.10: 87–88.
- [18] Zhukova L.A., Glagoleva T.I. Osobennosti koncentracionnoj zavisimosti ustojchivyh kompleksov kadmija ot prirodnyh faktorov v seryh lesnyh pochvah Kurskoj oblasti [Features of concentration dependence of stable complexes of cadmium from natural factors in the gray forest soils of Kursk region]. *Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Regional'nye problemy povyshenija jeffektivnosti agropromyshlennogo kompleksa»*. Kursk, 2007: 57–58.
- [19] Glagoleva T.I. Vlijanie ionov CD v seryh lesnyh pochvah na jekologicheskoe ravnovesie agrobiocenoza [Influence CD ions in gray forest soils in the ecological balance agrobiocenosis]. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktual'nye problemy povyshenija jeffektivnosti agropromyshlennogo kompleksa»*. Kursk, 2008: 111–113.
- [20] Koshkin V.A. Fotoperiodicheskaja chuvstvitel'nost' i ee znachenie dlja selekcii zernovyh kul'tur na skorospelost' [Photoperiodic sensitivity and its importance for breeding crops for earliness]. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*. 2009. 165: 21–24.
- [21] Tertyshnaja Ju.V., Levina N.S. Vlijanie spektral'nogo sostava sveta na razvitie sel'skohozjajstvennyh kul'tur [Effect of the spectral composition of light on the development of agricultural crops] *Sel'skohozjajstvennye mashiny i tehnologii*. 2016. 5: 24–29.

Article history:

Received: 4 December 2016

Revised: 20 December 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Zubkova E.N., Belova T.A. (2017) The physiology of photoperiodic sensitivity among plant species with different light period. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 50–57.

Bio Note:

Zubkova E.N., Bachelor, Department of General Biology and Ecology of the Kursk State University. *Contact information:* e-mail: ilmedv1@yandex.ru

Belova T.A., PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of General Biology and Ecology of the Kursk State University. *Contact information:* e-mail: ilmedv1@yandex.ru



УДК 574.2

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-58-72

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕНИЯ АТМОСФЕРНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ CO₂ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮЖНОЙ АМЕРИКИ*

А.И. Курбатова¹, А.М. Тарко², Е.В. Козлова¹

¹ Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

² Вычислительный центр им. А.А. Дородницына
Федерального исследовательского центра «Информатика и управление»
Российской академии наук (ВЦ РАН)
ул. Вавилова, 40, Москва, Россия, 119333

На основе глобальной пространственной математической модели глобального цикла углерода в биосфере сделаны расчеты изменения экологических параметров от выбросов углекислого газа при сжигании ископаемого топлива, вырубки лесов и эрозии в мире и странах Центральной и Южной Америки. Рассчитано влияние вырубки тропических лесов и эрозии почв из-за неправильного землепользования на изменение климата для стран Центральной и Южной Америки до 2060 г.

Ключевые слова: математическое моделирование, глобальный биохимический цикл, диоксид углерода, глобальное потепление, антропогенное воздействие, региональные последствия

Введение

Согласно оценкам, в Латинской Америке и Карибском бассейне количество углерода, накопленного в лесной биомассе к 2012 г., составило 104 Гт. За период 1990–2010 гг. в Центральной и Южной Америке отмечалось сокращение углерода, накопленного в лесной биомассе, в то время как в странах Карибского бассейна этот показатель возрастал. По оценке исследователей [1], валовая эмиссия углерода в результате сведения тропических лесов с 2000 по 2005 гг. составляла в среднем 0,81 млрд т в год.

Методика исследования

Для исследования региональных последствий глобального потепления и землепользования в странах Южной и Центральной Америки был проведен расчет изменения фитомассы, гумуса и общего количества углерода под воздействием промышленных выбросов CO₂, вырубки лесов (тропические леса) и эрозии гумуса, связанной с нерациональной организацией землепользования. Авторами

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14-01-00308).

статьи проведены расчеты для периода 1860—2060 гг. на пространственной модели глобального цикла углерода ВЦ РАН. В модели учитывалось, что промышленные выбросы CO_2 , вырубка лесов и эрозия почв, происходящие на территории стран, в течение приблизительно двух недель перемешиваются в широтном направлении и в течение 2—3 месяцев в меридиональном направлении, т.е. в течение одного года. Поэтому каждая страна или регион одновременно испытывает действие изменения климата, зависящее от суммарных выбросов всех стран мира в течение года. Следовательно, для расчета изменений климата, происходящих при глобальном потеплении в одном регионе или стране, необходимо применять модель глобального цикла углерода, учитывающую суммарные выбросы CO_2 стран всего мира начиная с промышленного периода (обычно в моделях глобального цикла углерода за начало этого периода принимается 1860 г.).

В глобальной пространственной модели цикла углерода ВЦ РАН в биосфере [2] применено разбиение поверхности суши на ячейки $0,5 \times 0,5$ град. (примерно 50×50 км) географической сетки, она реализована на ЭВМ. Модель описывает процессы роста и отмирания растительности, накопления и разложения гумуса в терминах обмена углеродом между атмосферой, растениями и гумусом почвы в каждой ячейке суши. Переменными модели является количество углерода в фитомассе растительности суши и в гумусе почв в каждой ячейке применяемого разбиения, а также количество углерода в атмосфере в виде CO_2 . Принята классификация типов экосистем Дж. Олсона, в которой учитываются не только естественные экосистемы, но и сельскохозяйственные [3]. В углеродном балансе страны поглощающая способность CO_2 должна оцениваться как составная часть глобального баланса с учетом вклада не только лесных, но и других биомов (лугов, сельхозугодий, болот, тундры) [4].

Климат в каждой ячейке модели характеризуется среднегодовой температурой воздуха у поверхности Земли и количеством осадков за год. Значения температуры и осадков для каждой ячейки суши в зависимости от количества углерода в атмосфере (парниковый эффект) рассчитываются с помощью климатической модели общей циркуляции атмосферы и океана [5]. Модель дополнена моделью цикла углерода в системе «атмосфера — океан» [2].

Моделировалась динамика биосферы с 1860 по 2060 гг. Был принят следующий базовый сценарий. Антропогенное поступление CO_2 в атмосферу начинается в 1860 г., оно происходит в результате промышленных выбросов CO_2 от сжигания ископаемых органических топлив, вырубки лесов и эрозии почв. Значения промышленных выбросов CO_2 для всего мира и всех стран в 1751—2013 гг. взяты из литературных данных [6].

После 1950 г. идет вырубка и последующее уничтожение тропических лесов. В этот период масса тропических лесов каждый год уменьшается на 0,6%, соответствующее количество CO_2 от разложившегося органического вещества древесины поступает в атмосферу. Эрозия почв связана с нерациональной эксплуатацией земель, соответствующее количество CO_2 от вынесенного гумуса поступает в атмосферу. Темпы эрозии начиная с 1860 г. принимаются равными 0,15% в год [7]. В разных экосистемах учитывается различное изменение вырубки и эрозии

во времени. Территория вырубки и эрозии задается соответствующими пространственными распределениями (в современных компьютерных программах пространственное распределение задается типом экосистемы) .

Методика исследования

Для исследования региональных последствий глобального потепления и последствий неправильного землепользования в странах центрально- и южноамериканского региона был проведен расчет изменения фитомассы, гумуса и общего количества углерода под воздействием промышленных выбросов CO_2 , вырубки лесов (тропические леса) и эрозии почвы. Рассматривались изменения следующих экологических параметров: углерода в фитомассе, гумусе и общего количества углерода в экосистемах каждой страны.

Графики изменения гумуса, фитомассы и общего количества углерода в гумусе и фитомассе в данной статье приведены для относительных значений переменных, за единицу принят 2000 г. Такой метод представления результатов удобен для сравнения темпов роста значений переменных для разных стран. Все страны Центральной и Южной Америки были разделены на страны со схожими биоклиматическими потенциалами — комплексным показателем, характеризующим общую потенциальную продуктивность земли и влияние на продуктивность температуры, влажности и инсоляции.

В рамках данной классификации было выделено четыре группы стран:

- 1) Андская Америка: Венесуэла, Колумбия, Перу, Эквадор, Боливия;
- 2) Центральная Америка и страны Карибского бассейна: Белиз, Тринидад и Тобаго, Коста-Рика, Ямайка, Доминиканская Республика, Панама, Никарагуа, Куба, Гаити;
- 3) Тропическая Южная Америка: Французская Гвиана, Парагвай, Суринам, Бразилия, Гайана;
- 4) Субтропическая и умеренная Южная Америка: Аргентина, Уругвай, Чили.

Результаты исследования и обсуждение

Рассмотрим результаты расчетов содержания углерода в гумусе и фитомассе растительных сообществ в странах Андской Америки (рис. 1). Во всех странах данного региона наблюдается уменьшение гумуса до 2020 г., а впоследствии его увеличение к 2060 г. Уменьшение гумуса в странах Андской Америки до 2020 г. согласуется с многочисленными исследованиями по проблемам обезлесения в этих странах [7—9]. В целом, в Андской Америке в течение 2020—2060 гг. будет происходить рост почвенного гумуса. В этом случае эрозии почвы противостоит рост гумуса, связанный с увеличением продуктивности и фитомассы, что связано с компенсаторным эффектом. Также на увеличение гумуса влияло региональное изменение климата, происходящее вследствие глобального потепления [10]. Наибольшее увеличение гумуса происходит в Венесуэле и Колумбии (к 2060 г. увеличение составляет 5 и 4,7% соответственно по сравнению с 2000 г.), а наименьшее — в Боливии (1,7%), что связано с биогеохимическими особенностями почв и разным откликом растительности на повышенную концентрацию угле-

кислоты в атмосфере. Уменьшение гумуса в странах Андской Америки до 2020 г. согласуется с многочисленными исследованиями по проблемам обезлесения в этих странах [7–9].

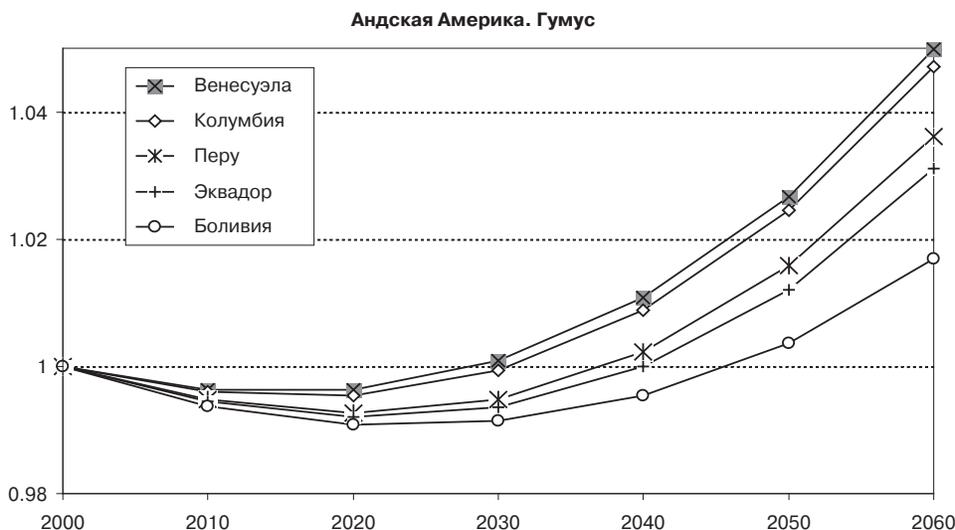


Рис. 1. Изменение количества углерода в гумусе в странах Андской Америки в течение 2000—2060 гг. (The change of carbon in humus (%) in the countries of Andean Community of Nations during 2000—2060)

Отмечается, что в Боливии огромную роль в обезлесении играет политическое лобби, продвигающее законы по отчуждению лесных земель под нужды иностранных землепользователей [8]. В период 1994—2004 гг. в результате освоения земель под сельскохозяйственные нужды площадь обезлесения составила 10110 км² [11]. По данным других исследований [8; 9], мощную роль в обезлесении в Колумбии, Венесуэле, Эквадоре, Перу и Боливии сыграла добыча золота, приведшая к потере приблизительно 1680 км² лесов. Показано, что усредненный годовой показатель обезлесения в Перу (спутниковые данные), связанного с добычей золота, утроился между 1999—2007 и 2008—2012 (с 21,66 км²/год к 61,56 км²/год соответственно). В исследованиях показано, что наряду с вырубкой лесные биомы также подвержены антропогенной деградации в результате аэротехногенных выбросов тяжелых металлов (Cu, Zn, Hg) золотодобывающей промышленности [12].

В странах Андской Америки начиная с 2010 г. наблюдается рост фитомассы (рис. 2), что связано с увеличением концентрации углекислого газа в атмосфере. Наибольшее значение углерода наблюдается для Венесуэлы — 11,8% наименьшее — для Эквадора и Боливии (8 и 7,8% соответственно).

Наибольший рост общего углерода фитомассы и гумуса достигается в Колумбии (он составляет 13,8%), наименьший — в Боливии — 6,8% (рис. 3).

Для стран Центральной Америки и Карибского бассейна результаты моделирования представлены на рис. 4—6. Для Гватемалы, Мексики, Пуэрто-Рико значения углерода в гумусе к 2060 г. не превысят значений 2000 г. Во всех странах региона результаты показывают уменьшение гумуса до 2020 г., кроме Белиза. В Белизе к 2060 г. рост гумуса самый высокий — 10% по отношению к 2000 г. Белиз

при поддержке Всемирного фонда дикой природы и Института Смитсона стал признанным лидером в области охраны окружающей среды. Более 40% территории страны отданы властями страны под заповедники и парки. В стране значительная часть реликтовых лесов (65%) остается нетронутой, и леса занимают практически половину территории страны. Белиз придерживается политики экологически безопасного туризма, и на сегодняшний день в стране больше охраняемых зон, чем в любом другом государстве Латинской Америки. Наименьший рост углерода в гумусе к 2060 г. будет наблюдаться в Гондурасе — 1,09% и Гаити — 1,53%.

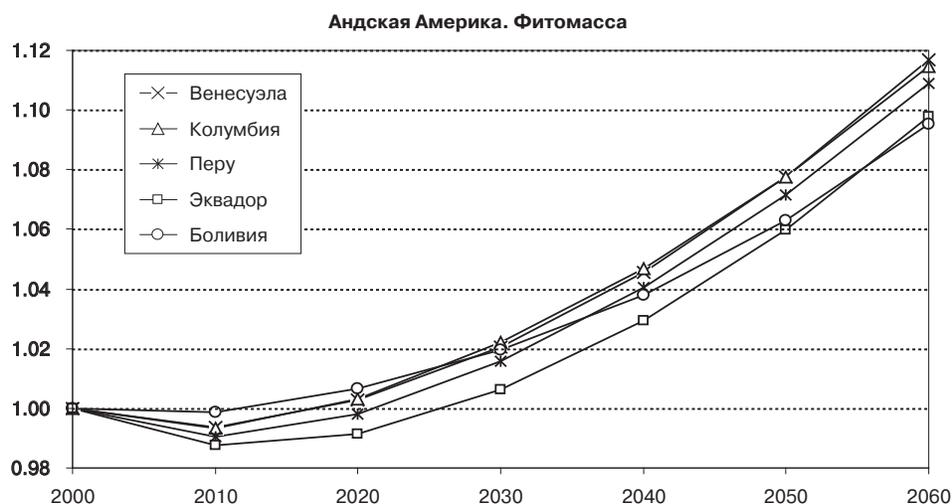


Рис. 2. Изменение количества углерода в фитомассе в странах Андской Америки в течение 2000—2060 гг.
(The change of carbon in phytomass (%) in the countries of Andean Community of Nations during 2000—2060)

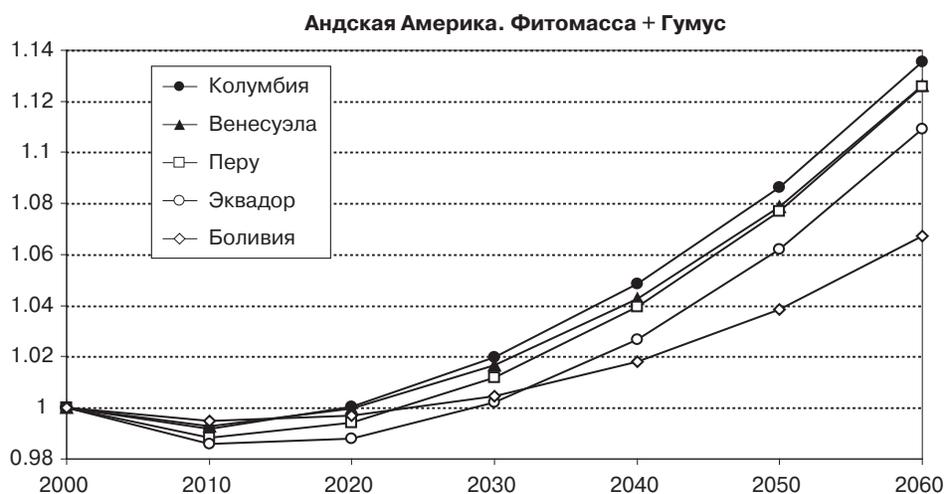


Рис. 3. Относительное изменение общего углерода в странах Андской Америки в течение 2000—2060 гг.
(The relative change in the total carbon in the countries of Andean Community of Nations during 2000—2060)

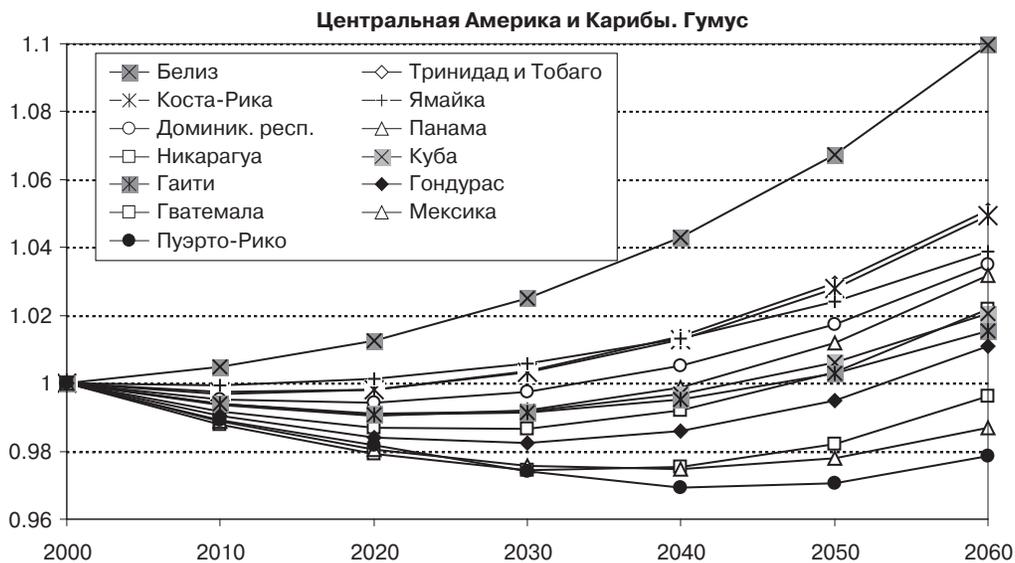


Рис. 4. Изменение количества углерода в гумусе в странах Андской Америки в течение 2000—2060 гг.
(The change of carbon in humus (%) in the countries of Central America and the Caribbean during 2000—2060)

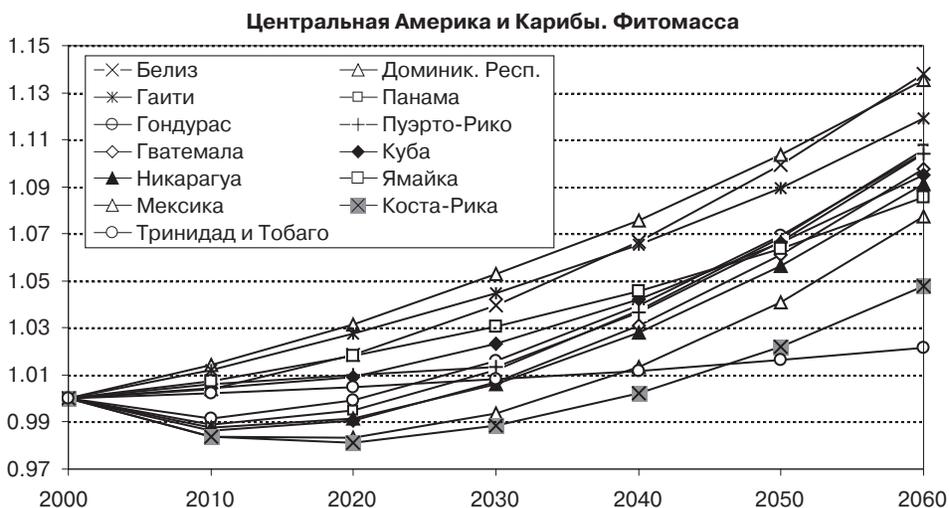


Рис. 5. Изменение количества углерода в фитомассе в странах Центральной Америки и Карибского бассейна в течение 2000—2060 гг.
(The change of carbon in phytomass (%) in the countries of Central America and the Caribbean during 2000—2060)

Результаты расчетов показывают рост фитомассы в странах Центральной Америки и Карибского бассейна (см. рис. 5). Однако в Коста-Рике, Гватемале, Никарагуа, Панаме и Гондурасе после 2000 г. происходит уменьшение фитомассы, связанное с вырубкой части тропической растительности, а после 2010 г. в странах наблюдается рост фитомассы. В моделируемый период наибольший прирост фитомассы будет происходить в Белизе и Доминиканской Республике — рост фи-

томассы к 2060 г. достигает 13,8 и 13,5% соответственно, самый низкий — в Тринидаде и Тобаго (рост фитомассы к 2060 г. достигает 2,2% по сравнению с 2000 г.). Для Тринидада и Тобаго на сегодняшний день остро стоит проблема незаконных разработок карьеров, что сопровождается значительными вырубками лесов на севере страны [13; 14].

Результаты моделирования изменения общего количества углерода (фитомасса + гумус) показывают, что во всех странах исследуемого региона наблюдается увеличение количества углерода в фитомассе к 2060 г. (рис. 6). Наибольшее значение наблюдается для Белиза — 21,5%, наименьшее — для Мексики (рост фитомассы и гумуса к 2060 г. составляет 4,7%).

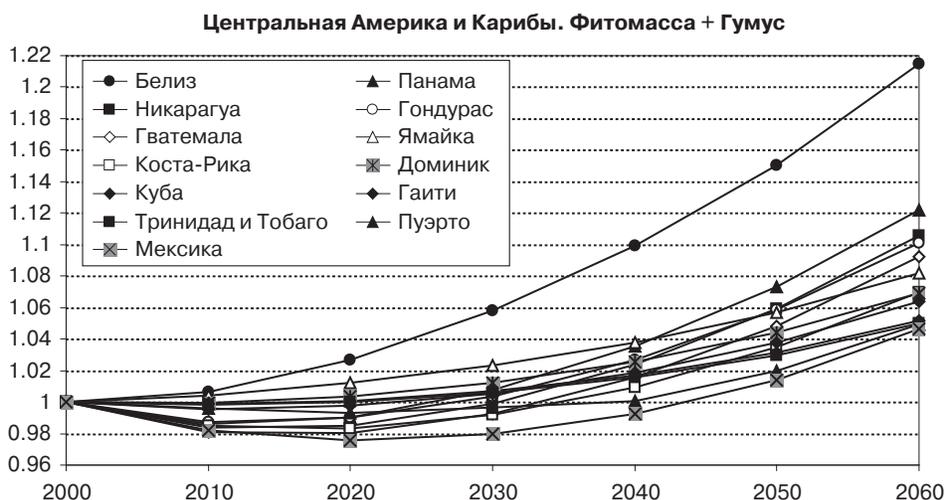


Рис. 6. Относительное изменение общего углерода в странах Центральной Америки и Карибского бассейна в течение 2000—2060 гг.
(The relative change in the total carbon in the countries of Central America and the Caribbean during 2000—2060)

Анализ расчетных данных по странам Тропической Южной Америки показал, что наибольший рост гумуса к 2060 г. будет наблюдаться в растительных сообществах Французской Гвианы, Парагвая и Суринама (8,1; 6,6; 6,4% соответственно) (рис. 7). Для Бразилии этот показатель составит 4,4%, для Гайаны — 4,2%. Для Суринама, Бразилии и Гайаны имеет место уменьшение гумуса до 2020 г., к 2060 г. количество углерода в гумусе для всех стран региона превысит значения 2000 г.

Рост фитомассы в Бразилии к 2060 г. составляет 12%, во Французской Гвиане — 11,7%, в Парагвае — 10,2%, Суринаме — 10,15% (рис. 8). Для Гайаны наблюдаем рост фитомассы к 2060 г. (7%). Во всех странах региона рост фитомассы превысит значения в 2000 г.

Наибольший рост углерода фитомассы и гумуса достигается в Французской Гвиане — 15,7%, наименьший — в Гайане (5,8%) (рис. 9). Приводятся данные, что с 2009 г. правительство Французской Гвианы поддержало проект по устойчивому развитию лесов Low Carbon Development Strategy (LCDS) [13]. Данный проект включает в себя механизм уменьшения выбросов при обезлесении и деградации (Reduce Emissions from Deforestation and Degradation (REDD+)). В рамках REDD+

финансово поощряются те страны, где максимально сохраняются имеющиеся массивы, а вырубка лесов незначительна. В качестве концептуальной основы применяемых методов в рамках REDD можно обозначить теорию трансформации лесопользования (forest transition), предполагающую переход от сведения лесов к увеличивающемуся лесному покрову, что означает увеличение площади естественных поглотителей парниковых газов и, соответственно, предотвращение выбросов. Суринам также в рамках инициативы REDD+ прикладывает усилия для создания устойчивого управления лесами, создания карт лесного покрова, а также карт вырубки на основе спутниковых данных [11].

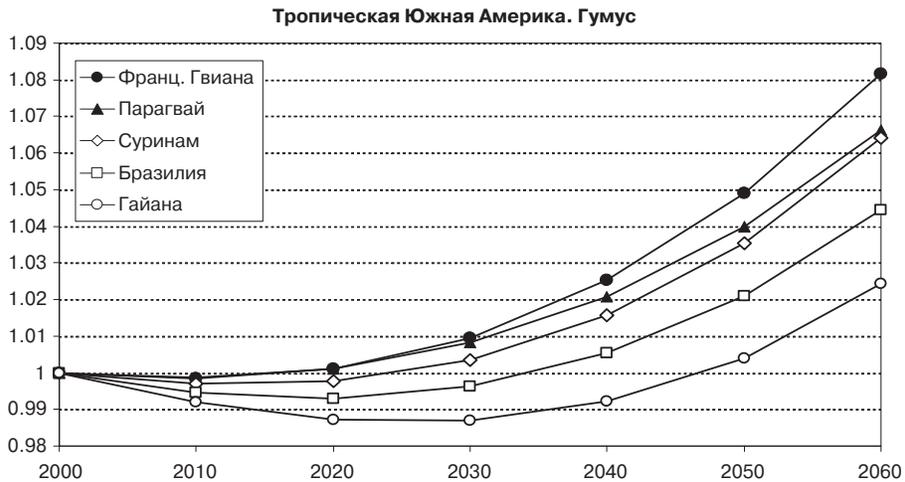


Рис. 7. Изменение количества углерода в гумусе в странах Тропической Южной Америки в течение 2000—2060 гг. (%)
(The change of carbon in humus (%) in the countries of tropical South America and the Caribbean during 2000—2060)

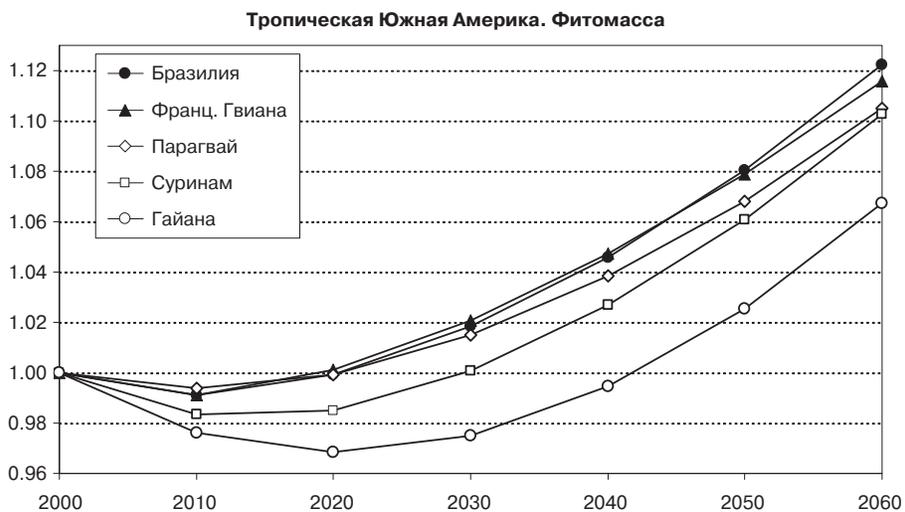


Рис. 8. Изменение количества углерода в фитомассе в странах Тропической Южной Америки в течение 2000—2060 гг. (%)
(The change of carbon in phytomass (%) in the countries of tropical South America and the Caribbean during 2000—2060)

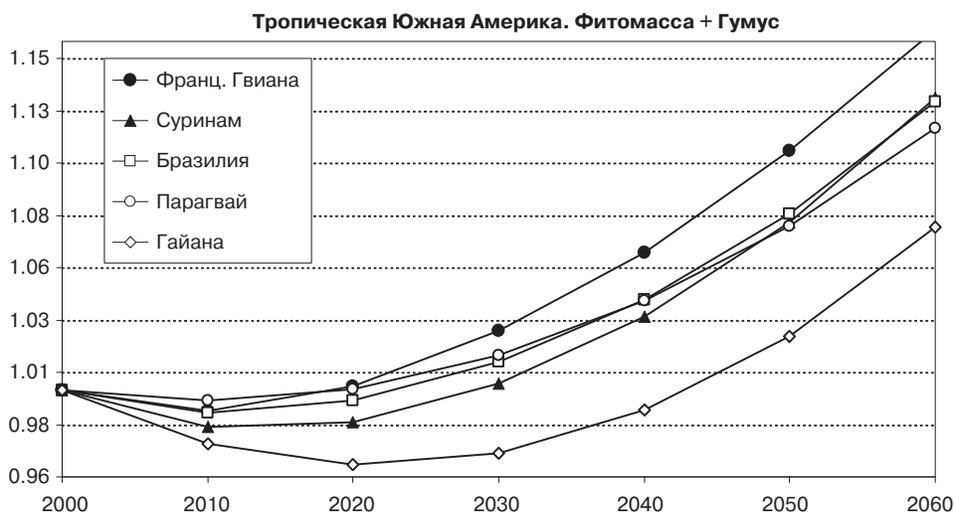


Рис. 9. Относительное изменение общего углерода в странах Тропической Южной Америки в течение 2000—2060 гг.
(The relative change in the total carbon in the countries of tropical South America during 2000–2060)

По результатам модельных расчетов для стран субтропической и умеренной Южной Америки наблюдается уменьшение гумуса в Чили и Уругвае до 2020 г., затем снижение гумуса прекращается и сменяется ростом (рис. 10). Самое высокое значение гумуса к 2060 г. характерно для растительных сообществ Аргентины — 9,8%, наименьшее значение наблюдается в Уругвае — 5,7%

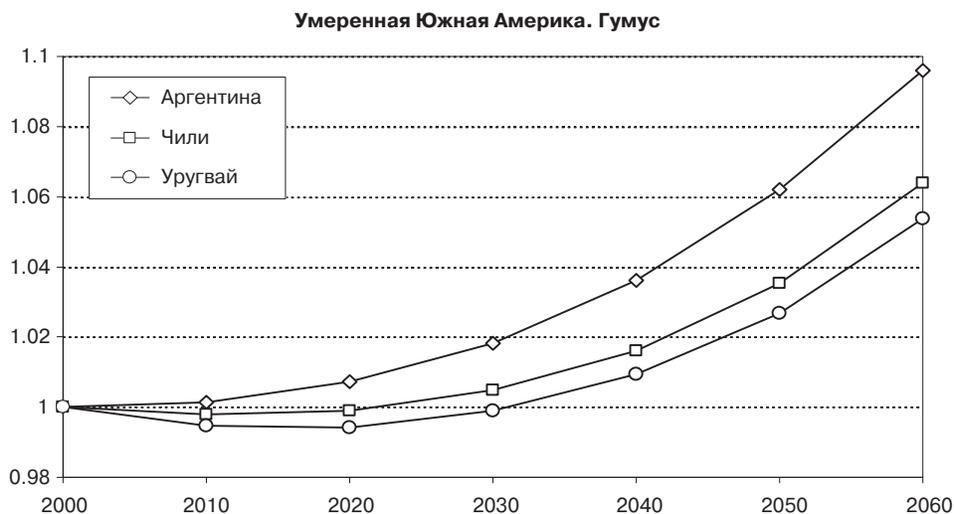


Рис. 10. Изменение количества углерода в гумусе в странах Субтропической и умеренной Южной Америки в течение 2000—2060 гг. (%)
(The change of carbon in humus (%) in the countries of temperate South America during 2000–2060)

Результаты расчетов показывают рост фитомассы во всех странах Субтропической и умеренной Южной Америки к 2060 г. (рис. 11). Во всех странах к 2060 г. происходит превышение показателей фитомассы значений 2000 г. к 2060 г.: для Аргентины — 25%, Уругвая — 23,4%, Чили — 21,8%. Новые лесопосадки для про-

мышленного использования, особенно в Аргентине и Уругвае, частично восполняют утрату природных лесов, в Чили также за период 2005—2010 гг. увеличена площадь коммерческих насаждений. Однако в данных странах при увеличении площади лесонасаждений одновременно наблюдается тенденция уменьшения площади первичных лесов. Площадь лесов в Чили возрастает за счет коммерческих видов, несвойственных растительным сообществам Чили (*pino rabiata*, *pino insigne*, *eucaliptos globulus* и *eucaliptos nitens*), что приводит к нарушению водного режима, повышению аридности почв и уменьшению потенциала секвестрации углерода [15]. Концентрация внимания исключительно на задаче снижения CO_2 в атмосфере приводит к ошибочным решениям. Особенно высока вероятность уменьшения запасов углерода при посадках «углеродных» лесов на сырых и заболоченных участках — в этих случаях выделение углерода из почвы может превысить его аккумуляцию в древесине [5].

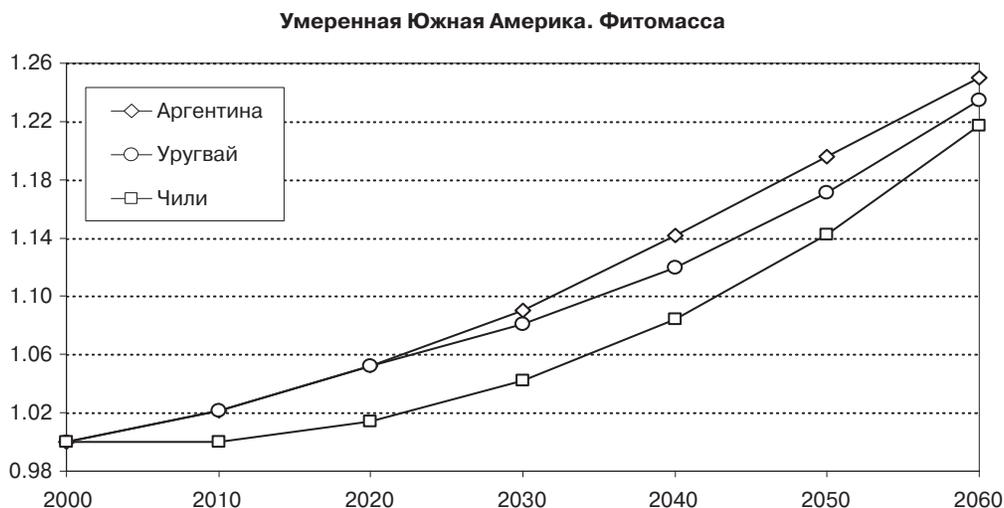


Рис. 11. Изменение количества углерода в фитомассе в странах субтропической и умеренной Южной Америки в течение 2000—2060 гг. (%)
(The change of carbon in phytomass (%) in the countries of temperate South America during 2000—2060)

Рассмотрим изменение общего количества углерода (в фитомассе и гумусе) (рис. 12). Во всех странах субтропической и умеренной Южной Америки рост углерода к 2060 г. превысит значения 2000 г. Наибольший рост фитомассы и гумуса происходит в Аргентине — 25,8%.

В таблице представлены обобщенные результаты моделирования изменения углерода фитомассы, гумуса и общего количества углерода (сумма фитомассы и гумуса) под воздействием промышленных выбросов CO_2 , вырубки лесов и эрозии гумуса связанной с неправильным землепользованием в странах Центральной и Южной Америки к 2060 г. Из таблицы видно, что наибольший прирост углерода в гумусе к 2060 г. происходит в странах Центральной и умеренной Америки (10 и 9,8% соответственно). Наибольший рост фитомассы наблюдается в странах умеренной Южной Америки (25%). Также для умеренной и Центральной Америки характерны самые высокие показатели роста углерода в гумусе и фитомассе (25,8 и 21,5% соответственно).

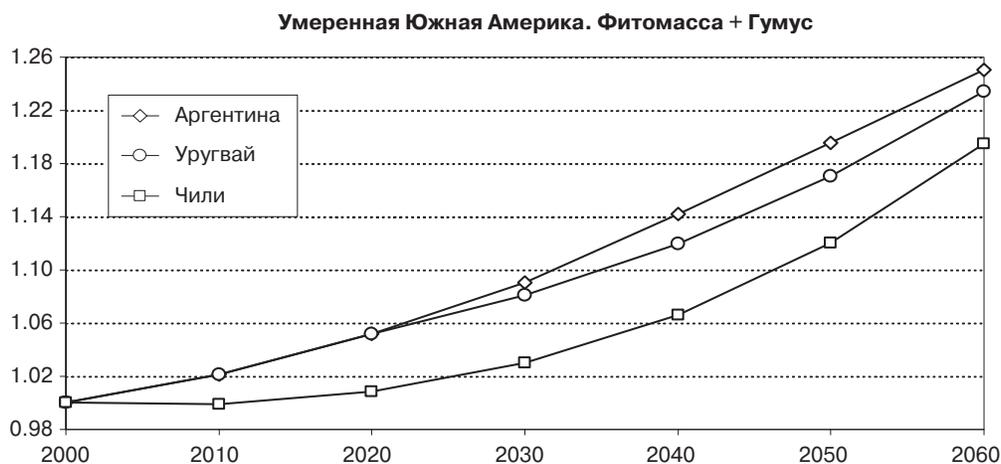


Рис. 12. Относительное изменение общего углерода в странах субтропической и умеренной Южной Америки в течение 2000—2060 гг.
(The relative change in the total carbon in the countries of tropical South America during 2000—2060)

Таблица

Максимальные изменения углерода в гумусе, фитомассе и изменение общего количества углерода в растительных формациях стран Центральной и Южной Америки под воздействием антропогенных факторов (%)
(The maximum carbon change (%) in humus, phytomass and the total change in carbon under the influence of anthropogenic factors in plant formations of Central and South America)

Регион	Страна (наибольшее значение)	Гумус	Фитомасса	Гумус+Фитомасса
Андская Америка	Венесуэла (В) Колумбия (К)	5(В)	11,8 (В)	13,8 (К)
Тропическая Южная Америка	Французская Гвиана (ФГ) Бразилия (Б)	8,1 (ФГ)	12 (Б)	15,7 (ФГ)
Центральная Америка и страны Карибского бассейна	Белиз	10	13,8	21,5
Субтропическая и умеренная Южная Америка	Аргентина	9,8	25	25,8

Заключение

Проведенные расчеты для различных климатических зон Южной и Центральной Америки могут быть использованы для определения критерия биосферной устойчивости групп стран к антропогенному воздействию в условиях возрастания концентрации углекислого газа [3; 16] и при исследовании динамики деградации лесов от антропогенных и климатических воздействий. Полученный прогноз может быть использован при планировании мероприятий природоохранной практики в рамках реализации национальных стратегий по сохранению лесов (составление карт восстанавливаемых лесов с различной потенциальной возможностью поглощения углерода в различных географических и климатических условиях, расчет биологического ущерба, нанесенного лесному биогеоценозу, а также в рамках реализации концепции «предотвращенного сведения лесов» (*avoided deforestation*) для всех регионов и стран исследуемого континента).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Daniel J. Zarin*. Carbon from tropical deforestation // *Science*. 2012. V. 336. P. 1518. DOI: 10.1126/science.1223251
- [2] *Тарко А.М.* Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов // Математическое моделирование. М.: Физматлит. 2005.
- [3] *Olson J.S., Watts J.A., and Allison L.J.* Major world ecosystem complexes ranked by carbon in live vegetation: An Updated Database Using the GLC2000 Land Cover Product (NDP-017b)// Oak Ridge National Laboratory. Environmental Sciences Division, Oak Ridge. NDP017. P. 164. DOI: 10.3334/CDIAC/lue.ndp017.2006
- [4] *Федоров Б.Г.* Выбросы углекислого газа: углеродный баланс России // Проблемы прогнозирования. 2014. № 1 (142). С. 63.
- [5] *Schlesinger M.E.* Simulating CO₂-induced climatic change with mathematical climate models: Capabilities, limitations and prospects // *Proceedings: Carbon Dioxide Research Conference: Carbon Dioxide, Science and Consensus*. Coolfont Conference Center, Berkeley Springs. 1983. DOI: 10.1007/BF00139442
- [6] *Marland G., Boden T., and Andres B.* Global CO₂ Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring: 1751. 2009. NDP030. // Carbon Dioxide Information Analysis Center. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. DOI: 10.3334/CDIAC/00001_V2010
- [7] *Grieco E., Chiti T., Perugini L., and Valentini R.* Deforestation and Land Use Change in Jomoro District, Ghana, Impacts on Carbon Stocks and Perspectives of REDD. 2014.
- [8] Bolivia en un mundo 4 grados más caliente Escenarios sociopolíticos ante el cambio climático para los años 2030 y 2060 en el altiplano norte (Дата обращения 03.09.2016) URL: http://www.cambioclimatico-bolivia.org/archivos/20130324051408_0.pdf/17/07/2016
- [9] *Durán A.P., Rauch J. and Gaston K.J.* Global spatial coincidence between protected areas and metal mining activities // *Biol. Conserv.* 160. 2013. P. 272.
- [10] *Alvarez-Berrios N.L., Mitchell Aide T.* Global demand for gold is another threat for tropical forests // *Environmental Research Letters*. 2015. 10 (1). P. 315. DOI:10.1088/1748-9326/10/1/014006.
- [11] Avoiding Deforestation in the Guianas (Дата обращения 03.09.2016) URL: http://www.conservation.org/publications/documents/CI_KfW_Avoiding-Deforestation-in-Guianas-Program-Factsheet_Brazil_Suriname_Guyana.pdf
- [12] *Villegas B.C., Weinberg R., Levin E. and Hund K.* Artisanal and small-scale mining in protected areas and critical ecosystems programme (ASM-PACE) (Cambridge, UK: Estelle Levin and WWF) (Дата обращения 03.09.2016) URL: www.profor.info/sites/profor.info/files/docs/ASM_PACEglobalSolutions.pdf
- [13] *Helmer E.H. et al.* Detailed maps of tropical forest types are within reach: Forest tree communities for Trinidad and Tobago mapped with multiseason Landsat and multiseason fine-resolution imagery (Дата обращения 03.09.2016) URL: http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/ja_iitf_2012_helmer001.pdf
- [14] *Meinzer F.C., Goldstein G., Holbrook N.M., et al.* Stomatal and environmental-control of transpiration in a lowland tropical forest tree// *Plant Cell Environ.* 1993. 16.429-436
- [15] *Букварева Е.Н., Павлов Д.С.* Средообразующие функции живой природы и экологочентрическая концепция природопользования (Дата обращения 03.09.2016) URL: http://optimum-biodiversity.narod.ru/olderfiles/1/ТЕЕВ_2010.pdf
- [16] *Тарко А.М., Курбатова А.И.* Влияние промышленных выбросов CO₂ на биосферные параметры экосистем стран БРИКС // *Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2016. № 1. С. 26.

© Курбатова А.И., Тарко А.М., Козлова Е.В., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 26 октября 2016

Дата принятия к печати: 18 ноября 2016

Для цитирования:

Курбатова А.И., Тарко А.М., Козлова Е.В. Влияние повышения атмосферной концентрации CO₂ на экологические параметры растительных сообществ в странах Центральной и Южной Америки // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2017. Т. 25. № 1. С. 58—72.

Сведения об авторах:

Курбатова Анна Игоревна, кандидат химических наук, доцент кафедры экологического мониторинга и прогнозирования экологического факультета РУДН. *Контактная информация:* e-mail: kurbatova_ai@mail.ru

Тарко Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ВЦ РАН им. А.А. Дородницына. *Контактная информация:* e-mail: tarco@mail.ru

Козлова Екатерина Витальевна, аспирант кафедры экологического мониторинга и прогнозирования экологический факультет РУДН. *Контактная информация:* e-mail: ekaterina.vi.ko@gmail.com

AN IMPACT OF RISING ATMOSPHERIC CONCENTRATIONS OF CARBON DIOXIDE ON PLANTS IN CENTRAL AND SOUTH AMERICA

A.I. Kurbatova¹, A.M. Tarko², E.V. Kozlova¹

¹ Peoples' Friendship University of Russia

Podolskoe shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

² Dorodnitsyn Computing Center, Russian Ac.Sc.

Vavilov str., 40, Moscow, Russia, 119991

On the basis of the spatial mathematical model of the global carbon dioxide cycle in the biosphere the absorption of carbon dioxide emissions from the fossil fuel burning, deforestation, and soil erosion by terrestrial ecosystems was calculated for all the world and countries of the Central and South America. Effects of deforestation of tropical forests and soil erosion because of inappropriate land use and climate change were calculated until 2060 for countries of the Central and South America.

Key words: mathematical modeling, global biogeochemical cycles, carbon dioxide, global warming, anthropogenic impacts, regional consequences

REFERENCES

- [1] Daniel J. Zarin. Carbon from tropical deforestation. *Science*. 2012. V. 336. P. 1518. DOI: 10.1126/science.1223251
- [2] Tarko A.M. Antropogennye izmeneniya globalnykh biosfernykh processov. *Matematicheskoe modelirovanie*. M.: Izd-vo: «Fizmatlit». 2005.
- [3] Olson J.S., Watts J.A., and Allison L.J. Major world ecosystem complexes ranked by carbon in live vegetation: An Updated Database Using the GLC2000 Land Cover Product (NDP-017b).

- Oak Ridge National Laboratory. Environmental Sciences Division, Oak Ridge. NDP017. P. 164. DOI: 10.3334/CDIAC/lue.ndp017.2006*
- [4] Fedorov B.G. Russian carbon balance. *Studies on Russian Economic Development*. 2014. 25. (1): 50–62.
- [5] Schlesinger M.E. Simulating CO₂-induced climatic change with mathematical climate models: Capabilities, limitations and prospects. *Proceedings: Carbon Dioxide Research Conference: Carbon Dioxide, Science and Consensus*. Coolfont Conference Center, Berkeley Springs. 1983. DOI: 10.1007/BF00139442
- [6] Marland G., Boden T., and Andres B. Global CO₂ Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring 2009. NDP030. *Carbon Dioxide Information Analysis Center*. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. DOI: 10.3334/CDIAC/00001_V2010
- [7] Grieco E., Chiti T., Perugini L., and Valentini R. *Deforestation and Land Use Change in Jomoro District, Ghana, Impacts on Carbon Stocks and Perspectives of REDD*. 2014.
- [8] *Bolivia en un mundo 4 grados más caliente Escenarios sociopolíticos ante el cambio climático para los años 2030 y 2060 en el altiplano norte*. URL: http://www.cambioclimatico-bolivia.org/archivos/20130324051408_0.pdf/17/07/2016
- [9] Durán A.P., Rauch J. and Gaston K.J. Global spatial coincidence between protected areas and metal mining activities. *Biol. Conserv.* 2013. 160.
- [10] Alvarez-Berríos N.L., Mitchell Aide T. Global demand for gold is another threat for tropical forests. *Environmental Research Letters*. 2015. 10 (1). 315. DOI:10.1088/1748-9326/10/1/014006.
- [11] *Avoiding Deforestation in the Guianas*. URL: http://www.conservation.org/publications/documents/CI_KfW_Avoiding-Deforestation-in-Guianas-Program-Factsheet_Brazil_Suriname_Guyana.pdf
- [12] Villegas B.C., Weinberg R., Levin E. and Hund K. *Artisanal and small-scale mining in protected areas and critical ecosystems programme (ASM-PACE)* (Cambridge, UK: Estelle Levin and WWF). URL: www.profor.info/sites/profor.info/files/docs/ASM_PACEglobalSolutions.pdf
- [13] Helmer E.H. *Detailed maps of tropical forest types are within reach: Forest tree communities for Trinidad and Tobago mapped with multiseason Landsat and multiseason fine-resolution imagery*. URL: http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/ja_iitf_2012_helmer001.pdf
- [14] Meinzer F.C., Goldstein G., Holbrook N.M., et al. Stomatal and environmental-control of transpiration in a lowland tropical forest tree. *Plant Cell Environ.* 1993. 16.429–436
- [15] Bykvaeva E.N., Pavlov D.C. *Sredobrazyuchie funkcii jivoi prirody I ekologocentricheskaya koncepciya prirodopolzovaniya*. URL: http://optimum-biodiversity.narod.ru/olderfiles/1/TEEB_2010.pdf
- [16] Tarko A.M., Kurbatova A.I. Influence of industrial emissions of CO₂ on biospheric parameters of ecosystems of the countries of BRICS. *Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series ecology and lif safety*. 2016.1. 26.

Article history:

Received: 26 October 2016

Revised: 18 November 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Kurbatova A.I., Tarko A.M., Kozlova E.V. (2017) An impact of rising atmospheric concentrations of carbon dioxide on plants in Central and South America. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 58–72.

Bio Note:

Kurbatova A.I., PhD, Candidate of Chemical Science, Associate Professor, Ecological Monitoring and Prognostication, Environmental Department. *Contact information*: e-mail: kurbatova_ai@mail.ru

Tarko A.M., PhD, Doctor of Physico-mathematical sciences., Senior Research Fellow Dorodnicyn Computing Centre, Federal Research Center «Computer Science and Control» of Russian Academy of Sciences. *Contact information:* e-mail: tarko@bmail.ru

Kozlova E.V., PhD student, Ecological Monitoring and Prognostication, Environmental Department. *Contact information:* e-mail:kurbatova_ai@mail.ru



УДК: [616-005.1-08:331.1]:615.22

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-73-81

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТРОМБОЦИТАРНОЙ АКТИВНОСТИ У ТЕЛЯТ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Н.В. Кутафина¹, Т.А. Белова^{1,2}

¹ Всероссийский НИИ физиологии, биохимии и питания животных
п. Институт, г. Боровск, Калужская область, Россия, 249013

² АНОО ВПО Индустриальный институт
ул. Хуторская, д. 12в, Курск, Россия, 305029

Оптимальная динамика функциональных характеристик всего гемостаза во многом регулируется функциональной активностью сосудов, форменных элементов крови, в том числе тромбоцитов. Гемостаз серьезно определяет состояние реологии крови, уровень ее притока к тканям, метаболизм в сердечной мышце, состояние резистентности к инфекциям, процессы роста в костно-мышечной системе в норме и патологии и в условиях корректирующего вмешательства извне. Цель — выяснить динамику параметров тромбоцитарных функций у здоровых телят на протяжении первого года жизни. Обследование проведено на здоровых телятах: 67 новорожденных животных, 22 теленка в возрасте 30 суток, 21 теленок в возрасте 3 месяцев и 23 животных в возрасте года. Применялись биохимические, гематологические и статистические методы. Агрегация тромбоцитов со всеми индукторами у телят в течение новорожденности оставалась стабильной. В более старшем возрасте она нарастала, достигая максимальных значений к году. Найденные закономерности подтверждались состоянием внутрисосудистой активности тромбоцитов. Количество активных форм тромбоцитов после окончания фазы новорожденности постепенно нарастало, достигая максимума к году жизни. В ходе раннего онтогенеза телят на фоне их роста возрастает активность тромбоцитов, что повышает количество их активированных форм в кровотоке, способствуя росту количества свободно циркулирующих агрегатов, что имеет важное приспособительное значение в ответ на средовые воздействия на организм животных.

Ключевые слова: тромбоциты, агрегация, внутрисосудистая активность, телята, ранний онтогенез

Введение

Процессы роста и развития имеют в своей основе развертывание сложной генетической программы живого существа, происходящего в условиях непрерывного средового воздействия [1; 2]. Большое значение в этом имеет кровь, непрерывно движущаяся по сосудам и обеспечивающая объединение организма в единой функционирующую структуру [3; 4]. В настоящее время формируется понимание того, что кровь во многом определяет функциональное состояние всего организма в целом и у продуктивных животных, выраженность их хозяйственно-полезных признаков [5]. В проведенных исследованиях было выяснено,

что форменные элементы крови [6—8] и ее плазма [9] весьма значимы для обеспечения оптимума функционирования организма [10; 11]. Опираясь на выполненные ранее исследования, можно утверждать, что в обеспечении гомеостаза в ходе роста и развития у продуктивных животных, в том числе у крупного рогатого скота, большую роль играет возрастная динамика функционального состояния системы гемостаза [12—14]. В настоящее время становится ясно, что оптимальная динамика функциональных характеристик всего гемостаза во многом регулируется функциональной активностью сосудов [15; 16], форменных элементов крови [1; 17], в том числе тромбоцитов [18; 19]. Гемостаз серьезно определяет состояние реологии крови, уровень ее притока к тканям, метаболизм в сердечной мышце, состояние резистентности к инфекциям, процессы роста в костно-мышечной системе [11] в норме [20] и патологии [21; 22] и в условиях корректирующего вмешательства извне [23; 24].

Вместе с тем в раннем онтогенезе у телят окончательно не определена динамика перекисного окисления липидов (ПОЛ) в плазме и тромбоцитах и состояние антиокислительных энзимов кровяных пластинок, достаточно тесно связанных с функциональными характеристиками кровяных пластинок. Следует уточнить возрастные изменения агрегационных возможностей тромбоцитов на начальных этапах онтогенеза у телят в ответ на отдельные индукторы и их сочетания, характерные для реальных условий кровотока. Также у этих продуктивных животных не до конца установлена возрастная динамика морфологической активности тромбоцитов в крови. Цель работы — выяснить динамику параметров тромбоцитарных функций у здоровых телят на протяжении первого года жизни.

Материалы и методы исследований

Обследование проведено на здоровых телятах: 67 новорожденных животных, 22 теленка в возрасте 30 суток, 21 теленок в возрасте 3 месяцев и 23 животных в возрасте года. У всех животных определялись общие функциональные и общелабораторные показатели. Выясняли внутритромбоцитарное ПОЛ по количеству малонового диальдегида (МДА) в реакции восстановления тиобарбитуровой кислоты и по количественному содержанию ацилгидроперекисей (АГП) с учетом активности в кровяных пластинках каталазы и супероксиддисмутазы (СОД). Велся подсчет числа тромбоцитов в камере Горяева. Уровень продуктов лабильзации фосфолипидов тромбоцитов, являющихся активаторами свертывания (Φ_3 -тромбоцитов), выясняли путем вычисления величины индекса тромбоцитарной активности (ИТА). Уровень агрегации тромбоцитов (АТ) устанавливался визуальным микрометодом [25] с применением ряда индукторов: АДФ ($0,5 \times 10^{-4}$ М), ристомицина (0,8 мг/мл), адреналина (5×10^{-6} М), тромбина (0,125 ед/мл), коллагена (разведение 1:2 основной суспензии) и ряд их сочетаний — АДФ и коллагена, АДФ и адреналина, адреналина и коллагена для моделирования условий, близких к реальным. Оценка внутрисосудистой активности тромбоцитов (ВАТ) велась визуальным методом с применением фазовоконтрастного микроскопа [25]. Математическая обработка выявленных результатов осуществлялась t-критерием Стьюдента.

Результаты исследования

Все обследованные животные находились под непрерывным наблюдением. Перед проведением каждого исследования на протяжении новорожденности и в последующие сроки обследования у них определяли ведущие физиологические характеристики, осуществляли морфологический и биохимический анализ крови. Было выяснено, что общие функциональные и общие лабораторные величины (температура, частота сердечных сокращений, количество дыхательных движений, уровень в крови эритроцитов, лейкоцитов, содержание белка и уровень сгущения крови) у обследуемых телят в течение всего срока обследования были в границах физиологической нормы.

Уровень первичных продуктов процесса ПОЛ-АГП в кровяных пластинках телят на 1-2-е сутки был на уровне $2,90 \pm 0,02 D_{233}/10^9$ тр., значимо не изменяясь в ходе всей новорожденности, равняясь в среднем за нее $2,87 \pm 0,04 D_{233}/10^9$ тр. При этом количество МДА в кровяных пластинках, являющегося конечным продуктом ПОЛ, на 1-2-е сутки жизни у животных был $0,86 \pm 0,05$ нмоль/ 10^9 тр., также не изменяясь за первые 10 суток жизни, в среднем равняясь в период новорожденности $0,89 \pm 0,02$ нмоль/ 10^9 тр.

Уровень активности каталазы и СОД в тромбоцитах телят не испытывал за период наблюдения достоверной динамики, в среднем составляя за первую фазу раннего онтогенеза $10500,0 \pm 11,05$ МЕ/ 10^9 тр. и $1780,0 \pm 2,06$ МЕ/ 10^9 тр. соответственно. В более старшем возрасте у животных отмечено повышение активности ферментов каталазы и СОД (в возрасте 30 суток $10550,0 \pm 14,20$ МЕ/ 10^9 тр., $1810,0 \pm 2,18$ МЕ/ 10^9 тр., в возрасте 3 месяцев — $10620,0 \pm 11,50$ МЕ/ 10^9 тр., $1830,0 \pm 1,82$ МЕ/ 10^9 тр., в возрасте 1 года — $10710,0 \pm 14,20$ МЕ/ 10^9 тр., $1880,0 \pm 2,80$ МЕ/ 10^9 тр. соответственно), что вызывало понижение ПОЛ в тромбоцитах, составившего к 1 году жизни (МДА $0,63 \pm 0,04$ нмоль/ 10^9 тр., АГП $2,52 \pm 0,02 D_{233}/10^9$ тр.).

Величина ИТА составляла в течение первых двух суток жизни $25,3 \pm 0,05\%$ и оставалась на этом уровне в ходе всего периода новорожденности. Это говорило о стабильности на протяжении этого возрастного периода в тромбоцитах телят количества продуктов лабильзации фосфолипидов тромбоцитов, являющихся активаторами свертывания крови. Регистрация ИТА у более старших телят показала его тенденцию к нарастанию: 30 суток $25,6 \pm 0,02\%$, 3 месяца — $26,0 \pm 0,06\%$, достигнув к 1 году $27,2 \pm 0,07\%$ достоверного уровня ($p < 0,05$).

У телят на 1-2-е сутки жизни время возникновения АТ в ответ на коллаген достигало $29,4 \pm 0,26$ с, слабо меняясь в течение новорожденности. Сходная динамика АТ у новорожденных телят выявлена под действием АДФ (в среднем составляла $39,0 \pm 0,28$ с) и в ответ на ристомидин (в среднем равнялась $41,0 \pm 0,26$ с). Позднее наступали тромбиновая и адреналиновая АТ, также не испытывая достоверной динамики в ходе новорожденности и в среднем составляя за нее $54,0 \pm 0,2$ с и $97,0 \pm 0,45$ с соответственно. Отсутствие динамики АТ в период новорожденности в случае применения отдельных индукторов полностью согласовалось с постоянством у них длительности развития АТ в ответ на сочетания индукторов, достигая в среднем для адреналина и коллагена — $30,1 \pm 0,12$ с, для

АДФ и коллагена — $27,0 \pm 0,09$ с, для АДФ и адреналина — $36,0 \pm 0,50$ с. В более старшем возрасте у животных обнаружена тенденция к ускорению АТ, отмеченная к 30 суткам, достигшая уровня достоверности к 3 месяцам жизни и углубившаяся к годовалому возрасту.

Найденные закономерности подтверждались исследованием ВАТ. Уровень дискоцитов в крови у животных на 1-2-е сутки достигал $76,1 \pm 0,03\%$, значимо не изменяясь в период новорожденности, составляя в среднем $82,0 \pm 0,16\%$. Число дискоэхиноцитов, сфероэхиноцитов, сфероцитов и биполярных тромбоцитов также было стабильным в кровотоке в период новорожденности. Поэтому сумма активных тромбоцитов также не испытывала значимой динамики в среднем составляя $18,0 \pm 0,2\%$. В крови новорожденных животных значения свободно циркулирующих мелких и больших агрегатов не имели значимой динамики, достигая в первые сутки существования $3,4 \pm 0,06$ и $0,15 \pm 0,03$ на 100 свободных тромбоцитов и на 9-10-е сутки $3,8 \pm 0,06$ и $0,13 \pm 0,02$ на 100 свободных тромбоцитов соответственно. Число тромбоцитов, включенных в агрегаты, у телят в начале новорожденности составило $5,3 \pm 0,08\%$, к ее концу $5,3 \pm 0,02\%$. К 30-м суткам жизни у телят отмечена тенденция к усилению, а по ряду показателей и небольшое достоверное увеличение ВАТ, углубившееся к 3 месяцам и особенно к 1 году жизни (сумма активных форм $19,6 \pm 0,03\%$, $21,6 \pm 0,04\%$ и $23,9 \pm 0,05\%$, соответственно).

Обсуждение

Местная и общая реактивность организма во многом формируется под действием адекватного притока питательных веществ в капиллярах на фоне оптимума реологии крови в течение всего онтогенеза, созревания органов и совершенствования их функций [1]. Значимую роль в динамике ее состояния имеет количество продуктов ПОЛ в тромбоцитах [8].

У здоровых новорожденных телят отмечается неизменность в течение первых 10 суток антиоксидантной защиты тромбоцитов, активности в них ПОЛ, что ведет к стабильности активности тромбоцитов. Это во многом обеспечивает стабильно низкую активность у них гемостаза в целом в фазу новорожденности.

В последующем в онтогенезе у телят было выявлено постепенное повышение функциональной активности тромбоцитов. Это очевидно связано с ростом экзогенных влияний на тромбоциты, в том числе с повышением количества в крови фактора Виллебранда, обеспечивающего ход адгезии кровяных пластинок с одновременным увеличением количества рецепторов к нему на их мембранах. Рецепторные перестройки на кровяных пластинках, обусловленные созреванием системы гемостаза, являются следствием сложных адаптивных процессов в организме телят и изменений мембранных характеристик тромбоцитов, ведущих в конечном счете к адекватной адаптации тромбоцитарного гемостаза к складывающимся условиям в течение всего постнатального онтогенеза [5; 18].

Регистрация АТ с целым рядом индукторов и их сочетаний подтвердила у телят в процессе онтогенеза усиление агрегативной функции кровяных пластинок. Ускорение АТ с сильными агонистами агрегации — коллагеном и тромбином с рецепторами на мембране тромбоцитов обуславливается повышением активности

фосфолипазы С, интенсифицирующей фосфоинозитольный путь с участием диацилглицерола и протеинкиназы С и фосфолирирование протеинов с сократительными свойствами. Инозитолтрифосфат стимулирует выброс Ca^{2+} из интра-тромбоцитарных депо. Протекание этих механизмов ведет к интенсификации сокращения актомиозинового комплекса [6].

Вероятно, важную роль в усилении этого процесса играет созревание ферментов тромбоцитов, обуславливающее более ускоренную реакцию тромбоцитов в ответ на стимул. Сходные реакции найдены и на слабые агонисты— АДФ и адреналин, соединяющиеся с рецепторами на поверхности мембраны и обеспечивающими нужный уровень экспрессии рецепторов к фибриногену (GPIIb-IIIa), активирующими фосфолипазу A_2 , осуществляющую выход из мембранных фосфолипидов арахидоновой кислоты, что вело к усилению синтеза тромбоксана A_2 [2]. Сочетанное применение индукторов агрегации показало их взаимоусиливающее действие, подтвердив сведения, полученные при оценке АТ с отдельными индукторами.

Постепенное увеличение ВАТ в ходе раннего онтогенеза опосредованно указывает на нарастание значений индукторов агрегации (АДФ, тромбина, адреналина) в сосудистом русле животных, повышая базовый уровень активности тромбоцитов. При этом у здоровых телят к 3 мес. и 1 году в крови отмечается тенденция к снижению количества интактных дискоидной формы тромбоцитов, указывая более их высокую базальную активность.

Заключение

Таким образом, в ходе раннего онтогенеза телят на фоне их роста возрастает активность тромбоцитов, что повышает количество их активированных форм в кровотоке, способствуя росту количества свободно циркулирующих агрегатов, что имеет важное приспособительное значение в ответ на средовые воздействия на организм животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Глаголева Т.И.* Онтогенетическая динамика основных гематологических показателей у крупного рогатого скота // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2016. № 5. С. 66–69.
- [2] *Максимов В.И., Медведев И.Н.* Оценка тромбоцитарных функций у телят и поросят в раннем онтогенезе // *Ветеринария*. 2008. № 11. С. 50–54.
- [3] *Краснова Е.Г., Медведев И.Н.* Гемостатически значимая активность сосудов у поросят при потреблении растительных кормов // *Сельскохозяйственная биология*. 2013. № 2. С. 88–92.
- [4] *Краснова Е.Г., Медведев И.Н.* Тромбоцитарная активность гемостаза у поросят молочного питания // *Ветеринарная практика*. 2011. № 3. С. 34.
- [5] *Корепанова Л.В., Старостина О.С., Батанов С.Д.* Кровь как показатель интерьерной особенности помесных животных // *Зоотехния*. 2015. № 10. С. 26–28.
- [6] *Глаголева Т.И., Медведев И.Н., Завалишина С.Ю.* Агрегационная активность основных форменных элементов крови и дазагрегационные влияния на них со стороны сосудов у телят молочного-растительного питания // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2016. № 1. С. 29–35.

- [7] *Лазарева Е.Н., Мамотруева М.А., Ломакин Н.Н.* Современный взгляд на морфофункциональные особенности тромбоцитов // *Естественные науки.* 2005. № 3. С. 36—42.
- [8] *Медведев И.Н.* Динамика тромбоцитарной активности в раннем онтогенезе поросят // *Зоотехния.* 2008. № 9. С. 27—28.
- [9] *Медведев И.Н., Завалишина С.Ю.* Плазменный гемостаз у новорожденных телят и роль корректоров при его нарушении // *Зоотехния.* 2009. № 2. С. 9—11.
- [10] *Глаголева Т.И.* Функционально-биохимические особенности организма и параметров крови у крупного рогатого скота в онтогенезе // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология.* 2015. № 3. С. 53—66.
- [11] *Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Кутафина Н.В.* Физиология висцеральных систем // *Успехи современного естествознания.* 2014. № 10. С. 87—88.
- [12] *Глаголева Т.И., Завалишина С.Ю., Медведев И.Н.* Выраженность противосвертывающей и фибринолитической активности сосудов у новорожденных телят с дефицитом железа, получавших ферроглюкин // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2013. № 5. С. 96—97.
- [13] *Глаголева Т.И., Медведев И.Н.* Выраженность антиагрегационных влияний сосудистой стенки на тромбоциты у новорожденных телят с дефицитом железа на фоне метаболически значимого воздействия // *Современные проблемы науки и образования.* 2013. № 2. С. 425.
- [14] *Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Краснова Е.Г., Белова Т.А.* Механизмы функционирования гемостаза у биологических объектов // *Международный вестник ветеринарии.* 2010. № 1. С. 52—55.
- [15] *Глаголева Т.И.* Антиагрегационный контроль сосудов над основными форменными элементами крови у новорожденных телят // *Ветеринария Кубани.* 2015. № 3. С. 18—20.
- [16] *Глаголева Т.И.* Сосудистый контроль над агрегационными свойствами форменных элементов крови у телят-молочников // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана.* 2015. Т. 222(2). С. 58—62.
- [17] *White G.C. Rompietti* // *J. Thromb. Haemost.* 2007. № 5. P. 2009—2016.
- [18] *Шутикова А.С.* Тромбоцитопатии врожденные и приобретенные. Санкт-Петербург: ИИЦ ВМА, 2008.
- [19] *Levi M.* Platelets. *Crit. Care* // *Med.* 2005. № 33. P. 523—525.
- [20] *Wagner M.C. Eckman J.R., Wick T.M.* Histamine increases sickle erythrocyte adherence to endothelium // *Brit. J. Haematol.* 2006. № 4. P. 512—522.
- [21] *Глаголева Т.И., Завалишина С.Ю., Медведев И.Н.* Сосудистый контроль над тромбоцитарной агрегацией у новорожденных телят с дефицитом железа получавших ферроглюкин // *Современные наукоемкие технологии.* 2013. № 3. С. 93.
- [22] *Глаголева Т.И., Завалишина С.Ю., Медведев И.Н.* Ферроглюкин и гамавит в коррекции антиагрегационных свойств сосудов у новорожденных телят с дефицитом железа // *Успехи современного естествознания.* 2013. № 5. С. 17.
- [23] *Завалишина С.Ю., Глаголева Т.И., Медведев И.Н.* Антиагрегационный контроль сосудов у новорожденных телят с дефицитом железа, получавших ферроглюкин и крезацин // *Современные наукоемкие технологии.* 2013. № 4. С. 114.
- [24] *Завалишина С.Ю., Глаголева Т.И., Медведев И.Н.* Сочетание ферроглюкина и крезацина в коррекции противосвертывающей и фибринолитической активности сосудов у новорожденных телят с дефицитом железа // *Успехи современного естествознания.* 2013. № 7. С. 172.
- [25] *Завалишина С.Ю., Краснова Е.Г., Белова Т.А., Медведев И.Н.* Методические вопросы исследования функциональной активности тромбоцитов при различных состояниях // *В мире научных открытий.* 2012. № 2. С. 145—147.

© Кутафина Н.В., Белова Т.А., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 4 декабря 2016

Дата принятия к печати: 20 декабря 2016

Для цитирования:

Кутафина Н.В., Белова Т.А. Физиологические аспекты тромбоцитарной активности у телят первого года жизни в условиях Центрального Черноземья // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017. Т. 25. № 1. С. 73—81.

Сведения об авторах:

Кутафина Надежда Викторовна, младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии микроорганизмов Всероссийского НИИ физиологии, биохимии и питания животных, г. Боровск Калужской области. Контактная информация: e-mail: ilmedv1@yandex.ru

Белова Татьяна Александровна, доктор биологических наук, доцент, старший научный сотрудник Всероссийского НИИ физиологии, биохимии и питания животных, г. Боровск Калужской области, профессор кафедры социально-гуманитарных дисциплин АНОО ВПО Индустриальный институт, г. Курск. Контактная информация: e-mail: ilmedv1@yandex.ru

PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF PLATELET-DERIVED ACTIVITY IN CALVES FIRST YEAR OF LIFE IN THE CENTRAL BLACK EARTH

N.V. Kutafina¹, T.A. Belova^{1,2}

¹All-Russian Research Institute of Physiology, Biochemistry and Animal Nutrition
p. Institut, g. Borovsk, Kaluga region, Russia, 249013

²ANOO VPO Industrial Institute
ul. Hutorskaya, d. 12v, Kursk, Russia, 305029

Optimum functional characteristics of the whole speaker largely regulated hemostasis vascular functional activity of blood cells, including platelets. Hemostasis seriously determines the state of blood rheology level of flow to tissues, metabolism in the heart muscle, a condition of resistance to infections, growth processes in the musculoskeletal system in health and disease and in a corrective interference. The goal — to find out the dynamics of the parameters of platelet function in healthy calves during the first year of life. Examination was carried out on healthy calves: 67 newborn animals, 22 calves aged 30 days, 21 Calf aged 3 months and 23 years of age in the animal. We used biochemical, hematological, and statistical methods. Platelet aggregation with all inductors calves remained stable for the newborn. At older ages, it was growing, reaching maximum values for the year. The found regularities confirmed intravascular platelet activity. Number of active forms of platelets after the neonatal phase gradually increased, reaching a peak-to-year life. During the early ontogeny of calves on the background of their growth increases platelet activity, which increases the number of activated forms in the bloodstream, helping to increase the amount of freely circulating units, which is important adaptive value in response to environmental effects on the animals.

Key words: platelets, aggregation, intravascular activity, calves, early ontogenesis

REFERENCES

- [1] Glagoleva T.I. Ontogenetic dynamics of the main hematological parameters in cattle. *Veterinary science, animal science and biotechnology*. 2016. № 5. 66–69.
- [2] Maksimov V.I., Medvedev I.N. Evaluation of platelet function in calves and pigs in the early ontogenesis. *Veterinary*. 2008. 11. 50–54.
- [3] Krasnova E.G., Medvedev I.N. Significant haemostatic activity of blood vessels in pigs when consumed vegetable feed. *Agriculture biology*. 2013. 2. 88–92.
- [4] Krasnova E.G., Medvedev I.N. The platelet hemostatic activity in piglets suckling power. *Veterinary practice*. 2011. 3. 34.
- [5] Korepanova L.V., Starostina O.S., Batanov S.D. The blood as an indicator of interior features of hybrid animals. *Zootechniya*. 2015. 10. 26–28.
- [6] Glagoleva T.I., Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu. The aggregation activity of the main formed elements of blood and desagregazionny influence on them by the vessels in the calves of dairy-vegetable nutrition. *Veterinary science, animal science and biotechnology*. 2016. 1. 29–35.
- [7] Lazareva E.N., Mamotrueva M.A., Lomakin N.N. The modern view of the morphological and functional features of platelets. *Natural Sciences*. 2005. 3. 36–42.
- [8] Medvedev I.N. Dynamics of platelet activity in the early ontogeny of pigs. *Zootechniya*. 2008. 9. 27–28.
- [9] Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu. Plasma hemostasis in newborn calves and the role of offsets in its violation. *Zootechniya*. 2009. 2. 9–11.
- [10] Glagoleva T.I. Functional and biochemical characteristics of the organism and blood parameters in cattle in ontogenesis. *Veterinary science, animal science and biotechnology*. 2015. 3. 53–66.
- [11] Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu., Kutafina N.V. Physiology of the Visceral Systems. The success of modern science. 2014. 10. 87–88.
- [12] Glagoleva T.I., Zavalishina S.Yu., Medvedev I.N. The intensity of anticoagulation and fibrinolytic activity of blood vessels in newborn calves with iron deficiency treated with ferroglyukin. *International Journal of Applied and Basic Research*. 2013. 5. 96–97.
- [13] Glagoleva T.I., Medvedev I.N. The severity of antiaggregatory effects of the vascular wall on platelets in newborn calves with iron deficiency on the background of metabolically meaningful impact. *Modern problems of science and education*. 2013. 2. 425.
- [14] Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu., Krasnova E.G., Belova T.A. Mechanisms of functioning of hemostasis in biological objects. *International veterinary Gazette*. 2010. 1. 52–55.
- [15] Glagoleva T.I. Anti-aggregating control over the major vessels formed elements of the blood in newborn calves. *Veterinary Kubani*. 2015. 3. 18–20.
- [16] Glagoleva T.I. Vascular control of the aggregation properties of blood cells in calves–dairy producers. *Scientists note of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine im. N.Je. Baumana*. 2015. 222(2). 58–62.
- [17] White G.C. Rompietti. J. *Thromb. Haemost.* 2007. 5. 2009–2016.
- [18] Shitikova A.S. *Thrombocytopathy congenital and acquired*. Sankt-Peterburg, 2008.
- [19] Levi M. Platelets. *Crit. Care. Med.* 2005. 33. 523–525.
- [20] Wagner M.C., Eckman J.R., Wick T.M. Histamine increases sickle erythrocyte adherence to endothelium. *Brit. J. Haematol.* 2006. 4. 512–522.
- [21] Glagoleva T.I., Zavalishina S.Yu., Medvedev I.N. Vascular control of platelet aggregation in newborn calves with iron deficiency treated with ferroglyukin. *Modern high technologies*. 2013. 3. 93.
- [22] Glagoleva T.I., Zavalishina S.Ju., Medvedev I.N. Ferroglyukin and gamavit of correction anti-aggregating properties of blood vessels in newborn calves with iron deficiency. The success of modern science. 2013. 5. 17.
- [23] Zavalishina S.Yu., Glagoleva T.I., Medvedev I.N. Antiaggregation control of blood vessels in newborn calves with iron deficiency treated with ferroglyukin and krezatsin. *Modern high technologies*. 2013. 4. 114.

- [24] Zavalishina S.Yu., Glagoleva T.I., Medvedev I.N. Combining ferroglyukin and krezatsin correction anticoagulant and fibrinolytic activity of blood vessels in the newborn calves with iron deficiency. The success of modern science. 2013. 7. 172.
- [25] Zavalishina S.Yu., Krasnova E.G., Belova T.A., Medvedev I.N. Methodological aspects of research of platelet functional activity in various states. *In the world of scientific discovery*. 2012. 2. 145–147.

Article history:

Received: 4 December 2016

Revised: 20 December 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Kutafina N.V., Belova T.A. (2017) Physiological aspects of platelet-derived activity in calves first year of life in the Central Black earth. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 73–81.

Bio Note:

Kutafina N.V., Junior Researcher at the Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of animals, Borovsk, Kaluga oblast. *Contact information:* e-mail: ilmedv1@yandex.ru

Belova T.A., PhD, Doctor of Biological sciences, senior researcher at the Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of animals, Borovsk, Kaluga oblast, Professor, Department of humanities and social disciplines, ANOO VPO Kursk Industrial Institute. *Contact information:* e-mail: ilmedv1@yandex.ru



УДК 636.2:591.111.3

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-82-87

СИСТЕМА ГЕМОСТАЗА У ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ В НОРМЕ И ПРИ НАЧИНАЮЩИХСЯ ЯВЛЕНИЯХ МАСТИТА

В.В. Зайцев¹, В.С. Григорьев¹, О.Н. Макурина²

¹ Самарская государственная сельскохозяйственная академия
ул. Учебная, д. 2, пос. Усть-Кинельский, г. Кинель, Самарская область, Россия, 446442

² Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С.П. Королева

Московское ш., 34, г. Самара, Россия, 443086

Система гемостаза — это важный механизм поддержания гемостаза. Вместе с тем особенности системы гемостаза у активно лактирующих коров здоровых и с начинающимся маститом остаются не окончательно выясненными. Цель — выяснить уровень функциональной активности гемостаза у коров в середине лактации в норме и в условиях начинающегося мастита. Исследования проведены на 61 корове 3–4 отела. Из них группу контроля составили 24 здоровые коровы, 37 коров с явлениями начинающегося мастита составили опытную группу. В работе применены гематологические и статистические методы исследования. Данные специальной литературы показывают, что лактация влияет на интенсивность гемостатических процессов. В работе установлено, что в середине лактации у здоровых коров отмечается ослабление активирующих влияний в гемостазе и усиление механизмов фибринолиза. Это ведет к поддержанию у них оптимальных реологических свойств крови, обеспечивающих доставку необходимого количества питательных веществ и кислорода ко всем органам и тканям, способствуя нарастанию удоев. В случае развития воспаления в молочной железе у коров наступают изменения активности системы гемостаза, формирующие склонность к тромбообразованию. Развивающаяся активация гемостаза связана с одновременным усилением его плазменного и тромбоцитарного звеньев. У лактирующих коров уже в ранние сроки развития мастита наступает усиление гемостатических механизмов.

Ключевые слова: гемостаз, коровы, лактация, мастит, Самарская область

Введение

Процесс онтогенеза у крупного рогатого скота всегда сопровождается многочисленными функциональными перестройками в организме животных [1; 2], связанными с развертыванием их генетической программы [3; 4] на фоне различных средовых воздействий, в том числе экологической обстановки, климатических условий [5], характера кормления [6; 7] и т.д. Признано, что в ходе индивидуального развития большую роль играют системы, интегрирующие организм, в частности кровь [7]. Есть основания считать, что физиологический статус животного тесно связан с жидкостными свойствами крови, которые во многом зависят от активности гемостаза. Учитывая известные факты о возрастных изме-

нениях гемостаза, у телят и коров [7; 8] становится очевидна его динамичность и тесная связь с продуктивно значимыми характеристиками животных, в т.ч. с интенсивностью роста и молочностью.

Известно, что для образования 1 л молока через вымя коровы должно пройти до 500 л крови [9], жидкостные свойства которой во многом определяются активностью гемостаза [2]. Именно от нее в большей мере зависит уровень доставки кислорода и питательных веществ к молочной железе, необходимых для образования в ней молока. Вместе с тем особенности системы гемостаза у здоровых активно лактирующих коров остаются не окончательно выясненными.

Развивающееся во время лактации в организме коровы сильное физиологическое напряжение нередко ведет к снижению уровня ее сопротивляемости к факторам внешней среды и возникновению у нее стойких дисфункций, часто сопровождающихся развитием гемостазиопатии [8; 9]. Одним из таких состояний у лактирующих коров является мастит, однако особенности активности гемостаза в его дебюте остаются невыясненными. В этой связи в работе была поставлена цель: выяснить уровень функциональной активности гемостаза у коров в середине лактации в норме и в условиях начинающегося мастита.

Материалы и методы

Исследования проведены на 61 корове 3-4 отела. Все животные ранее не переносили каких-либо заболеваний и содержались в хозяйствах Самарской области в сравнимых условиях и имели идентичный рацион кормления.

Животные были разделены на две группы. Первую группу (контроль) составили здоровые коровы ($n = 24$), а во вторую группу (опыт) вошли коровы с первыми признаками мастита ($n = 37$).

Оценку гемостаза осуществляли на анализаторе TEG®5000 (Haemoscope Corporation, США), учитывая: R — время реакции, отражающее скорость генерации тромбопластина, мин.; K — время коагуляции, до достижения наибольшей плотности сгустка, мин.; α — угловую константу, указывающую на скорость формирования прочного фибринового сгустка, град.; MA — максимальную амплитуду, определяющую физические свойства сгустка, мм; LY 30 — индекс фибринолиза — процент уменьшения размера сгустка через 30 мин. после наступления MA. Результаты обрабатывали с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты исследований и обсуждение

Особенности изменений в системе гемостаза выявляли путем сравнения параметров тромбоэластограммы опытной и контрольной групп коров (рис.).

В ходе анализа результатов оценки тромбоэластограмм у коров с первыми признаками мастита выявлено ускорение времени появления нитей фибрина (R) ($p < 0,05$). У контрольных коров величина R достигала $22,9 \pm 1,16$ мин., у опытных — $15,2 \pm 1,46$ мин. Расхождение ветвей тромбоэластограммы на 22 мм при появлении нитей фибрина у опытных коров наступало за $8,08 \pm 0,85$ мин. Это оказалось быстрее, чем у коров группы контроля на 15,1% (K составляло $12,2 \pm 1,47$ мин.). Скорость увеличения фибриновой сети оказалась повышена у

коров с первыми признаками мастита. Об этом говорил высокий показатель α . Величина МА у коров с начинающейся патологией доказывала большую механическую плотность возникшего у них сгустка ($p < 0,05$) по сравнению с контролем $84,7 \pm 0,55$ мм. Значение индекса фибринолиза (LY30), определяемого через 30 мин. после наступления на тромбоэластограмме максимума амплитуды и оценивающего ход процесса растворения фибринового сгустка, у коров с начавшимся маститом составляло 0%, тогда как в контроле оно достигало $0,08 \pm 0,04\%$.

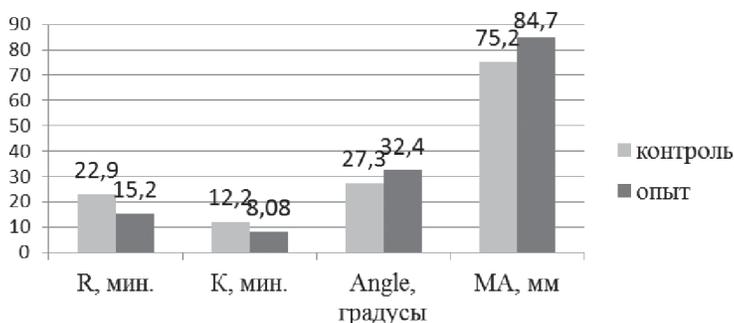


Рис. Параметры тромбоэластограммы у наблюдаемых коров
(Thromboelastogram parameters observed in cows)

Полученные результаты показывают, что появление у коровы мастита ведет к быстрой активизации у нее системы гемостаза. Уже в самом начале этот процесс сопровождается гиперкоагуляцией, что ухудшает реологические свойства крови.

Заключение

Изменения в интенсивности гемостатических процессов возникают под действием множества внутренних и внешних факторов [10; 11]. Все это характерно и для лактирующих коров. В середине лактации у здоровых коров отмечается ослабление активирующих влияний в гемостазе и усиление активности фибринолиза, что способствует поддержанию оптимальных реологических свойств крови, обеспечивающих доставку необходимого количества питательных веществ и кислорода ко всем органам и тканям. Без сомнения, складывающаяся ситуация способствует увеличению удоев [12].

В случае развития воспаления в молочной железе у коров наступают изменения активности системы гемостаза, формирующие склонность к тромбообразованию. Выявленная у этих животных активация гемостаза позволяет говорить об одновременном усилении его плазменного и тромбоцитарного звеньев. Становится ясно, что уже в ранние сроки развития мастита у лактирующих коров включаются гемостатические механизмы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Глаголева Т.И. Онтогенетическая динамика основных гематологических показателей у крупного рогатого скота // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2016. № 5. С. 66–69.

- [2] *Кутафина Н.В., Медведев И.Н.* Динамика физиологических показателей телят в раннем онтогенезе // Зоотехния. 2015. № 3. С. 25–27.
- [3] *Завалишина С.Ю.* Коагуляционная активность плазмы крови у телят при растительном кормлении // Ветеринария. 2011. № 4. С. 48–49.
- [4] *Завалишина С.Ю.* Функциональное состояние системы гемостаза у новорожденных телят // Ветеринария. 2011. № 6. С. 42–45.
- [5] *Глаголева Т.И., Завалишина С.Ю., Медведев И.Н.* Ферроглюкин и гамавит в коррекции антиагрегационных свойств сосудов у новорожденных телят с дефицитом железа // Успехи современного естествознания. 2013. № 5. С. 17.
- [6] *Медведев И.Н., Глаголева Т.И.* Способность основных форменных элементов крови к агрегации у телят в фазу молочного питания // Зоотехния. 2015. № 7. С. 23–24.
- [7] *Медведев И.Н., Кутафина Н.В.* Функциональные свойства тромбоцитов у новорожденных телят черно-пестрой породы // Зоотехния. 2016. № 4. С. 26–27.
- [8] *Ошуркова Ю.Л., Соболева Е.Н., Власов И.А.* Анализ состояния системы гемостаза у коров в разные периоды лактации // Вестник ветеринарии. 2012. № 63(4). С. 91–93.
- [9] *Рыбаков А.В.* Артериальное русло молочной железы крупного рогатого скота костромской породы в постнатальном онтогенезе: автореф. ... дис. канд. вет. наук. Кострома, 2004.
- [10] *Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Глаголева Т.И.* Агрегация форменных элементов крови и сосудистый контроль над нею у телят растительного питания // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. 1797 с.
- [11] *Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu.* Navi attivita emostatico vitelli central elettrica // Italian Science Review. 2014. № 3. P. 174.
- [12] *Завалишина С.Ю.* Сосудисто-тромбоцитарные взаимодействия у стельных коров // Фундаментальные исследования. 2015. № 2(часть 2). С. 267–271.

© Зайцев В.В., Григорьев В.С., Макурина О.Н., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 4 декабря 2016

Дата принятия к печати: 20 декабря 2016

Для цитирования:

Зайцев В.В., Григорьев В.С., Макурина О.Н. Система гемостаза у лактирующих коров в условиях среднего Поволжья в норме и при начинающихся явлениях мастита // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017. Т. 25. № 1. С. 82–87.

Сведения об авторах:

Зайцев Владимир Владимирович, доктор биологических наук, профессор, декан факультета биотехнологии и ветеринарной медицины Самарской ГСХА. *Контактная информация:* e-mail: zausev_VV@ssaa.ru

Григорьев Василий Семенович, заведующий кафедрой эпизоотологии, профессор, доктор биологических наук, заслуженный ветеринарный врач РФ, Самарская ГСХА. *Контактная информация:* e-mail: samaravmgrigoriev@mail.ru

Макурина Ольга Николаевна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры биохимии, биотехнологии и биоинженерии ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева». *Контактная информация:* e-mail: makurina.on@mail.ru

HEMOSTASIS SYSTEM IN LACTATING COWS IN THE CONDITIONS AVERAGE VOLGA REGION IN NORMAL AND EVENTS BEGINS MASTITIS

V.V. Zaitsev¹, V.S. Grigoriev¹, O.N. Makurina²

¹ Samara State Agricultural Academy
Kinel, pos. Ust-Kinel, ul. Training, d. 2, Samara region, Russia, 446442

² Samara National Research University
Moscow Rd., 34, Samara, Russia, 443086

Hemostatic system — this is an important mechanism for maintaining hemostasis. At the same time, particularly hemostatic system in healthy active lactating cows with mastitis beginning are not completely clarified. The goal — to find out the level of functional activity of hemostasis in cows in mid-lactation in norm and in conditions of incipient mastitis. Investigations were carried out on 61 cow calving 3–4 contained in the conditions of the Samara region. Of these, the control group consisted of 24 healthy cows and 37 cows with signs of incipient mastitis amounted experimental group. The paper applied hematologic and statistical methods. Based on literature data, it is clear that breastfeeding affects the intensity of the hemostatic process. The paper found that in mid-lactation cows healthy there is a weakening of activating effects in hemostasis and increased fibrinolysis mechanisms. This leads to the maintenance of their optimum rheological properties of blood, ensuring delivery of the required amount of nutrients and oxygen to all the organs and tissues, promoting the rise of milk production. In the case of inflammation of the mammary gland in cows come changes in the hemostatic system activities that form the propensity to thrombosis. Developing their hemostatic activation is associated with simultaneous strengthening of its plasma and platelet units. It becomes clear that in lactating cows in the early development of the terms of mastitis occurs strengthen hemostatic mechanisms.

Key words: hemostasis, cows, lactation, mastitis, Samara region

REFERENCES

- [1] Glagoleva T.I. Ontogenetic dynamics of the main hematological parameters in cattle. *Veterinarija, zootehnija i biotehnologija*. 2016. 5: 66–69.
- [2] Kutafina N.V., Medvedev I.N. Dynamics of physiological indicators of calves in early ontogenesis. *Zootehnija*. 2015. 3: 25–27.
- [3] Zavalishina S.Yu. Coagulation activity of blood plasma in calves fed with vegetable. *Veterinarija*. 2011. 4: 48–49.
- [4] Zavalishina S.Yu. The functional state of hemostasis system in newborn calves. *Veterinarija*. 2011. 6: 42–45.
- [5] Glagoleva T.I., Zavalishina S.Yu., Medvedev I.N. Ferroglyukin and gamavit correction antiagregatsionnyh properties of blood vessels in the newborn calves with iron deficiency. *Uspehi sovremennogo estestvoznanija*. 2013. 5: 17.
- [6] Medvedev I.N., Glagoleva T.I. The ability of blood formed elements of the main aggregation of calves in the milk phase power. *Zootehnija*. 2015. 7: 23–24.
- [7] Medvedev I.N., Kutafina N.V. The functional properties of platelets in newborn calves black-motley breed. *Zootehnija*. 2016. 4: 26–27.
- [8] Oshurkova Yu.L., Soboleva E.N., Vlasov I.A. Analysis of the hemostatic system in cows in different lactation periods. *Vestnik veterinarii*. 2012. 63(4): 91–93.
- [9] Rybakov A.V. Arterial'noe ruslo molochnoj zhelezy krupnogo rogatogo skota kostromskoj porody v postnatal'nom ontogeneze: avtoref. ... dis. kand. vet. nauk. Kostroma, 2004.

- [10] Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu., Glagoleva T.I. Aggregation of blood cells and vascular control of it from plant-based nutrition of calves. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2015. 1-1: 1797.
- [11] Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu. Navi attivita emostatico vitelli central elettrica. *Italian Science Review*. 2014. 3: 174.
- [12] Zavalishina S.Yu. Vascular-platelet interaction in pregnant cows. // *Fundamental'nye issledovanija*. 2015. 2(2): 267–271.

Article history:

Received: 4 December 2016

Revised: 20 December 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Zaitsev V.V., Grigoriev V.S., Makurina O.N. (2017) Hemostasis system in lactating cows in the conditions average volga region in normal and events begins mastitis. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 82–87.

Bio Note:

Zaitsev V.V., PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine Samara State Agricultural Academy. *Contact information:* e-mail: zaycev_VV@ssaa.ru

Grigoriev V.S., PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of epizotologii Samara State Agricultural Academy, honored veterinarian of the Russian Federation. *Contact information:* e-mail: samaravmgrigoriev@mail.ru

Makurina O.N., PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Biochemistry, Biotechnology and Bioengineering Samara National Research University. *Contact information:* e-mail: makurina.on@mail.ru



УДК: 502.1: 502.335

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-88-96

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНДЕКС КАК ПОКАЗАТЕЛЬ БЕЗОПАСНОГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

Г.А. Сигора, Л.А. Ничкова, Т.Ю. Хоменко

Севастопольский государственный университет
ул. Гоголя, 14, Севастополь, Россия, 299001

В работе дан обзор исследований, посвященных применению эколого-экономического индекса для оценки безопасности и устойчивости развития регионов. Проведены предварительные расчеты отдельных пунктов эколого-экономического индекса для г. Севастополя и Республики Крым. Выявлено, что показатели эколого-экономического индекса дают возможность контролировать безопасное развитие и оценивать уровень стабильности конкретного региона.

Ключевые слова: устойчивое развитие, безопасность, эколого-экономический индекс, г. Севастополь, Крым, мониторинг, экосистема, будущее

Введение

В 1992 году под эгидой Организации Объединенных Наций был проведен саммит Земли «Рио-92», на котором была официально закреплена концепция перехода мирового сообщества к устойчивому развитию. В материалах конференции устойчивое развитие определяется как развитие, позволяющее на долговременной основе обеспечить стабильный экономический рост, не приводящий к деградационным изменениям окружающей среды.

В наше время концепция устойчивого развития явилась логическим итогом научного и социально-экономического развития, бурно начинавшегося в 1970-е гг., когда вопросам ограниченности природных ресурсов, а также загрязнения природной среды, которая является основой жизни, экономической и любой деятельности человека, придавалось большое значение [1].

В соответствии с документом Повестка дня-21, принятом на саммите, каждой стране было предложено разработать свою национальную концепцию устойчивого развития, учитывая экономические, социальные и природоохранные планы, и обеспечить их согласованность. Стратегия должна обеспечить социально надежное экономическое развитие, при котором мероприятия по охране окружающей природной среды должны осуществляться в интересах будущих поколений [2].

Концепция устойчивого развития включает три основных компонента: экономический, социальный и экологический.

Экономическая составляющая подразумевает оптимальное использование природных ресурсов и использование экологических технологий, включая добычу и переработку сырья, создание экологически приемлемой продукции, минимизацию, переработку и уничтожение отходов, а также решение проблемы водообеспечения, в том числе и проблемы трансграничных рек.

Социальная составляющая устойчивости развития ориентирована на человека и направлена на сохранение стабильности социальных и культурных систем, в том числе на сокращение числа разрушительных конфликтов между людьми. Важным аспектом этого подхода является справедливое распределение благ. На национальном уровне это обеспечение и рост благосостояния населения, а на международном — роль и деятельность соответствующих международных институтов.

Для достижения устойчивости развития современному обществу необходимо создать более эффективную систему принятия решений, учитывающую исторический опыт и поощряющую плюрализм. Важно достижение справедливости не только внутри одного поколения, но и межпоколенческой справедливости [3].

Экологическая составляющая должна обеспечивать целостность биологических и физических природных систем. Особое значение имеет жизнеспособность экосистем, от которых зависит глобальная безопасность всей биосферы. Деградация природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и утрата биологического разнообразия сокращают способность экологических систем к самовосстановлению.

В докладе о работе ООН за 1999 г. Генеральный секретарь ООН отметил, что «справедливое и устойчивое развитие является одним из необходимых условий обеспечения безопасности, однако обеспечение минимальных стандартов безопасности, в свою очередь, является одной из предпосылок развития. Стремление решить одну задачу в отрыве от другой не имеет большого смысла» [4].

Таким образом, можно проследить четкую взаимосвязь между понятиями «безопасность» и «устойчивое развитие». Более того, можно говорить, что устойчивое развитие — это не только системное единство экономических, социальных и экологических видов деятельности, но и постоянная взаимосвязь развития и безопасности.

Переход к устойчивому развитию предполагает обеспечение безопасности во всех отношениях, а всеобщая безопасность, как уже отмечалось, также реализуется на пути устойчивого развития. Столь тесная взаимосвязь всеобщей (и глобальной) безопасности страны и мирового сообщества и устойчивого развития определяет особенности дальнейшего человеческого существования. В качестве методологической основы подобного видения должны использоваться все средства исследования будущего, включая прогностические, футурологические, системные, ноосферные и другие подходы, определяющие специфику проблемы безопасности [1].

Общепринятого подхода в области количественного измерения устойчивости до сих пор нет. Дискуссии в области устойчивости или «неустойчивости» развития человечества и отдельных стран продолжаются.

Международными организациями и отдельными странами предполагаются достаточно разнообразные индикаторы и их системы, которые, в свою очередь, содержат сложную систему показателей.

Методы исследования

В 2011 году ведущими учеными в сфере охраны природы и экономики при поддержке Русского географического общества совместно с WWF России был разработан эколого-экономический индекс для регионов. Данный индекс учитывает экологическую устойчивость развития, включая экологический, экономический и социальный факторы [5].

Эколого-экономический индекс (ЭЭИ) является одним из основных показателей при ранжировании регионов России в рамках стратегии устойчивого развития. Главными составляющими данного индекса являются такие компоненты, как валовый региональный продукт и скорректированные чистые накопления (СЧН). Существенной составляющей СЧН являются показатели особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и индекс человеческого развития (ИЧР).

Индекс позволяет оценить, насколько предпринимаемые федеральной и региональной властью усилия позволяют ликвидировать экологически неблагоприятное наследие предыдущих этапов развития региона. В настоящее время в Российской Федерации при расчете эколого-экономического индекса за основу принято деление на четыре группы:

- финансово-экономические центры;
- экспортно-ориентированные регионы;
- промышленные регионы;
- аграрно-промышленные регионы.

В работе [6] приведены расчеты эколого-экономического индекса для всех субъектов Российской Федерации за 2011 г. Лидером группы финансово-экономических центров является г. Москва, со значением индекса 35,67%. Первое место в группе экспортно-ориентированных регионов занимает Республика Коми, с показателем индекса 9,71%. В группе промышленных регионов лидером является Тверская область, со значением 64,41%. Республика Алтай занимает первое место в группе аграрно-промышленных регионов, с показателем индекса 215,37%.

Характеристика объекта исследования

28 июля 2016 г. Республика Крым и г. Севастополь в соответствии с Указом президента России «О Южном федеральном округе» вошли в состав Южного федерального округа. Особенно актуальным становится ранжирование регионов Южного федерального округа по значению эколого-экономического индекса.

Южный федеральный округ (после выделения из него Северо-Кавказского и включения Крымского федерального округа) включает три республики (Республика Адыгея, Республика Калмыкия, Республика Крым), три области (Волгоградская область, Астраханская область, Ростовская область), один край (Краснодарский край) и один город федерального значения (Севастополь). Общая площадь ЮФО составляет 447 тыс. 821 кв. км.

Из восьми субъектов РФ, входящих в состав Южного Федерального округа, эколого-экономический индекс подсчитан для шести регионов, так как для Республики Крым и г. Севастополя расчет индекса не проводился. Из этих шести регионов три региона входят в десятку лидеров в рейтинге по значению эколого-экономического индекса — Краснодарский край, Республика Калмыкия, Республика Адыгея.

В группу аграрно-промышленных регионов входят Республика Адыгея, Астраханская область, Волгоградская область, Республика Калмыкия, Краснодарский край.

Шестое место по эколого-экономическому индексу занимает Краснодарский край, скорректированные чистые накопления которого составляют 68,97% к ВРП. Это один из немногих лидеров по значению эколого-экономического индекса, который характеризуется довольно высоким уровнем экономического развития. По абсолютному объему скорректированных чистых накоплений край занимает 2-е место (после Москвы). Краснодарский край входит в число лидеров по отношению валового накопления основного капитала к ВРП. По этому показателю регион занимает 5-е место в России. Ущерб от экономической деятельности, связанный с истощением природных ресурсов, загрязнением окружающей среды, полностью компенсируется инвестициями в человеческий капитал, наличием ООПТ. При этом ущерб относительно невысокий, это свидетельствует о высокой экологичности экономической деятельности, что частично обусловлено тем, что курортная и сельскохозяйственная специализация региона способствуют сдерживанию попыток развития негативно воздействующих на окружающую среду производств. По отношению ущерба от вредных выбросов к ВРП Краснодарский край занимает 6-е место среди всех субъектов РФ. При этом в Краснодарском крае значительную площадь занимают земли ООПТ. По их доле в общей площади край занимает 8-е место среди всех регионов РФ [6].

Девятое место по эколого-экономическому индексу занимает Республика Калмыкия. Скорректированные чистые накопления региона составили 62,13% к ВРП. Высокое значение показателя обусловлено относительно высокими расходами на развитие человеческого капитала. По отношению расходов на развитие человеческого капитала к ВРП республика занимает 5-е место среди всех субъектов РФ. При этом ущерб от истощения природных ресурсов находится на низком уровне, а ущерб от загрязнения окружающей среды — на среднем уровне. Республика занимает 27-е место среди всех субъектов РФ по отношению ущерба от вредных выбросов к ВРП. Кроме того, в республике значительную долю территории занимают ООПТ. По этому показателю республика занимает 11-е место среди всех регионов РФ. При этом необходимо учитывать, что абсолютный объем скорректированных чистых накоплений находится на невысоком уровне, что обусловлено невысоким уровнем развития экономики региона.

Республика Адыгея замыкает десятку регионов-лидеров по эколого-экономическому индексу. Скорректированные чистые накопления составляют 61,7% к ВРП. Республика характеризуется низким объемом вредных выбросов в атмосферу и занимает 3-е место среди всех субъектов РФ по абсолютному ущербу от загрязнения окружающей среды и 25-е место по отношению ущерба от вредных

выбросов к ВРП. Другие показатели, снижающие чистые накопления, находятся на невысоком уровне. Наибольший вклад в формирование индекса вносят валовые накопления основного капитала и особо охраняемые природные территории, площадь земель которых составляет 14,3% площади всех земель региона [6].

Астраханская область находится на 37-й позиции в рейтинге из 83 со значением индекса 32,17%.

Ростовская область входит в группу финансово-экономических центров и занимает 44-ю позицию в рейтинге со значением эколого-экономического индекса 28,66%.

Возникает необходимость в понимании того, к какой из групп относятся два новых региона России — Республика Крым и город федерального значения Севастополь и какое место занимают в группе.

Экономика Республики Крым в 2014 г. находилась под влиянием факторов, вызванных переходным периодом и сложной геополитической ситуацией.

Результаты исследования и их обсуждение

Для расчета истощения природных ресурсов учитывается специфика каждого региона. Расчет для Республики Крым необходимо производить по ключевым для региона ресурсам.

Отличительными особенностями Крыма, с учетом которых формировалась экономика полуострова, являются следующие: приморское положение региона, плодородные почвы, теплый климат, а также природные и рекреационные ресурсы. Благодаря сложившимся факторам базовыми отраслями региона являются пищевая промышленность, производство строительных материалов, машиностроение, сельское хозяйство, а также курортная сфера.

Одним из конкурентных преимуществ Крыма является высокий уровень диверсификации экономики, в которой широко представлены промышленность, сельское хозяйство и сфера услуг.

В качестве ущерба окружающей среде от загрязняющих веществ необходимо учитывать выбросы от углекислого газа, что соответствует исходной методике.

Ранее авторами в работе [5] были проведены предварительные расчеты отдельных пунктов эколого-экономического индекса для г. Севастополя и Республики Крым.

Индекс затрат на охрану окружающей среды для Республики Крым и г. Севастополя составляет 340,9 и 142 393 млн руб. соответственно. Доля площади земель ООПТ от общей площади территории для Крымского полуострова составляет 4,1344%, а для г. Севастополя — 30,372%, включая водное пространство — 24,32%.

Оценка результатов доли ООПТ показывает, что г. Севастополь является лидером по этому показателю среди всех четырех групп регионов РФ. Республика Крым в группе финансово-экономических центров и в группе экспортно-ориентированных центров занимает предпоследнее место после г. Санкт-Петербурга и Ненецкого автономного округа. В группе промышленных центров Республика Крым занимает 30-ю позицию из 38. В группе агропромышленных центров Крымский регион также занимает 30-ю позицию из 39 регионов.

При построении индекса оценка особо охраняемых природных территорий проводится исходя из их площади и предположения, что производство ВРП на территории региона распределено равномерно [4]. Учитывая, что ООПТ — это территории, полностью или частично изъятые из хозяйственной деятельности, оценка ООПТ равна недополученному доходу за счет содержания ООПТ:

$$\text{ООПТ} = \text{ВРП} / (100\% - \text{доля ООПТ}\%) \times \text{доля ООПТ}\% \times 100, \quad (1)$$

где ВРП — объем ВРП; доля ООПТ% — доля площади земель ООПТ в общей площади территорий, %.

Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым (КРЫМСТАТ) были опубликованы данные по ВРП для Республики Крым и г. Севастополю за 2014 г. сравнительно недавно [7]. В данном исследовании был произведен полный расчет индекса особо охраняемых природных территорий.

Для Республики Крым индекс ООПТ исходя из формулы (1) составляет

$$\begin{aligned} \text{ООПТ}_{(\text{Республика Крым})} &= 137\,924,8 / (100\% - 4,13\%) \times 4,13\% \times 100 = \\ &= 594\,168,59 \text{ (тыс. руб.)}. \end{aligned}$$

Для города Севастополя индекс ООПТ (с учетом того, что доля ООПТ довольно высокая) равен

$$\begin{aligned} \text{ООПТ}_{(\text{г. Севастополь})} &= 137\,924,8 / (100\% - 30,37\%) \times 30,37\% \times 100 = \\ &= 6\,015\,763,57 \text{ (тыс. руб.)}. \end{aligned}$$

Затраты на охрану окружающей среды для Республики Крым превосходят затраты для Севастополя в 2,5 раза.

В группе финансово-экономических центров показатель затрат на охрану окружающей среды для Республики Крым и Севастополя в десятки раз меньше показателей для остальных регионов этой группы.

В группе экспортно-ориентированных центров по уровню затрат на охрану окружающей среды Севастополь занимает последнее место. Республика Крым находится на 7-й позиции из 9.

В группе промышленных центров Крымский регион занимает 35-ю позицию из 39. Город Севастополь находится на последнем месте.

В группе агропромышленных регионов Республика Крым занимает 25-ю позицию в рейтинге по затратам на охрану окружающей среды, а Севастополь — 35 место из 39 регионов РФ.

Эколого-экономический индекс является интегрированным показателем и базируется на методике расчета индекса чистых скорректированных накоплений. Они взаимосвязаны между собой.

Индекс скорректированных чистых накоплений является результатом коррекции валовых внутренних накоплений. Можно выделить три основных этапа коррекции валовых накоплений для получения показателя скорректированных чистых накоплений. На первом этапе из валовых внутренних накоплений вычита-

ется величина потребления/обесценивания постоянного капитала (в российской статистике определенным аналогом этого показателя является амортизация основных фондов).

На втором этапе скорректированные чистые внутренние накопления увеличиваются на величину расходов на образование.

С точки зрения устойчивого развития принципиально важным является третий этап, на котором происходит экологическая коррекция: вычитается истощение природного капитала (энергетические и минеральные ресурсы, а также сальдо по лесным ресурсам) и ущерб от загрязнения окружающей среды (выбросы CO₂ и твердых взвешенных частиц). Все входящие в расчет величины берутся в процентах от валового национального дохода. Далее результат увеличивается на индекс ООПТ.

Заключение

Для того, чтобы занимать достойное место в рейтинге эколого-экономического индекса для Крымского региона и г. Севастополя, необходимо развивать базовые отрасли экономики, а именно туризм, промышленность и сельское хозяйство.

Исходя из высоких показателей индекса ООПТ для г. Севастополя, можно сделать вывод, что для города перспективно развивать курортную сферу. Наличие ООПТ снижает объем накоплений для конкретного региона, так как снижается площадь территорий, на которых может проводиться хозяйственная деятельность, а также способствует сохранению ресурсов и природного потенциала. Это, в свою очередь, приводит к улучшению состояния экологии и к сохранению биоразнообразия.

Важно, что для расчета эколого-экономического индекса берутся данные только из официальной статистики. По ситуации на июль 2016 г. еще не все данные, необходимые для расчета индекса за 2015 г., опубликованы Федеральной службой государственной статистики.

Расчет эколого-экономического индекса для Республики Крым и г. Севастополя в будущем можно использовать не только для исследования целей региональной политики, но и для проведения мониторинга безопасного социально-эколого-экономического развития регионов.

Концепция устойчивого развития в целом и ее отдельные составляющие (экология, экономика и социальное развитие) на современном этапе неотделимы от понятия безопасности. Более того, устойчивое развитие современного международного сообщества — это залог стабильности современной системы международных отношений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Деловарова Л.Ф.* Устойчивое развитие и безопасность: возможные вызовы для Центральной Азии. Алматы, 2010. С. 17.
- [2] Программа действий: Повестка дня на 21 век и др. док. конф. «Планета Земля» — Женева: Центр «За наше общее будущее», 1993.

- [3] *Моисеев Н.Н.* «Устойчивое развитие» или «Стратегия переходного периода» // План действий — «Устойчивые Нидерланды». М., 1995. С. 3—4.
- [4] *Аннан К.А.* Предотвращение войн и бедствий: глобальный вызов растущих масштабов: Годовой доклад о работе ООН за 1999 год. Нью-Йорк, 2000. С. 17.
- [5] *Сигора Г.А., Ничкова Л.А., Бударина В.А., Хоменко Т.Ю.* Методические подходы к расчету эколого-экономического индекса для Крымского региона // Вестник ВГУ. Серия: Геология. Воронеж. 2016. № 2. С. 116—121.
- [6] *Бобылев С.Н., Минаков В.С., Соловьева С.В., Третьяков В.В.* Эколого-экономический индекс регионов РФ. Москва, 2012.
- [7] Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts/

© Сигора Г.А., Ничкова Л.А., Хоменко Т.Ю., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 17 октября 2016

Дата принятия к печати: 12 ноября 2016

Для цитирования:

Сигора Г.А., Ничкова Л.А., Хоменко Т.Ю. Эколого-экономический индекс как показатель безопасного устойчивого развития регионов // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017. Т. 25. № 1. С. 88—96.

Сведения об авторах:

Сигора Галина Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры техносферной безопасности СевГУ. *Контактная информация:* e-mail: sigoral@yandex.ru

Ничкова Лариса Александровна, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой техносферной безопасности СевГУ. *Контактная информация:* e-mail: prohvatilov12@mail.ru

Хоменко Тамара Юрьевна, ассистент кафедры техносферной безопасности СевГУ. *Контактная информация:* e-mail: tamara_homenko93@mail.ru

ECOLOGICAL-ECONOMIC INDEX AS THE RATE OF SAFE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE REGIONS

G.A. Sigora, L.A. Nichkova, T.Y. Khomenko

The Department «Technosphere safety» Sevastopol State University
Gogolya str., 14, Sevastopol, Russia, 299001

The paper presents the review of studies devoted to the application of ecological-economic index to assess the safety and sustainability of regions. Preliminary calculations of the individual items of environmental-economic index for Sevastopol and Republic of Crimea. It is revealed that the indicators of environmental-economic index gives the ability to control without dangerous development and to evaluate the level of stability of a particular region.

Key words: sustainable development, security, ecological-economic index, Sevastopol, Crimea, monitoring, ecosystem, future

REFERENCES

- [1] Delovarova L.F. Sustainability and safety: possible challenges for Central Asia. Almaty, 2010. 17.
- [2] Programme of action: Agenda for the 21st century. Doc. Conf. Earth — Geneva: Center «For our common future», 1993.
- [3] Moiseev N.N. «Sustainable development» or «transition Strategy» action Plan «Sustainable Netherlands». М., 1995. 3-4.
- [4] Annan K.A. Preventing war and disaster: a growing global challenge scope: Annual report on the work of the UN in 1999. New York, 2000. 17.
- [5] Zoar G.A., Nichkova L.A., Budarin V.A., Khomenko T.Y. Methodical approaches to the calculation of the ecological-economic index for Crimean region. *Bulletin of VSU. Series: Geology*. Voronezh. 2016. 2. 116—121
- [6] Bobylev S.N., Minakov V.S., Soloviev S.V., Tretyakov V.V. economic environmental index of Russian regions. Moscow, 2012.
- [7] Federal state statistics service [Electronic resource]. mode of access: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts/

Article history:

Received: 17 October 2016

Revised: 12 November 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Sigora G.A., Nichkova L.A., Khomenko T.Y. (2017) Ecological-economic index as the rate of safe sustainable development of the regions. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 88—96.

Bio Note:

Sigora G.A., PhD, Candidate of biological science, Associate professor, «Technosphere safety» Department SevGU. *Contact information*: e-mail: sigora1@yandex.ru

Nichkova L.A., PhD, Candidate of Technical Sciences, Associate professor, «Technosphere safety» Department SevGU. *Contact information*: e-mail: prohvatilov12@mail.ru

Khomenko T.Y., Assistant, «Technosphere safety» Department. *Contact information*: e-mail: tamara_homenko93@mail.ru



УДК: 502.52

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-97-103

ИНДИКАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРВЕЙ И РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЕРМИКОПОСТИРУЕМЫХ ПОЧВ

И.Ю. Корнеева

Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева
Костычева, 1, Рязань, Россия, 390044

Показателями тест-объектов для биотестирования токсичных почв, загрязненных отходами кожевенного и цементного производств, при ремедиации субстратов вермикомпостированием являются: для червей (*Lumbricina*) — холодоустойчивость, весовые и адаптивные характеристики, репродуктивность и восстановление популяций, количество особей, коконов, молоди; для растений: пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) — ростовые показатели, салата обыкновенного (*Lactuca sativa* L.) — водоудерживающая способность, оводненность листьев.

Ключевые слова: биотестирование, вермикомпостирование, ремедиация почв, индикаторные показатели, черви, пшеница, салат обыкновенный

Актуальность

С целью устранения или минимизации риска угроз в условиях деградации среды, как отмечает В.И. Харитонов [1], необходим метод выявления уровней воздействия потенциально опасных факторов. Разработка методов оценки безопасности среды при утилизации и переработке промышленных отходов является приоритетным направлением деятельности экологов. Ю.А. Можайский, В.Ф. Евтюхин и Т.К. Никулина изучали содержание тяжелых металлов в почве и растительности [2]. Н.А. Черных, изучая загрязнение почв тяжелыми металлами, анализировала качество произрастающих на них растений [3]. К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков пользовались методами биотестирования при биологической диагностике и индикации почв [4]. Е.В. Налета с коллегами выясняли зависимость фитотоксических свойств почв от концентраций тяжелых металлов [5]. Большой вклад в оценку возможности использования осадка сточных вод (ОСВ) в качестве удобрений внесли Е.С. Иванов с соавторами [6]. В.И. Левин, С.Д. Правкина и Т.В. Хабарова в своем исследовании обосновали применение вермикомпостов с использованием ОСВ [7].

Актуален интерес к биотестированию — универсальному, эффективному, малозатратному и легко исполнимому способу определения токсичности субстратов. Применяемые аналитические и химические методы контроля негативного воздействия на окружающую среду достоверно не гарантируют экологическую без-

опасность. Значимым является непосредственно оказываемый эффект от загрязнения, а не его уровень. Биотестирование представляет собой метод, позволяющий установить токсичность среды по реакции животных и растений независимо от концентрации и классификации веществ, вызвавших загрязнение среды [8]. Серьезный экологический ущерб наносят несанкционированные свалки, в частности кожевенных и цементных отходов. Экологический мониторинг необходимо дополнять исследованиями с использованием животных и растений, пригодных для биоиндикации и биотестирования [9].

Реакции беспозвоночных, способных к ремедиации токсичных почв, изучены недостаточно. При этом динамика биохимических и цитоморфологических показателей беспозвоночных, индикаторно отражающих стресс-реакцию на экотоксикацию среды, является показательной [10].

Выявление индикаторных показателей червей, компостируемых токсичный субстрат, а также растений, произрастающих на очищаемых вермикультурой почвах, является актуальной целью научной работы.

В основные задачи исследования входило: выявить индикаторные показатели червей и растений для биотестирования токсичности вермикомпостируемых почв, загрязненных отходами кожевенного и цементного производств.

Материалы и методы

Работа проводилась в Учебно-научном инновационном центре «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» в период 2012—2015 гг.

Антропогенное воздействие на почву со стороны отходов кожзавода анализировалось на следующих экспериментальных образцах субстратов: 1 — контрольный образец почвы, в котором нет отходов предприятия, при этом концентрация ГМ (тяжелых металлов) в нормах ПДК; 2 — почва с 15 г/кг отходов кожевенного производства; 3 — почва с 30 г/кг отходов кожзавода; цементного завода: образцы почв: 4 — контрольный (экологически благоприятная среда без загрязнения), 5, 6 — соответствующие 2-му и 3-му субстратам с той разницей, что в них добавлены отходы цементного предприятия.

Методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии была определена концентрация ГМ в экспериментальных образцах почв [11]. Для выявления биоиндикаторных показателей, отражающих стресс-реакции на токсичность среды, в качестве тест-объектов использовали червей семейства дождевых червей (*Lumbricina*), а также сорта культурных растений: пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) и салата обыкновенного (*Lactuca sativa* L.).

При проведении биотестирования использовали следующие методы: для определения воздействия на весовые характеристики червей по методу К.С. Козлова [12] — их репродуктивную активность, появление ювениалов и восстановление популяций [13]; холодоустойчивость, выживаемость особей и коконов ISO 11268-2:2003 [14]; динамику биохимических и цитоморфологических маркеров по методу А.Л. Шабадаша [15] и рекомендациям С.А. Нефедовой [9]. Для выявления индикаторных маркеров растений, отражающих токсичность почв при ремедиации вермикомпостированием, изучали ростовые показатели, водо-

удерживающую способность, оводненность листьев экспериментальных растений по рекомендациям А.А. Ничипоровича [16].

Статистическая обработка проводилась согласно методике Н.А. Плохинского [17].

Результаты исследований

Среди видового разнообразия *Lumbricina*: белокончиковый дождевой, навозный, калифорнийский красный, рыжий дождевой черви, красноватый дождевик, восьмигранная дендробена, являются тест-объектами, проявляющими индикаторную реакцию на токсичность почв, загрязненных отходами кожевенного и цементного предприятий.

В первом случае для биотестирования эффективно использовать следующих представителей *Lumbricina* — восьмигранную дендробену (*Dendrobaena octaedra*) по весовым показателям, холодоустойчивости, репродуктивной активности; во втором — белокончикового дождевого червя (*Octolasion lacteum*) по весовым показателям и восьмигранную дендробену (*Dendrobaena octaedra*) — по восстановительным способностям популяции.

В качестве биоиндикаторных реакций червей эффективно использовать холодоустойчивость. В благоприятной среде коконы червей вида «восьмигранная дендробена» (*Dendrobaena octaedra*) переносят температуры до -45°C ; взрослые особи — до -14°C .

Эффективным индикаторным маркером для биотестирования загрязненных почв является динамика весовых показателей восьмигранной дендробены (*Dendrobaena octaedra*) при воздействии кожевенного предприятия, белокончикового дождевого червя (*Octolasion lacteum*) — цементного. После восьмой недели экспозиции при среднем (15 г/кг) и сильном (30 г/кг) загрязнении среды отходами кожевенного предприятия по сравнению с особями, обитающими в благоприятной среде, вес червей вида «восьмигранная дендробена» изменяется на 22 и 45% соответственно; при средней и сильной токсичности субстрата, на который оказывается антропогенное давление отходами цементного предприятия, вес белокончикового дождевого червя снижается на 32 и 58% соответственно.

Цитохимические и цитоморфологические показатели червей можно использовать в качестве индикаторных маркеров токсичности почвы в период ее ремедиации вермикомпостированием.

При биотестировании токсичности почв, загрязненных отходами цементного производства, оптимальными объектами являются навозный червь и красноватый дождевик. Под действием неблагоприятной среды у них наблюдается увеличение количества гликогеновых гранул в амебоцитах в 1,4 раза (30%). При токсикации субстрата отходами кожзавода в клетках гемолимфы представителей восьмигранной дендробены количество крупных гранул, выявляемых Шик-реакцией, возрастает в 2,3 раза (56%), у особей белокончикового дождевого червя — в 2,4 раза (58%).

Цитохимическими показателями червей, позволяющими маркировать загрязнение субстрата отходами цементного производства, является увеличение крупных гранул гликогена в амебоцитах на 2,6%; кожевенного — на 7,0%; цитомор-

фологических — увеличение встречаемости микрочервей у навозного червя и красноватого дождевика в среднем до 7,5 ед. (81%).

Ростовые показатели, водоудерживающую способность и оводненность листьев растений можно использовать в качестве биоиндикаторных маркеров, отражающих токсичность среды при ремедиации почв вермикомпостированием. Индикаторные показатели растений для биотестирования токсичности вермикомпостируемых почв, загрязненных отходами кожевенного производства, следующие: ростовые показатели пшеницы по доле проросших семян — 1,6%, массе корней проростков — 25%, массе побегов — 17%, длине побегов — 17%, длине максимального корня проростка — 5%; динамика высоты растений салата под сильным давлением среды по отношению к контролю составила: на 4-е сутки — 74,4%, 20-е — 92,4%, 30-е — 93,7%, на 40-е — 94,9%; отходами цементного производства — ростовые показатели пшеницы — по доле проросших семян — 4,7%, массе корней проростков — 33%, массе побегов — 43%, длине побегов — 17%, длине максимального корня проростка — 7,0%; динамика высоты растений салата: на 4-е сутки — 72,6%, 20-е — 92,5%, 30-е — 94,1%, на 40-е — 95,1%; показатели оводненности листьев и водоудерживающей способности после вторичной ремедиации сильно (варианты 3/6) загрязненной среды отходами кожевенного и цементного производств относительно нормы на 40-е сутки увеличились на 5,6 и 1,9%.

Вывод

Достоверными индикаторными показателями червей (*Lumbricina*) видов «белокончиковый дождевой червь» (*Octolasion lacteum*), «навозный червь» (*Eisenia fetida*), «красноватый дождевик» (*Lumbricus rubellus*), «восьмигранная дендробена» (*Dendrobaena octaedra*) являются холодоустойчивость, репродуктивная активность, восстановительные способности популяции. В качестве индикаторных маркеров для биотестирования токсичности почв при их ремедиации вермикомпостированием эффективно использовать ростовые показатели пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.), водоудерживающую способность и оводненность листьев салата обыкновенного (*Lactuca sativa* L.).

Заключение

Биотестирование дает возможность достоверно определить токсичность среды. Индикаторные показатели червей и растений для оценки экологического состояния вермикомпостируемых почв необходимо применять в производственных лабораториях и полевых условиях работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Харитонов В.И. Задачи гигиены и экологии применительно к проблеме экологически обусловленной заболеваемости // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2015. № 2. С. 137—145.
- [2] Можайский Ю.А., Евтюхин В.Ф., Никулина Т.К. Изучение содержания тяжелых металлов в почве и растительности // Рязанский экологический вестник. 1995. № 3. С. 52—55.

- [3] Черных Н.А., Челтыгмашева И.С., Баева Ю.И. Загрязнение почв тяжелыми металлами и качество растениеводческой продукции // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2003. № 9. С. 179–187.
- [4] Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2003.
- [5] Налета Е.В., Колесников С.И., Казеев К.Ш. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксические свойства почв городов Ростовской области // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 112. С. 729–739.
- [6] Иванов Е.С., Чердакова А.С. Экологическая оценка возможности использования осадка сточных вод очистных сооружений г. Рязани в качестве удобрений // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2012. № 4 (16). С. 31–36.
- [7] Левин В.И., Правкина С.Д., Хабарова Т.В. Экологическое обоснование применения вермикомпостов с использованием осадка сточных вод на выработанном агроземе торфяно-минеральном // Проблемы агрохимии и экологии. 2014. № 2. С. 24–28.
- [8] Мелехова О.П., Сарапульцева Е.И., Евсеева Т.И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. заведений / под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Сарапульцевой. 3-е изд., стер. М.: Академия, 2010.
- [9] Нефедова С.А. Эколого-физиологические механизмы адаптации животных к антропогенным воздействиям (на примере Рязанской области): автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Петрозаводск, 2011.
- [10] Цветков И.Л., Попов А.П., Коницев А.С. Способ определения токсического загрязнения сточных и природных пресных вод: патент РФ № 2308719. Опубликовано 20.10.2007. Бюлл. № 29.
- [11] Шарло Г. Методы аналитической химии // Изд.: Химия, 1965.
- [12] Валькова С.А. Комплексы беспозвоночных-сапрофагов в лесных экосистемах Кольского севера: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2009.
- [13] Козлов К.С. Влияние загрязнения почвы нефтепродуктами на дождевых червей: дисс. ... канд. биол. наук. Томск, 2003.
- [14] ISO 11268-2:2003. Качество почвы. Воздействие загрязняющих веществ на земляных червей (*Eisenia fetida*). Ч. 2. Определение воздействия на их размножение. 2005.
- [15] Шабаташ А.Л. Рациональная методика гистохимического обнаружения гликогена и ее теоретическое обоснование // Изв. АН СССР Сер. Биол. 1947. № 6. С. 745–760.
- [16] Ничипорович А.А. О потере воды срезанными растениями в процессе завядания // Журнал опытной агрономии Юго-Востока. 1926. Т. 3. Вып. 1. С. 12–15.
- [17] Плохинский Н.А. Математические методы в биологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978.

© Корнеева И.Ю., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 9 август 2016

Дата принятия к печати: 22 октября 2016

Для цитирования:

Корнеева И.Ю. Индикаторные показатели червей и растений для оценки экологического состояния вермикомпостируемых почв // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017. Т. 25. № 1. С. 97–103.

Сведения об авторе:

Корнеева Ирина Юрьевна, соискатель ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева». Контактная информация: e-mail: irina_korn986@mail.ru

INDICATOR THE INDICATORS OF EARTHWORMS AND PLANTS TO ASSESS THE ECOLOGICAL STATUS VERMICOMPOSTING SOIL

I.Yu. Korneeva

FSBEI HE «Ryazan State Agrotechnological University Named After P.A. Kostychev»
Kostychev 1, Ryazan, Russia, 390044

Performance test-objects for biotesting toxic soils, contaminated waste leather and cement productive activities, remediation of the substrates are vermicomposting: worms (*Lumbricina*) — low-temperature stability, weight and adaptive descriptions, the reproducibility and recovery of populations, number of specimens, cocoons, juveniles; for plants: *Triticum aestivum* L. — growth parameters, *Lactuca sativa* L. — is the water-holding capacity, water content of grain leaves.

Key words: biotesting, vermicomposting, remediation of soils, indicator indicators, worms, wheat, salad ordinary

REFERENCES

- [1] Haritonov V.I. Problems of hygiene and ecology in relation to a problem of ecologically caused incidence. *The Russian medicobiological messenger of a name of the academician I.P. Pavlov*. 2015. 2. 137—145.
- [2] Mozhajsij Ju.A., Evtjuhin V.F., Nikulina T.K. Studying of content of heavy metals in the soil and vegetation. *The Ryazan Ecological messenger*, 1995. 3. 52—55.
- [3] Chernyh N.A., Cheltygmasheva I.S., Baeva Ju.I. Pollution of soils heavy metals and quality of crop production. *Bulletin of the Russian Peoples' Friendship University. Series: Ecology and health and safety*, 2003. 9. 179—187.
- [4] Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F. Biologicheskaya diagnostics and indication of soils: methodology and methods of researches. *Rostov-on-Don: RGU publishing house*. 2003.
- [5] Naleta E.V., Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh. Pollution influence by heavy metals on phytotoxic properties of soils of the cities of the Rostov region. *The Polythematic network electronic scientific magazine of the Kuban state agricultural university*, 2015. 112. 729—739.
- [6] Ivanov E.S., Cherdakova A.S. An ecological assessment of a possibility of use of sieges of sewage of treatment facilities of Ryazan as fertilizers. *The Bulletin of the Ryazan state agrotechnological University of P.A. Kostychev*, 2012. 4 (16). 31—36.
- [7] Levin V.I., Pravkina S.D., Habarova T.V. Ecological justification of application of vermicompost with use of a deposit of sewage on the developed agrozem Torahs-fyano-mineral. *Problems of agrochemistry and ecology*. Moscow, 2014. 2. 24—28.
- [8] Melehova O.P., Sarapul'ceva E.I., Evseeva T.I. i dr. Biological control of environment: bioindication and biotesting. Publishing center «Akademiya», Moscow, 2010. 3rd prod.
- [9] Nefedova S.A. Ekologo-fiziologichesky mechanisms of adaptation of animals to anthropogenous influences (on the example of the Ryazan region): abstract of a dissertition of the Dr.Sci.Biol.: 03.02.08, 03.03.01, Petrozavodsk, 2011.
- [10] Cvetkov I.L., Popov A.P., Konichev A.S. Way of definition of toxic pollution of waste and natural fresh waters Russian Federation Patent No. 2308719. It is published 10.20.2007. Bulletin No. 29.
- [11] Sharlo G. Methods of analytical chemistry. Prod.: Chemistry, 1965.
- [12] Val'kova S.A. Complexes of invertebrates-saprofagov in forest ecosystems of the Kola North abstract of a dissertition of the Cand.Biol.Sci.: 03.00.16. Syktyvkar, 2009. 31 p.
- [13] Kozlov K.S. Influence of pollution of the soil oil products on earthworms dissertition of the Cand. Biol.Sci. Tomsk, 2003. 153 p.
- [14] ISO 11268-2:2003. ISO 11268-2:2003. Quality of the soil. Impact of the polluting substances on earthworms (*Eisenia fetida*). Part 2. Definition of impact on their reproduction. 2005.

- [15] Shabadash A.L. Rational technique of histochemical detection of a glycogen and its theoretical justification. *Izv. Academy of Sciences of the USSR of Sulfurs. Biol.*, 1947. 6. 745–760.
- [16] Nichiporovich A.A. About water loss by the cut-off plants in the course of a zavyadaniye. *The Magazine of skilled agronomics of the Southeast*. 1926. 3. (1). 12–15.
- [17] Plohinskij N.A. *Mathematical methods in biology*. Mosk publishing house. un-that. 1978.

Article history:

Received: 9 August 2016

Revised: 22 October 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Korneeva I.Yu. (2017) Indicator the indicators of earthworms and plants to assess the ecological status vermicomposting soil. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 97–103.

Bio Note:

Korneeva I. Yu., Applicant, FSBEI HE «Ryazan State Agrotechnological University Named After P.A. Kostychev». *Contact information*: e-mail: irina_korn986@mail.ru



УДК 502.63

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-104-115

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТИПОВ НАЗЕМНЫХ ПОКРОВОВ СУБСРЕДИЗЕМНОМОРСКИХ НИЗКОГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ СРЕДСТВАМИ ГЕОМАТИКИ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА)

Т.Ю. Горбунова^{1,2}, С.В. Гапон³, Р.В. Горбунов¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского — природный заповедник РАН»
ул. Науки, 24, пгт. Курортное, г. Феодосия, Республика Крым, Россия, 298188

² Таврическая академия Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»
пр. академика Вернадского, г. Симферополь, Республика Крым, Россия, 4295007

³ Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Университетская, 1, г. Львов, Украина, 79000

Проведено картографирование типов наземных покровов субсредиземноморских низкогорных ландшафтов методами геоматики. Для примера была выбрана территория Юго-Восточного Крыма, представляющая собой один из ключевых туристско-рекреационных центров полуострова. Разнообразие природных и антропогенных сред обуславливает пригодность территории в качестве модельного объекта для картографирования типов наземных покровов субсредиземноморских низкогорных ландшафтов. В работе были использованы космические снимки Landsat 8, космические снимки сервиса Google Earth, карта землепользования Крыма, данные полевых наблюдений. Все расчеты были произведены в программе ArcGIS 10.2. Результатом проведенного моделирования стала карта наземного покрова Юго-Восточного Крыма. Точность данной карты составляет 80% при использовании жесткой классификации и 90% при использовании скользящей классификации.

Ключевые слова: наземный покров, картографирование, субсредиземноморские низкогорные ландшафты, Юго-Восточный Крым

Введение

Полуостров Крым обладает высоким ландшафтным разнообразием. На сравнительно небольшой площади (27 тыс. км²) в результате экотонного положения сформировались несколько ландшафтных зон — от полупустынь на севере полуострова до полусубтропических лесов и кустарников на юге. Последние представлены узкой полосой вдоль южного побережья полуострова и сформировались здесь за счет барьерного влияния гор. Кроме того, эта зона испытывает наибольшую антропогенную нагрузку, связанную с развитием курортно-рекреационного комплекса, а также с виноделием и садоводством.

Осуществление природопользования и экологическая оценка невозможны без знания структуры землепользования и пространственной дифференциации элементов экологического каркаса. Наиболее удачным подходом в этом аспекте может стать построение карты типов наземного покрова территории, которая может лечь в основу планирования территориального развития.

Вопрос оценки экологической ситуации, оценки антропогенного воздействия на ландшафты в Крыму рассматривался во многих работах [1—10]. Однако большинство этих работ ориентировано на использование устаревших методик, без применения современных возможностей ГИС-технологий и данных ДЗЗ, что снижает качество выполненных работ. Исходя из последних мировых тенденций и концепций, которые ставят основным приоритетом инновационное и информационное развитие, применение самых новых цифровых данных и методик является необходимым для обеспечения устойчивого развития региона.

В связи с тем, что в последние несколько лет на территории Крымского полуострова сменились собственники земель и резко изменились типы землепользования, а значит, стали меняться и сами наземные покровы, все предыдущие работы во многом теряют свою актуальность. Крым, как и любой другой регион, должен развиваться на основе актуальных репрезентативных данных о современном состоянии территории.

Данная работа посвящена картографированию типов наземных покровов методами геоматики как одного из прогрессивных методов отображения современного состояния зоны низкогорных субсредиземноморских ландшафтов Крыма. Для примера была выбрана территория Юго-Восточного Крыма, представляющая собой один из ключевых туристско-рекреационных центров полуострова [11]. Низкая освоенность территории, слабое развитие инфраструктуры, с одной стороны, и ее уникальные пейзажные характеристики, расположение историко-культурных объектов — с другой, определяют ее инвестиционную привлекательность и создают предпосылки для устойчивого развития рекреационной отрасли.

Территория исследований

Исследуемая территория большей частью расположена в пределах Горного Крыма, включает в себя Алуштинский, Судакский и Феодосийский округа (рис. 1).

Площадь территории 1068 км², высоты колеблются от 0 м до 1254 м. Общность этой территории в пределах Южного берега Крыма обусловлена целым сходством природы. В отличие от юго-западной части, протянувшейся вдоль непрерывной цепи столовых яйлинских массивов, Юго-Восточный Крым расположен в той части Главной гряды Крымских гор, которая распадается на отдельные массивы, хребты и кряжи, постепенно понижающиеся к востоку. Такие орографические особенности определяют меньшую защищенность территории от северных воздушных масс. Хотя, как и в юго-западной части Горного Крыма, господствующие здесь ландшафты имеют средиземноморские черты, Юго-Восточный Крым отличается сухостью и большей континентальностью, что вызывает более ксерофитный характер растительности. Лесные формации являются господствующими только до Карадага, а восточнее Карадага степная растительность уже доминирует над лесной.

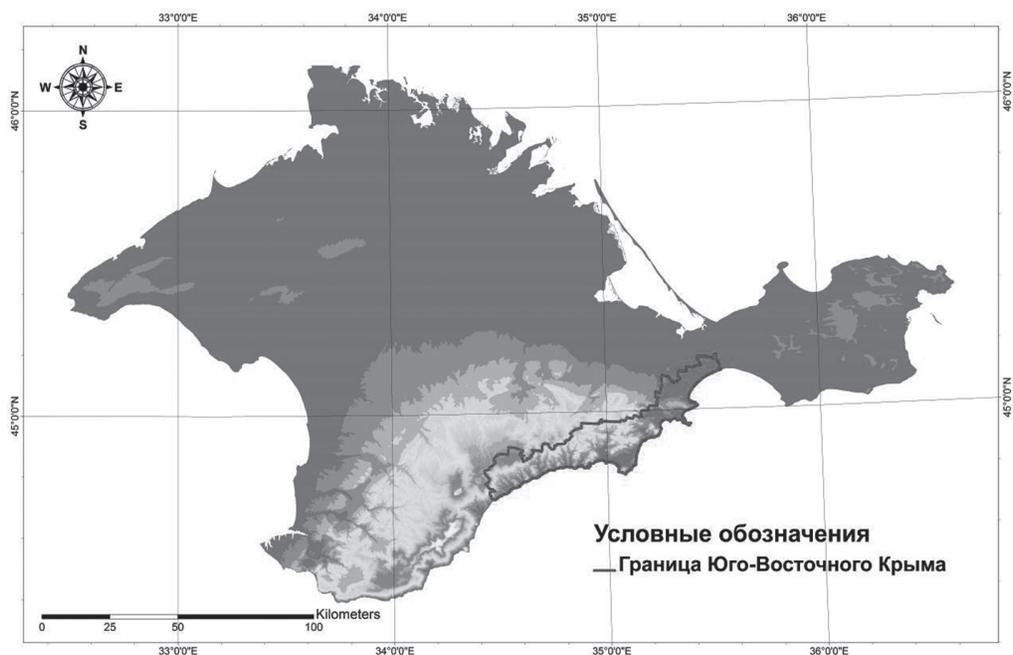


Рис. 1. Положение и границы Юго-Восточного Крыма
(The location and boundaries of the South-Eastern Crimea)

Общий орографический план территории довольно сложный, что объясняется ее значительным вертикальным и горизонтальным расчленением. Рассматриваемая территория является частью сохранившегося от погружения в Черное море ядра Крымского мегантиклинория, в геологическом строении которого принимают участие мезозойские и кайнозойские отложения. Литологическое строение территории отличается пестротой, и коренные породы благодаря большой расчлененности, неглубокому залеганию и частым выходам на поверхность принимают непосредственное участие в формировании ландшафтов.

Сложное строение геологического фундамента нашло свое отражение в сложности форм рельефа Юго-Восточного Крыма, который сформировался в результате длительного этапа континентального развития Главной гряды Крымских гор, расчленения ее южного макросклона речными долинами, балками и оврагами и обособления междолинных хребтов, кряжей и отдельных горных массивов. Здесь наблюдается сочетание форм, обусловленных тектоникой, вулканизмом и экзогенными процессами.

Наибольшее распространение в районе имеют низкогорные (до 450—500 м) эрозионно-денудационные хребты, сложенные глинистыми сланцами, конгломератами, известнякам и изверженными породами триаса и юры.

Среднегорье представлено эрозионно-денудационными горными массивами, сложенными верхнеюрскими породами, преимущественно карбонатного состава. Равнинных территорий в Юго-Восточном Крыму мало, в основном они занимают восточную часть рассматриваемой территории.

Юго-Восточный Крым относится к северо-восточной окраине распространения субтропического климата средиземноморского типа. Климат этой территории

сформировался под влиянием таких климатообразующих процессов и факторов, как географическое положение в средних широтах, субтропическая циркуляция воздушных масс, влияние горного рельефа и незамерзающего Черного моря.

Коренная растительность сформировалась в основном под влиянием климата субтропического типа, горного рельефа, обусловившего высотную поясность, близости теплого Черного моря и относится к древней средиземноморской флоре. Лесная растительность представлена широколиственными летне-зелеными лесами, светлохвойными вечнозелеными лесами и можжевельниковыми редколесьями.

В историческое время важную роль в процессе ландшафтогенеза стал играть антропогенный фактор. За несколько веков до нашей эры и в первые века нашей эры Юго-Восточный Крым был населен таврскими племенами. Они заложили здесь основу скотоводства, интенсивное развитие которого приходится на VII—IX вв. Интенсивная хозяйственная деятельность продолжалась в Юго-Восточном Крыму и в позднем Средневековье. В этот период здесь возникают генуэзские колонии, многие поселения превращаются в крупные торговые центры (Судгея, Кафа), через которые шла интенсивная торговля Киевской Руси с Византией и странами Востока. Эта колонизация, которая продолжалась и после падения генуэзских колоний, усилила бесконтрольное использование природных ресурсов. На протяжении многих лет происходила усиленная рубка леса [12].

Продолжительное интенсивное влияние антропогенного фактора сказалось весьма сильно на изменении природы Юго-Восточного Крыма. При нерегулируемом выпасе скота вытаптывалась травянистая растительность, нарушался почвенный покров, снижалась саморегулирующая способность леса. В связи с тем, что в Юго-Восточном Крыму субтропические растения находятся в близких к экстремальным значениям условиях своего существования, антропогенные изменения экологических условий вызвали резкие и практически необратимые изменения в структуре фитоценозов.

В настоящее время регион подвержен еще более активному антропогенному воздействию (застройка территории, туристско-рекреационная нагрузка, сельскохозяйственная деятельность и др.). Разнообразие природных и антропогенных ландшафтов обуславливает пригодность территории к использованию в качестве модельного объекта для картографирования типов наземных покровов субсредиземноморских низкогорных ландшафтов.

Материал и методы исследований

Под наземным покровом (англ. *land cover*) в данной работе понимается модель земной поверхности, состоящая из определяемых прямым наблюдением реально существующих объектов, структурированных согласно потребностям наблюдателя. Необходимо отметить, что понятия «наземный покров», «землепользование» и «землеиспользование» не синонимичны [13].

Так как космические снимки спутника Landsat 8 можно получать каждые 14 дней практически для любой территории земного шара, наша работа базируется на новых репрезентативных для данной ситуации космических данных. Стоит отметить, что структура наземного покрова не изменяется даже в такие сроки, как 2–3 года, а лишь приобретает маркерные тенденционные изменения. По этой

причине в качестве корректирующих данных можно использовать ранее созданные карты типов наземного покрова [1; 9].

Мировая практика насчитывает огромное количество методик картографирования типов наземного покрова средствами геоматики. Геоматика (англ. *geomatics*) — совокупность применений информационных технологий, мультимедиа и средств телекоммуникации для обработки данных, анализа геосистем, автоматизированного картографирования [14]. Исходя из имеющихся данных, мы выбрали ряд методик, которые использовались как основа методики для нашей территории [15–18].

В работе были использованы следующие материалы:

— космические снимки Landsat 8 с разрешающей способностью снимка от 15 до 30 м на пиксель. Проекция UTM, система координат WGS 84. Точность позиционирования сенсоров: OLI — 12 м, TIRS — 41 м;

— космические снимки сервиса Google Earth с разрешающей способностью 0,6 м на пиксель;

— карта землепользования Крыма [9];

— данные полевых наблюдений в период с 27 июля 2015 г. по 27 августа 2015 г. на территории Юго-Восточного Крыма по 106 точкам.

Все расчеты были произведены в программе ArcGIS 10.2.

Первоначально проект был сформирован в системе координат UTM WGS 84 Zone 36N, линейная единица измерения — метр. Все исходные данные были переведены в эту систему координат.

Были подгружены два космических снимка Landsat 8. Каждый снимок, состоящий из восьми-деяти каналов, был объединен с помощью функции *Composite bands* и в результате получен комплексный снимок, который отражает типы растительности за все сезоны года. Таким образом, упрощается его дальнейшее дешифрирование.

Для определения максимального количества желательных классов наземного покрова была применена функция *Maximum Likelihood Classification*. Затем была проведена управляемая классификация с помощью функции *Training Sample Manager*, в результате чего были заданы и выделены семь типов наземного покрова: вода, лес, редколесья, степные сообщества, сельскохозяйственные угодья, заболоченные территории, населенные пункты. Учебные полигоны выбирались таким образом, чтобы эталонный участок находился в середине выбранного типа наземного покрова и от других типов его отделяло минимум 3–4 пиксела снимка. Для каждого типа наземного покрова было выделено не менее 10 типичных эталонных полигонов. После этого была проведена классификация. Однако ввиду достаточно большой площади территории и схожести спектров некоторых типов первоначальная классификация нуждается в корректировке. Такая корректировка проводилась путем добавления вручную заданных эталонных полигонов, определенных по снимку Google высокого разрешения. Каждому типу наземного покрова соответствовало не менее 30–40 добавленных корректирующих объектов. Помимо уточнения контуров типов покрова, выделялись территории с большими площадями, которые не подходили ни под один ранее заданный класс. Таким

образом был создан дополнительный класс — горно-луговые яйлинские ландшафты.

Ввиду того, что территория имеет очень высокое ландшафтное разнообразие, разнообразие типов наземного покрова также высоко. Это значит, что схожее спектральное значение может иметь несколько таких типов, но будет выделяться автоматически в один. Для исправления такой ситуации были задействованы данные с натуральных наблюдений по 106 точкам. Имеет смысл разбить каждый тип наземного покрова на отдельный полигон и работать уже не с группами, а с отдельными единицами. Для этого растровый слой классифицированных типов был переведен в полигональную форму с помощью функции *Raster to Polygon*. В таблицу атрибутов отдельных полигонов заносили значения принадлежности к конкретному типу наземного покрова, опираясь на данные полевых исследований. После проведения процедуры корректировки отдельные полигоны с заданными классами необходимо было вновь сгруппировать. Помимо этого, было необходимо элиминировать и генерализировать объекты меньше рабочего масштаба с площадью менее 10 га при помощи функций инструмента *Generalization: Majority Filter, Boundary Clean, Region Group, Nibble*. Затем с помощью функции *Dissolve* полигоны объединили по принадлежности к определенному типу. В результате проведенной операции получили скорректированную карту по заданным новым классам.

Большинство типов наземного покрова представлены объектами площадного характера распространения и занимают площадь не менее в несколько десятков пикселей. Однако есть и такие типы, которые представлены относительно тонкими линейными объектами: реки и дороги, часто их размер менее размера пикселя (30 м). При автоматической классификации такие объекты часто дешифрируются в виде пунктирной линии. В связи с этим дороги были векторизованы вручную при помощи Google снимков, а реки — при помощи функций инструмента *Hydrology: Fill, Flow Direction, Flow Accumulation, Stream to Order, Stream to Feature* и также Google снимков. Векторизация дорог проводилась исключительно вручную, а водотоки изначально были выделены автоматически и затем скорректированы вручную. Весомым недостатком автоматического выделения водотоков стало несоответствие некоторых объектов, выделенных в такой способ реальным объектам, так как используя группу инструментов *Hydrology*, мы можем выделить абсолютно все математически, а не реально существующие объекты. Таким образом, лишние несуществующие объекты нужно элиминировать по принципу отсекаания водных объектов, имеющих самые низкие классы иерархической классификации. Для этого была использована функция *CON*, при помощи которой убрали водотоки до четвертого класса включительно (классификации Страллера), элиминировали минимальные, несуществующие в реальности водные объекты (балки, рытвины).

Результаты исследований и их обсуждение

Итогом проведенного моделирования стала карта наземного покрова Юго-Восточного Крыма (рис. 2).

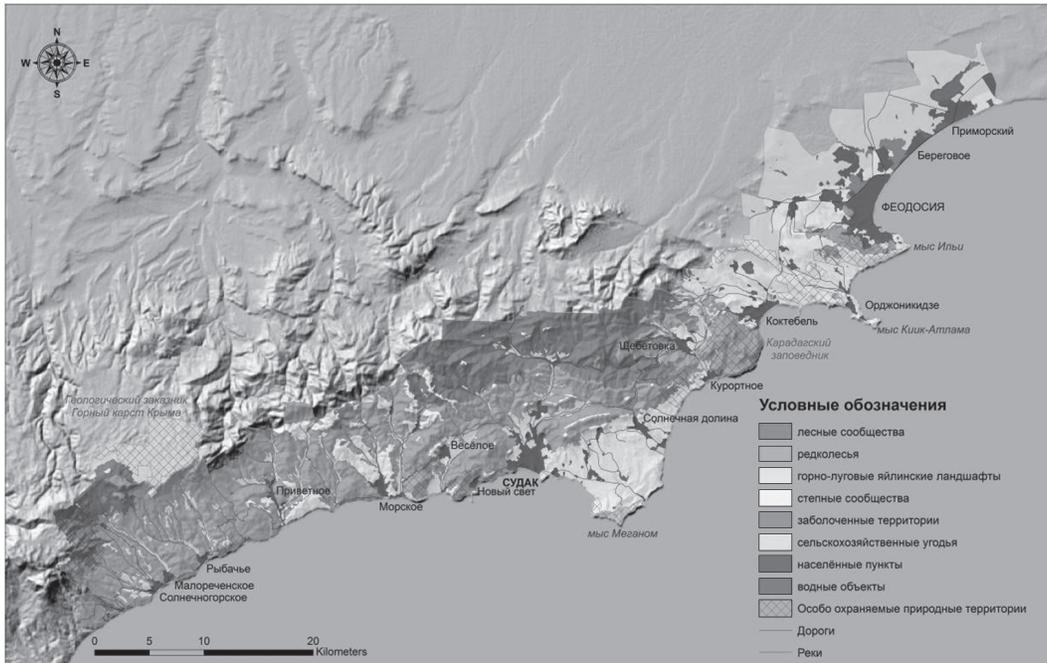


Рис. 2. Типы наземного покрова Юго-Восточного Крыма
(Types of land cover of the South-Eastern Crimea)

Легенда карты насчитывает 11 типов наземного покрова. Точность данной карты составляет 80% при использовании жесткой классификации и 90% при использовании скользящей классификации. Данными для валидации модели послужили космические снимки Google, а также данные полевых наблюдений по 106 точкам. В процессе проверки точности модели использовалась нежесткая классификация, суть которой заключалась в следующем: при помощи инструмента рандомного распределения сгенерировали 200 точек. Каждой точке был присвоен свой атрибут типа наземного покрова. Под слой точек был подгружен космический снимок Google, на основании которого и проводилась валидация.

Для проверки создана структура бальной оценки ошибок. Типы наземного покрова сгруппировали на схожие (степные сообщества, сельскохозяйственные угодья и т.д.) и весьма различные (водные объекты, лес и т.д.). При несоответствии типа в рамках схожей группы ставилась ошибка 0,5, при несоответствии типа наземного покрова в рамках несхожей группы ставилась ошибка 1. В конечном счете все ошибки суммировались и делились на общее число точек (таблица).

Таблица

Пример оценки точности модели
(An example of the accuracy evaluation of the model)

Id	Тип наземного покрова исходя из классификации	Тип наземного покрова, определенный с космоснимка	Грубая ошибка 1	Негрубая ошибка 0,5	Нет ошибки 0
1	Лесные сообщества	Лесные сообщества			+
2	Редколесья	Редколесья			+
3	Водные объекты	Водные объекты			+

Окончание табл. 1

Id	Тип наземного покрова исходя из классификации	Тип наземного покрова, определенный с космоснимка	Грубая ошибка 1	Негрубая ошибка 0,5	Нет ошибки 0
4	Сельскохозяйственные угодья	Степные сообщества		+	
5	Степные сообщества	Степные сообщества		+	
6	Горно-луговые яйлинские	Горно-луговые яйлинские		+	
7	Населенные пункты	Населенные пункты			+

В ходе проведения валидации не было выявлено грубых ошибок. Основной причиной такого точного расклада, скорее всего, послужило выделение небольшого числа типов наземного покрова и предварительное исправление ошибок по 106 точкам натуральных экспедиций. Негрубые ошибки составили около 10% от общего количества точек, т.е. 22 точки. Так как большая часть таких неточностей приходилась на стыки близких по спектральному значению классов, модель можно считать репрезентативной для 90% территории исследования.

Выделенные нами типы наземного покрова обоснованы рядом функциональных потребностей: минимально необходимым количеством типов для выбора площадок под размещение систем возобновляемой энергетики. Такое сочетание типов не является единственно возможным и, более того, максимальным при использовании указанных методов. Методы удобны тем, что в зависимости от потребностей исследователя можно выделить необходимые типы наземного покрова в количестве, желательно не превышающем 10—15 типов. Чисто технически возможно выделить и более 15 типов, однако такая классификация будет содержать слабовалидированную нерепрезентативную информацию, так как снимки Landsat 8 не дают возможности по использованию настолько детализированной спектральной информации. Снимков Google недостаточно для проверки более 15 классов. В таком случае натурные наблюдения должны охватывать всю территорию классификации с большой плотностью отбора данных.

Выводы

В работе проведено картографирование наземного покрова субсредиземноморских низкогорных ландшафтов на примере территории Юго-Восточного Крыма методами геоматики. Полученная карта имеет большой спектр применения как в теоретическом, так и в практическом плане. Данная карта является статической для определенного момента времени, если строить подобные карты каждый год, можно сделать серию карт по изменению наземного покрова, по которой было бы видно развитие территории.

Построение карт по выбранной методике может быть полезным при осуществлении территориального планирования, оценки экологической ситуации, изучении структуры, функционирования и динамики ландшафтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Бобра Т.В., Лычак А.И.* Карта современных ландшафтов Крыма // Геополитика и экодинамика регионов. 2010. Т. 6. Вып. 1-2. С. 101—104.

- [2] *Боков В.А., Бобра Т.В., Лычак А.И.* Геоэкологическая ситуация в Крыму // Культура народов Причерноморья. 1998. № 3. С. 13—18.
- [3] *Лычак А.И., Бобра Т.В.* Новые подходы к геоэкологическому анализу и прогнозу антропогенной трансформации ландшафтов Крыма // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «География». 2012. Т. 25 (64). № 1. С. 146—154.
- [4] *Лычак А.И.* Некоторые аспекты разработки методики оценки геоэкологических ситуаций в Крыму на ландшафтной основе // Культура народов Причерноморья. 1998. № 5. С. 398—399.
- [5] *Позаченюк Е.А.* Введение в геоэкологическую экспертизу. Междисциплинарный подход, функциональные типы, объектные ориентации. Симферополь: Таврия, 1999.
- [6] *Позаченюк Е.А.* Ландшафтное разнообразие Крыма // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2015. Т. 1. № 4. С. 37—50.
- [7] *Позаченюк Е.А.* Экологическая экспертиза: природно-хозяйственные системы. Симферополь: Таврический экологический институт, 2003.
- [8] *Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий: монография / под ред. Е.А. Позаченюк.* Симферополь: Бизнес-Информ, 2009.
- [9] *Трансформация водного баланса в Крыму в XX веке — начале XXI века / под ред. В.А. Бокова.* Симферополь: ДОЛЯ, 2011.
- [10] *Экология Крыма / под ред. Н.В. Багрова, В.А. Бокова.* Симферополь: Крымское учебно-педагогическое издательство, 2003.
- [11] *Яковенко И.М., Дугаренко И.А.* Горный Крым: эволюция и география рекреационных функций. Симферополь: Ариал, 2014.
- [12] *Малеев В.П.* Растительность Южного Крыма // Труды Никитского ботанического сада. 1948. Т. 25. Вып. 1—2. С. 29—48.
- [13] *Fisher P.F., Comber A., Wadsworth R.* Land Use and Land Cover: Contradiction or Complement // Fisher P.F., Unwin D.J., editors. *In Re-presenting GIS.* London: John Wiley, 2005. P. 85—98.
- [14] *Геоинформационный портал ГИС-Ассоциации — геоматика.* Режим доступа: <http://www.gisa.ru/13078.html>. Дата обращения: 10.04.2016
- [15] *Круглов І.С., Божук Т.І.* Геоэкологічна інтерпретація рослинного покриву Українського Мармарошу за космічним зображенням ASTER VNIR // Вісник Геодезії та Картографії. 2004. № 3 (34). С. 48—52.
- [16] *Berberoglu S., Lloyd C.D., Atkinson P.M., Curran P. J.* The integration of spectral and textural information using neural networks for land cover mapping in the Mediterranean // *Computers & Geosciences.* 2000. Vol. 26, 4. P. 385—396.
- [17] *Blaschke T., Lang S., Lorup E., Strobl J., Zeil P.* Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications // *Environmental Information for Planning, Politics and the Public.* 2000, Vol. 2. P. 555—570.
- [18] *Steele B.M.* Combining multiple classifiers. An application using spatial and remotely sensed information for land cover type mapping // *Remote Sensing of Environment.* 2000. Vol. 74, 3. P. 545—556.

© Горбунова Т.Ю., Гапон С.В., Горбунов Р.В., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 19 октября 2016

Дата принятия к печати: 20 ноября 2016

Для цитирования:

Горбунова Т.Ю., Гапон С.В., Горбунов Р.В. Картографирование типов наземных покровов субсредиземноморских низкорослых ландшафтов средствами геоматики (на примере Юго-

Восточного Крыма)// *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017. Т. 25. № 1. С. 104—115.

Сведения об авторах:

Горбунова Татьяна Юрьевна, младший научный сотрудник ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского — природный заповедник РАН», аспирант кафедры физической географии, океанологии и ландшафтоведения Таврической академии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского». *Контактная информация:* e-mail: gorbunovatyu@gmail.com

Гапон Сергей Викторович, аспирант кафедры физической географии Львовского национального университета им. Ивана Франко. *Контактная информация:* e-mail: gapon1sv@gmail.com

Горбунов Роман Вячеславович, кандидат географических наук, исполняющий обязанности директора ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского — природный заповедник РАН». *Контактная информация:* e-mail: karadag_station@mail.ru

MAPPING OF LAND COVER TYPES OF SUB-MEDITERRANEAN LOWMOUNTAIN LANDSCAPES BY MEANS OF GEOMATICS (SOUTH-EASTERN CRIMEA AS EXAMPLE)

T.Yu. Gorbunova^{1,2}, S.V. Gapon³, R.V. Gorbunov¹

¹ T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station — Nature Reserve of the RAS
ul. Nauki, 24 village. Spa, Feodosiya, Crimea Republic, Russia, 298188

² Taurida Academy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University
pr. of Academician Vernadsky, Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 4295007

³ Ivan Franko National University of Lviv
Universitetskaya, 1, Lviv, Ukraine, 79000

The work is dedicated to mapping of land cover types of sub-mediterranean lowmountain landscape by means of geomatics. The territory of South-Eastern Crimea was chosen as an example, which is one of the key touristic and recreational center of the peninsula. A variety of natural and man-made environments determines the suitability of the territory as a model object for mapping land cover types of sub-mediterranean lowmountain landscape. In the work we used satellite images Landsat 8, space service Google Earth images, map of Crimean land use, and field data. All calculations were performed in the program ArcGIS 10.2. The land cover map of South-Eastern Crimea became the result of the modelling. The accuracy of this map is 80%, when using a rigid classification, and 90% when using a sliding classification.

Key words: land cover, mapping, sub-Mediterranean lowmountain landscapes, South-Eastern Crimea

REFERENCES

- [1] Bobra T.V., Lychak A.I. Karta sovremennykh landshaftov Kryma // *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*. 2010. Vol. 6. №. 1-2. P. 101–104. (In Russ).
- [2] Bokov V.A., Bobra T.V., Lychak A.I. Geoekologicheskaya situatsiya v Krymu // *Kul'tura narodov Prichernomor'ya*. 1998. № 3. P. 13–18. (In Russ).
- [3] Lychak A.I., Bobra T.V. Novye podkhody k geoekologicheskomu analizu i prognozu antropogennoi transformatsii landshaftov Kryma // *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. Series: Geography*. 2012. Vol. 25 (64). № 1. P. 146–154. (In Russ).
- [4] Lychak A.I. Nekotorye aspekty razrabotki metodiki otsenki geoekologicheskikh situatsii v Krymu na landshaftnoi osnove // *Kul'tura narodov Prichernomor'ya*. 1998. № 5. P. 398–399. (In Russ).
- [5] Pozachenyuk E.A. *Vvedenie v geoekologicheskuyu ekspertizu. Mezhdistsiplinarnyi podkhod, funktsional'nye tipy, ob"ektnye orientatsii*. Simferopol: Tavriya, 1999. (In Russ).
- [6] Pozachenyuk E.A. Landscape Diversity of Crimea // *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Series: Geography. Geology*. 2015. Vol 1. № 4. P. 37–50. (In Russ).
- [7] Pozachenyuk E.A. *Ekologicheskaya ekspertiza: prirodno-khozyaistvennye sistemy*. Simferopol: Tavricheskii ekologicheskii institut, 2003. (In Russ).
- [8] *Modern Landscapes of the Crimea and Adjacent Water Areas: Monograph* / E.A. Pozachenyuk, editor. Simferopol: Biznes-Inform, 2009. (In Russ).
- [9] *The Transformation of the Water Balance in the Crimea in the XX century — beginning of the XXI century* / V.A. Bokov, editor. Simferopol: DOLYA, 2011. (In Russ).
- [10] *Ekologiya Kryma* / Bagrov N.V., Bokov V.A., editors. Simferopol: Krymskoe uchebno-pedagogicheskoe izdatel'stvo, 2003. (In Russ).
- [11] Yakovenko I.M., Dugarenko I.A. *Gornyi Krym: evolyutsiya i geografiya rekreatsionnykh funktsii*. Simferopol: Arial, 2014. (In Russ).
- [12] Maleev V.P. Rastitel'nost' Yuzhnogo Kryma // *Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada*. 1948. Vol. 25. № 1–2. P. 29–48. (In Russ).
- [13] Fisher P.F., Comber A., Wadsworth R. *Land Use and Land Cover: Contradiction or Complement* // Fisher P.F., Unwin D.J., editors. In *Re-presenting GIS*. London: John Wiley, 2005. P. 85–98.
- [14] Geoinformatsionnyi portal GIS-Assotsiatsii — geomatika. Available from: <http://www.gisa.ru/13078.html>. Accessed: April 10, 2016. (In Russ).
- [15] Kruglov I.S., Bozhuk T.I. Geoekologichna interpretatsiya roslinnogo pokryvu Ukraïnskogo Marmaroshu za kosmichnim zobrazhennyam ASTER VNIR // *Visnik Geodezii ta Kartografii*. 2004. № 3 (34). P. 48–52. (In Ua).
- [16] Berberoglu S., Lloyd C.D., Atkinson P.M., Curran P. J. The integration of spectral and textural information using neural networks for land cover mapping in the Mediterranean // *Computers & Geosciences*. 2000. Vol. 26, 4. P. 385–396.
- [17] Blaschke T., Lang S., Lorup E., Strobl J., Zeil P. Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications // *Environmental Information for Planning, Politics and the Public*. 2000, Vol. 2. P. 555–570.
- [18] Steele B.M. Combining multiple classifiers. An application using spatial and remotely sensed information for land cover type mapping // *Remote Sensing of Environment*. 2000. Vol. 74, 3. P. 545–556.

Article history:

Received: 19 october 2016

Revised: 20 november 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Gorbunova T.Yu., Gapon S.V., Gorbunov R.V. (2017) Mapping of land cover types of sub-mediterranean low mountain landscapes by means of geomatics (South-Eastern Crimea as example). *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 104–115.

Bio Note:

Gorbunova T. Yu., Junior Researcher FGBUN «T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station — Nature Reserve of the RAS», PhD student, physical geography, oceanography and Landscape Department, Tauris Academy FGAOU IN, Vernadsky Crimean Federal University. *Contact information:* E-mail: gorbunovatyu@gmail.com

Gapon S. V., PhD student, Department of Physical Geography, Ivan Franko National University of Lviv. *Contact information:* E-mail: gapon1sv@gmail.com

Gorbunov R. V., PhD, Candidate of Geographical Sciences Alternate director, FGBUN «T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station — Nature Reserve of the RAS». *Contact information:* E-mail: karadag_station@mail.ru



УДК 502.5

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-116-123

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

С.А. Павлова

Российская Академия народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации
пр. Вернадского, 82, стр. 1, г. Москва, Россия, 119571

Высокая поглотительная способность водных растений делает их идеальными тестовыми объектами для количественного и качественного определения антропогенных химических нагрузок на водоем.

В моделировании радиоэкологических процессов большое значение имеют методы логического описания, которые используют при невозможности нахождения математически точных зависимостей. В случае радиоактивного загрязнения экосистемы, собрав необходимые для расчетов по модели данные, можно спрогнозировать ситуацию.

Ключевые слова: модель, биоиндикация, экосистема, компонента радиоэкологические исследования

Введение

«Лучшей моделью кошки будет другая кошка» [1]. Любая модель ограничена (по определению), так как отбрасываются незначительные детали и выделяется суть.

Моделирование радиоэкологических процессов — направление, которое активно развивается в настоящее время. Моделирование радиоэкологических процессов — это решение многомерных задач, каждая из которых преследует определенную цель и решает специфические задачи.

Анализ существующих моделей

Для описания перехода и миграции радионуклидов в экосистемах часто используют метод камерных моделей. В камерных моделях цепь перехода радионуклидов для простоты разделяют по камерам. В математических моделях взаимодействие между камерами задают с помощью коэффициентов. По способам взаимодействия между камерами модели разделяют на стационарные и динамические.

Стационарные камерные модели строят на основе постулата о наличии постоянного статистического равновесия в системе «Экосистема — организм — среда». Цикл исследований по моделированию распределения радионуклидов в трофических цепях экосистем на территории Украины после аварии на ЧАЭС был выполнен в лабораториях Георгиевского В.Б., в Национальном украинском

университете (г. Киев), Кутлахметовым Ю.А., в Институте атомной энергетики им. Курчатова (г. Москва) [2]. Используя стационарную камерную модель, вычисляют активность радионуклидов в камерах. По известным значениям коэффициентов перехода ($K_{п}$) радионуклидов между камерами или по известным количествам стабильного аналога радионуклида в определенной камере рассчитывают удельную активность радионуклида. Распределение активности радионуклидов в каждой из выделенных камер считают равномерным.

Модель, разработанная Кутлахметовым Ю.А., наглядно демонстрирует простоту расчетного метода. В двухкамерной модели рассматриваются две камеры: камера «Окружающая среда» (ОС) (вода, почва и т.д.) и камера «Биота» (наземные и водные растения, лес и т.д.) (рис. 1) [2]. Скорости перехода между камерами: a_{12} — скорость перехода из камеры ОС в камеру «Биота», a_{21} — скорость обратного перехода (оттока) из камеры «Биота» в камеру ОС. Размерность таких скоростей — доля радионуклидов ΔA от величины запаса радионуклидов в конкретной камере A , которая переходит из одной камеры в другую, за единицу времени Δt . Размерность $[a] = \Delta A/A \Delta t$. t — может измеряться часами, днями, месяцами, годами и т.п.

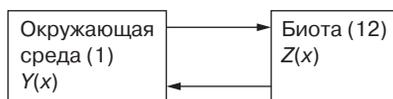


Рис. 1. Схематическое изображение двухкамерной модели (модельной экосистемы) [2]
(Schematic representation of the two chamber model (model ecosystems) [4])

Исходный запас радионуклидов в камере 1 — составляет Y_0 Бк (^{137}Cs). Расчет камерной модели можно вести с использованием математического продукта MAPLE 6. Расчетная модель представлена системой из двух обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\text{dif1} := \text{diff}(y(x), x) = a_{21} \cdot z(x) - a_{12} \cdot y(x);$$

$$\text{dif2} := \text{diff}(z(x), x) = a_{12} \cdot y(x) - a_{21} \cdot z(x).$$

Решение системы:

$$\text{dif1} := \frac{\partial}{\partial x} y(x) = a_{21}z(x) - a_{12}y(x)$$

$$\text{dif2} := \frac{\partial}{\partial x} z(x) = a_{12}y(x) - a_{21}z(x)$$

$$\text{inicond} := y(0) = Y_0, z(0) = 0$$

$$\text{sol} := \left\{ \begin{array}{l} y(x) = \frac{a_{21} Y_0}{a_{12} + a_{21}} + \frac{Y_0 a_{12} e^{-(a_{12} + a_{21})x}}{a_{12} + a_{21}}, \\ z(x) = \frac{-\frac{Y_0 a_{12} e^{-(a_{12} + a_{21})x} a_{21}}{a_{12} + a_{21}} + \frac{a_{12} a_{21} Y_0}{a_{12} + a_{21}}}{a_{21}} \end{array} \right\}.$$

Содержание радионуклидов в камере ОС и камере «Биота» составляет:

$$Y(x) = Y_0 / (a_{12} + a_{21}) \{ a_{21} + a_{12} \cdot \exp[-(a_{12} + a_{21}) \cdot x] \}$$

$$Z(x) = Y_0 \cdot a_{12} / (a_{12} + a_{21}) \{ 1 - \exp[-(a_{12} + a_{21}) \cdot x] \}.$$

Моделирование экологических процессов с помощью метода камерных моделей активно развивается в современной радиоэкологии. Расчеты в камерных моделях позволяют моделировать параметры радиоэкологической емкости и сделать детальный прогноз накопления и динамики радионуклидов в компонентах экосистем. В камерных моделях, в которых введен метод расчета параметров скорости перехода между камерами экосистемы, а не скорости перехода, рассчитанные на единицу веса или объема, позволяют получить общую оценку состояния потоков радионуклидов и спрогнозировать их динамику.

Модель «Накопление радионуклидов гидробионтами» иллюстрирует зависимость от времени. Рацион рыб различной массы рассчитывается так [3]:

энергия прироста + энергия обмена = усвоенная энергия рациона.

Динамика содержания радионуклида в биоте может быть рассчитана по формуле

$$\frac{dy}{dt} = -a(\tau)Y + \varphi(\tau)C_1(t),$$

где Y — удельная активность радионуклида в биоте (Бк/кг); t — время с момента загрязнения (год); τ — возраст организма биоты (гидробионта (год));

$$a(\tau) = \lambda_p + \gamma^* F(\tau) + \varepsilon_p - \varepsilon_m,$$

где λ_p — постоянная радиоактивного распада (1/год); γ — коэффициент, характеризующий усвоение пищи гидробионтом (для рыб: 0,6 — карп, 0,7 — судак); $F(\tau)$ — средний годовой рацион гидробионта, в долях среднегодовой биомассы (рыбы) (1/год); ε_p — скорость метаболических потерь радиоцезия (1/год); ε_m — скорость метаболических потерь биомассы (1/год).

$$\Phi(\tau) = \gamma * F(\tau) * q * CF(\tau),$$

где q — отношение концентраций стабильного аналога радионуклида в гидробионте и в его пище (карп = 1; судак = 1.2); $CF(\tau)$ — коэффициент накопления радионуклида в пище.

Если скорость метаболических потерь радиоцезия соответствует скорости основных метаболических потерь, тогда

$$\varepsilon_p = \varepsilon_m \text{ и } a(\tau) = \lambda_p + \gamma * F(\tau).$$

Начальные значения содержания радионуклидов в биоте выбираются нулевыми. Но величины коэффициентов накопления в гидробионтах зависят от возраста гидробионта (τ_0) в момент загрязнения:

$$\tau = t + \tau_0.$$

Из-за сложности проблем, возникающих в радиоэкологических и радиобиологических исследованиях, тип логико-информационных моделей наиболее ценен. Он позволяет не только охватить большой объем самых разнообразных данных, но и проанализировать их, построить логические цепочки, а затем определить приоритеты и отсеять ненужную информацию. Модели концептуальны, информативны, позволяют спрогнозировать ситуацию, что позволяет в кратчайшие сроки определить мероприятия по управлению ситуацией. Их целесообразно применять при изучении эффектов сочетанного воздействия.

Основные подходы логико-информационного моделирования были заложены работами академика В.И. Беляева и М.Ю. Худошиной [4]. Структурно-логические модели являются концептуально новым типом моделей, которые позволяют представить процесс или явление визуально. Этот тип моделей универсален, и в последнее время возрастает их использование в самых различных отраслях естествознания. Исследования процессов и систем в системной экологии на базе структурно-логических модельных схем позволяет описывать системы, состоящие из большого количества компонент, устанавливать прямые и обратные связи, определять причинно-следственные связи и выявлять эффекты при смещении балансового равновесия между взаимосвязанными компонентами. На базе модельных схем исследования возможна разработка имитационных действующих моделей.

Наиболее простой пример построения графа логико-информационной модели можно рассмотреть на основе воспроизводства поголовья овец, которых в эксперименте облучали различными дозами путем кормовой затравки Йода-131 (рис. 2). Графическая модель наглядно демонстрирует, сколько потомков получено от облученных в эксперименте в разных дозах овец [5; 6].

Модели пространственного агрегирования компонент экосистемы учитывают динамические процессы в среде (например, учет гидродинамических процессов в водоеме). Высшие водные растения являются неотъемлемой средообразующей компонентой водных экосистем. Они относятся к автотрофным организмам, создают первичную пищевую продукцию в результате своей фотосинтетической деятельности, обуславливают структуру биотического сообщества водоема. Гидро-

фиты, занимающие значительные площади в озерах, создают огромное количество биомассы, которая при распаде играет ведущую роль в образовании сапропеля и других донных отложений. Накопленные гидрофитами радионуклиды загрязняют водоем при их отмирании и являются источниками вторичного радионуклидного загрязнения.

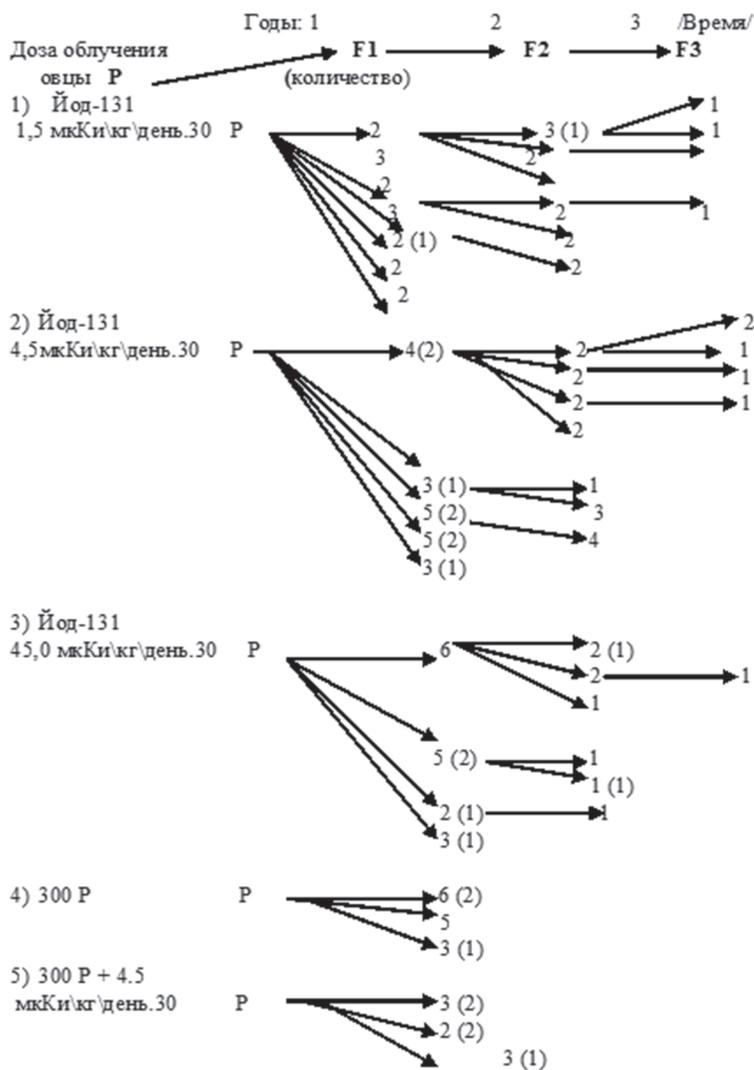


Рис. 2. Структурная схема исследования воспроизводительной способности овец, подвергнутых воздействию различных доз облучения
(Structural scheme of the study reproductive ability of sheep subjected to different doses of irradiation)

В последние годы появилось много публикаций о сооружениях и устройствах, в основу которых положено использование очистных свойств сообществ гидрофитов. Тростник, камыш, рогоз и некоторые другие виды водных растений используются для очистки и доочистки вод животноводческих комплексов на специализированных мелиоративных системах и биоинженерных сооружениях, а также на прудах-отстойниках.

Расчет основных параметров для макрофитов [7]:

$$v^1 \frac{\delta i_1^2}{\delta x^1} + v^2 \frac{\delta i^3}{\delta x^2} + v^3 \frac{\delta i_2^5}{\delta x^3} = A^1 \frac{\delta i_i}{\delta x_1^1} + A^2 \frac{\delta i^3}{\delta x_2^2} + \frac{\delta i_i}{\delta x^3} A^3(x^3) \frac{\delta^2 i_2^2}{\delta x^3} + F^{*i}(i^1, \dots, i^7, \dots),$$

где i_i — неконсервативная переменная; v_1, v_2, v_3 — составляющие вектора скорости течения по осям x_1, x_2, x_3 ; $A_1, A_2, A_3(x_3)$ — коэффициенты горизонтальной и вертикальной турбулентной диффузии; F^{*i} — неконсервативный член, который может иметь более широкий смысл, т.е.:

$$F^{*i}(x_1, x_2, t) = i_2(x_1, x_2, t) a_{22},$$

где i_2 — функция распределения плотности, т.е. распределение биомассы макрофитов на единицу площади во всем объеме воды.

Для макрофитов удельная скорость роста биомассы будет определяться согласно уравнению

$$\Pi_{2i} = \frac{\Pi_{jM} i_i(x_1, x_2, t)}{\Pi_{jM} + i_j(x_1, x_2, t)}; \quad j = 0; 4; 5,$$

где $i_0 = L_1, \Pi_{0M}, \Pi_{5M}, \Pi_{4M}, i_{0M}, i_{4M}, i_{5M}$ — константы.

Для приближения модельных расчетных уравнений общей концентрации биомассы макрофитов к процессам, реально влияющим на величину накопления (концентрацию) загрязняющих веществ в биомассе, необходимо ввести в уравнение ряд коэффициентов, которые могли бы конкретизировать и охарактеризовать эффекты воздействия различных факторов на сообщество макрофитов. С учетом этих коэффициентов по модельному уравнению можно оценить негативные воздействия, выявить динамику развития сообщества макрофитов. Уравнение для оценки биомассы водорослей-макрофитов, находящихся под воздействием ряда факторов:

$$a = \Pi_2 - E_{23}^1(t) - E_2^2(t) - (d_{22}(t) - d_{12}(t)E_2^3 - E_2^4(t) - E_2^5(t)),$$

где $\Pi_2 = \min(\Pi_{21}, \Pi_{24}, \Pi_{26})$.

Коэффициенты: E_2^1 — отмирание (или токсичность среды, вещества — LD; LD50); E_2^2 — хищники; E_2^3 — активность ферментов метаболических циклов синтеза субстрат-продукт или катаболизма, или альтернативного губительного синтеза; E_2^4 — угнетение роста и развития по ряду причин, в том числе и при действии биогенных факторов с динамикой (–); ρ_1 — концентрация субстрата, динамика (+); ρ_2 — концентрация субстрата альтернативного губительного метаболита, динамика (–); ρ_3 — концентрация токсического вещества; E_2^5 — антропогенное влияние. В этой формуле учтены негативные воздействия факторов, которые могут привести к возникновению губительных мутаций, морфо-структурным нарушениям экосистемы для расчета концентрации биомассы макрофитов по видам для каких-либо биоценозов, районов и т.п.

Способность высших водных растений накапливать вещества в концентрациях, превышающих фоновые значения, зафиксированные в окружающей среде, обусловила их использование в системе мониторинга и контроля за состоянием водной среды. Гидрофиты характеризуются видоспецифичными различиями по концентрации поглощенных химических элементов. Проявляются эти различия даже на уровне органов и частей одного и того же растения, они зависят и от времени года, фазы развития растения, продолжительности его вегетации и т. п. Высокая поглотительная способность водных растений делает их идеальными тестовыми объектами для количественного и качественного определения антропогенных химических нагрузок на водоем, происходящих во время всего вегетационного цикла.

Заключение

Моделирование — это один из важнейших методов научного познания, с помощью которого создается модель (условный образ) объекта исследования. В моделировании радиоэкологических процессов большое значение имеют методы логического описания, которые приходят на помощь тогда, когда невозможно найти математически точные зависимости. Модели пространственного агрегирования компонент системы учитывают пространственную координату. В настоящее время существует достаточно математических методов, которые позволяют проводить моделирование и поучать прогнозные оценки радиоэкологической ситуации, но развитие методологии моделирования актуально.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Ивахненко А.Г.* Непрерывность и дискретность. Киев: Наукова думка, 1990.
- [2] *Кутлахмедов Ю.А.* Дорога к теоретической радиоэкологии. К.: Фитосоциумцентр, 2015 г.
- [3] *Винберг Г.Г., Анисимов С.И.* Математическая модель водной экосистемы. Фотосинтезируемые системы высокой продуктивности. М.: Наука, 1966.
- [4] *Беляев В.И., Худошина М.Ю.* Основы логико-информационного моделирования сложных геосистем. Киев: Наукова думка, 1989.
- [5] *Павлова С.А.* Модельные схемы радиоэкологической ситуации в животноводстве, определенные по логико-информационной методике в хозяйствах Гомельской области после аварии на Чернобыльской АЭС: автореф. дисс. канд. ... наук. Казань: ВНИВИ, 1997.
- [6] *Павлова С.А.* Фактор радиации — радиобиологические, радиоэкологические эффекты. Симферополь: КГМУ, 2000.
- [7] *Павлова С.А.* Антропогенные загрязнения морской среды. Симферополь, 2002.

© Павлова С.А., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 8 ноября 2016

Дата принятия к печати: 20 ноября 2016

Для цитирования:

Павлова С.А. Моделирование радиоэкологических процессов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. Т. 25. № 1. С. 116–123.

Сведения об авторе:

Павлова Светлана Анатольевна, доктор биологических наук, профессор кафедры управления природопользованием и охраны окружающей среды Российской Академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Москва. Контактная информация: e-mail: s_pavlova@mail.ru

MODELLING OF RADIO ECOLOGICAL PROCESSES

S.A. Pavlova

The Russian Academy of National Economy and Public service
at the President of the Russian Federation
pr. Vernadskogo, 82/5, Moscow, Russia, 119571

High absorption ability of water plants makes them ideal test objects for quantitative and qualitative determination of anthropogenic chemical loads to the pond.

In modelling the radioecological processes of great importance are the methods of logical descriptions, which use, if you cannot find a mathematically precise dependencies. In the case of radioactive contamination of ecosystems, gathering necessary for the calculation of the model data to predict the situation.

Key words: model, bioindication, ecosystem, component of radioecological research

REFERENCES

- [1] Ivahnenko A.G. *The continuity and step-type behaviour*. Kiev: Naykova dymka; 1990. (In Russ)
- [2] Kytlatmetov J.A. *The theoretical radio ecology*. Kiev: Fitocosiocenter; 2015. (In Russ)
- [3] Vinberg G.G., Anisimov S.I. *Mathematical model of a water ecosystem. Photosynthesized systems of high efficiency*. M.: the Science; 1966. (In Russ)
- [4] Beljaev V.I., Hudoshina M.U. *Bases of logic-information modelling of difficult geosystems*. Kiev: Naykova dymka; 1989. (In Russ)
- [5] Pavlova S.A. Modelling schemes of a radio ecological situation in the animal industries, defined by a logic-information technique in economy of the Gomel area after failure on the Chernobyl atomic power station. The master's thesis author's abstract. Kazan, VNIVI; 1997. (In Russ)
- [6] Pavlova S.A. *The factor of radiation — radio biological, radio ecological effects*. Simferopol: Publishing center KGMU; 2000. (In Russ)
- [7] Pavlova S.A. *The anthropogenous of pollution of the sea environment. The St.-Petersburg un y trade unions*. The Sevastopol branch. 2002.

Article history:

Received: 8 November 2016

Revised: 20 November 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Pavlova S.A. (2017) Modelling of radio ecological processes. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 116–123.

Bio Note:

Pavlova S.A., PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Natural Resources and Protection of the Environment management of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation. Contact information: e-mail: s_pavlova@mail.ru



УДК 614.8.02

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-124-131

РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА ГИБЕЛИ ЛЮДЕЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. Гармышев

Иркутский национальный исследовательский технический университет
ул. Лермонтова, 83, Иркутск, Россия, 664074

Объектом исследования являются чрезвычайные ситуации, связанные с пожарами на региональном уровне. В работе, используя методы анализа социальной и математической статистик, автор представляет основные относительные показатели последствий: по количеству пожаров, гибели людей за 1974—2015 гг. в Иркутской области. На основании существующих методик, а также с учетом количества погибших на пожарах людей и численности населения в регионе дана оценка индивидуального пожарного риска в Иркутской области. Результаты выполненных исследований и расчетов показали, что индивидуальный пожарный риск в долгосрочном анализе в регионе ни разу не снижался до нормативного. На основании исследований и расчетов установлено, что уровень безопасности людей, проживающих на территории Иркутской области, не соответствует требованиям пожарной безопасности.

Ключевые слова: Иркутская область, количество пожаров, гибель людей, индивидуальный пожарный риск

Введение

Ускорение темпов и расширение масштабов производственной деятельности, урбанизация в современных условиях неразрывно связаны с использованием энергонасыщенных технологий и опасных веществ. В результате возрастает потенциальная угроза для здоровья и жизни людей, окружающей среды, материальной базы производства. Постоянно растет число техногенных аварий и катастроф, среди которых пожары занимают лидирующие позиции [1].

К середине XXI в. может оказаться, что в совокупности пожары будут нивелировать усилия по развитию экономики. В России ежегодно в среднем происходит 160 тыс. пожаров с ущербом более 13 млрд руб. На пожарах погибает около 11 тыс. и травмируется свыше 12 тыс. человек. Пожарами уничтожается и повреждается более 127 тыс. строений, общей площадью более 6,5 млн м² [1—5]. Пожары в настоящее время оказывают отрицательное воздействие на экономику, угрожают жизни и здоровью все большего числа людей.

Анализ работ [1—5] позволил сделать вывод, что в настоящее время в Российской Федерации наблюдается самый высокий в мире уровень риска гибели людей на пожарах. За последние десять лет (2006—2015 гг.) он в среднем составил $94,8 \cdot 10^{-6}$ 1/чел. год. Гибель людей на пожарах в России по абсолютному значе-

нию на один миллион человек и одну тысячу пожаров уже давно обогнала все развитые страны мира [6].

Исследования показали, что Иркутская область в последние годы (2010—2015 гг.) имеет устойчивые и самые высокие социально-экономические показатели последствий пожаров среди 12 субъектов Сибирского федерального округа (СФО). Так, на Иркутскую область ежегодно в среднем приходилось 17,2% пожаров от общего их количества в округе, 20,1% материального ущерба и 17,4% гибели людей [7; 8]. Установлено [9; 10], что на территории области ежегодно в среднем возникает более 4 тыс. пожаров. Ежегодный материальный ущерб составляет около 300 млн руб. В огне пожаров погибает более 300 и травмируется около 250 человек.

Статистика ужасает: за последние 10 лет (2006—2015 гг.) в регионе произошло столько пожаров с последствиями, сколько их было за два десятилетия прошлого века (1980—1990) в Иркутской области, Забайкальском крае и Республике Бурятия вместе взятых [1—5; 7—10].

В России в 2008 г. принят Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [11], который требует внедрения в отечественную практику научно обоснованных методик количественной оценки пожарного риска, позволяющих установить соответствие реально существующего риска законодательно установленному предельному значению.

Целью работы является ретроспективная оценка индивидуального пожарного риска гибели людей на территории Иркутской области. Без подобных исследований невозможно решить проблему повышения уровня пожарной безопасности субъектов РФ [12].

Объект исследования

Иркутская область — один из крупнейших и богатых природными ресурсами регионов России, образована 26 сентября 1937 г. Общая площадь Иркутской области 774 846 км², что составляет 15,0% территории СФО и 4,53% всей территории РФ [10]. На современной карте Иркутской области 33 административных района, 22 города (в том числе 14 городов областного подчинения), 55 поселков городского типа, 365 сельских администраций. Численность населения Иркутской области за период с 1974 по 2015 гг. приведена в табл. 1.

Таблица 1

**Численность населения в Иркутской области за 1974—2015 гг.
(The population in the Irkutsk region from 1974 to 2015)**

Год	Число жителей, тыс. человек	Год	Число жителей, тыс. человек	Год	Число жителей, тыс. человек
1974	2 378,9	1988	2 843,2	2002	2 581,7
1975	2 393,4	1989	2 830,6	2003	2 577,7
1976	2 472,3	1990	2 794,8	2004	2 560,8
1977	2 487,7	1991	2 797,0	2005	2 545,3
1978	2 524,9	1992	2 793,8	2006	2 526,9
1979	2 559,5	1993	2 784,1	2007	2 513,8
1980	2 623,2	1994	2 764,2	2008	2 507,6
1981	2 639,8	1995	2 748,1	2009	2 505,5

Окончание табл. 1

Год	Число жителей, тыс. человек	Год	Число жителей, тыс. человек	Год	Число жителей, тыс. человек
1982	2 687,4	1996	2 727,3	2010	2 428,7
1983	2 712,3	1997	2 708,1	2011	2 427,9
1984	2 741,7	1998	2 686,2	2012	2 424,3
1985	2 787,2	1999	2 667,8	2013	2 422,1
1986	2 826,1	2000	2 644,1	2014	2 418,3
1987	2 867,5	2001	2 623,1	2015	2 414,9

На общем фоне России Иркутская область является регионом, насыщенным крупными промышленными предприятиями химической, нефтехимической, пищевой, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, энергетики, машиностроения и металлургии, при этом 34 предприятия и организации относятся к особо важным для национальной безопасности страны. В настоящее время на территории области расположено большое количество разнообразных объектов техносферы. В представленной работе они объединены в четыре группы с учетом специфики их пожарной опасности, а именно [10]:

— жилые здания — 292,3 тыс. объектов (муниципальные, частные дома, юрты, общежития, садово-дачные строения, мобильные жилые здания);

— общественные здания — 97,3 тыс. объектов (торговые, объекты образования, детские, культурно-зрелищные, лечебно-профилактические, административные учреждения);

— производственные, складские здания и сооружения — 46,6 тыс. объектов (предприятия транспорта, заводы, фабрики, объекты жизнеобеспечения, автозаправочные станции, мельницы, элеваторы, склады твердых горючих материалов, ЛВЖ, ГЖ, горючих газов);

— другие объекты — 3,1 тыс. объектов (культурные, новостроящиеся и реконструируемые здания, сельскохозяйственные, животноводческие, собаководческие, звероводческие объекты, склады овощей, фруктов, объекты тепличного хозяйства).

Важно отметить, что именно данные объекты пожаровзрывоопасны: на их долю приходится около 95,5 % всех чрезвычайных ситуаций в регионе, в том числе пожаров [2–5,9].

Анализ количества пожаров и гибели людей

Один из наиболее значимых индикаторов состояния пожарной безопасности — обстановка с пожарами [1]. В конечном счете только на ее основе и можно судить о соответствии состояния пожарной безопасности интересам личности, общества и государства.

Обстановка с пожарами отличается значительной сложностью, а ее результаты подчас носят многоаспектный и часто противоречивый характер. Вместе с этим такая оценка должна прежде всего давать представление о степени общественной опасности пожаров. Нами проанализированы статистические данные по количеству пожаров и гибели людей в Иркутской области за период с 1974 по 2015 гг. (табл. 2) [2–5; 7–10].

Таблица 2

**Анализ количества пожаров, гибели людей в Иркутской области за 1974—2015 гг.
(Analysis of the number of fires, deaths in the Irkutsk region over from 1974 to 2015)**

Год	Количество пожаров, ед.	Число погибших, человек	Год	Количество пожаров, ед.	Число погибших, человек
1974	1 336	70	1995	5 952	296
1975	1 173	68	1996	6 381	311
1976	1 253	74	1997	5 921	281
1977	1 109	79	1998	5 408	281
1978	1 062	82	1999	5 953	341
1979	1 045	99	2000	5 781	403
1980	1 011	117	2001	5 941	389
1981	1 003	104	2002	6 318	365
1982	998	103	2003	5 920	431
1983	1 110	140	2004	5 683	429
1984	2 229	186	2005	5 380	423
1985	3 420	178	2006	4 987	378
1986	4 615	139	2007	4 828	331
1987	4 741	116	2008	4 246	332
1988	1 857	99	2009	4 068	314
1989	2 311	143	2010	3 898	311
1990	6 361	157	2011	3 730	264
1991	5 768	157	2012	3 570	260
1992	6 507	235	2013	3 352	245
1993	7 180	286	2014	3 344	236
1994	6 248	289	2015	3 171	212

При сравнении наименьших и наибольших показателей по количеству пожаров, гибели людей за указанный временной период установлено, что количество пожаров в Иркутской области увеличилось почти в 6,4 раза (с 1003 в 1981 г. до 6381 в 1996 г.), а число погибших людей увеличилось на 6,3 раза (с 68 человек в 1975 г. до 429 человек в 2004 г.). Анализ данных табл. 2 позволяет сделать вывод, что в Иркутской области на каждые 10 тыс. жителей приходилось около 18 пожаров, на каждых 100 пожарах погибало более 7 человек, а на каждые 100 тыс. жителей региона приходилось до 14 человек погибших.

Таким образом, несмотря на снижение количества пожаров в 1,8 раза и гибели людей в 2 раза за последние 13 лет (2003—2015 гг.), состояние пожарной безопасности в Иркутской области остается напряженным.

Результаты исследования и их обсуждение

Многообразие возможных ситуаций, связанных с деятельностью в техносфере, предполагает возникновение одной из составляющей чрезвычайных ситуаций — пожарного риска [13]. Пожарный риск — мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей [11]. Под объектом защиты можно понимать не только здание, соору-

жение, но и регион [6]. В настоящее время в России все больше внимания уделяется оценке пожарных рисков на основе всестороннего исследования последствий пожаров [6; 10–13].

Одной из наиболее часто употребляемых характеристик опасности пожаров является индивидуальный пожарный риск, который характеризует вероятность гибели человека в результате воздействия на него опасных факторов пожара, таких как пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму [11].

В соответствии со ст. 79 Технического регламента «О требованиях пожарной безопасности» [11], а также ГОСТ 12.1.004-91* [14] нормативное значение индивидуального пожарного риска регламентируется на уровне не выше 10^{-6} в год. Это значит, что в течение года от воздействия опасных факторов пожара в стране может погибнуть не более одного человека на миллион жителей, тогда как в действительности этот показатель значительно выше [1–6].

Динамика фактического индивидуального пожарного риска в Иркутской области за период с 1974 по 2015 гг. с учетом статистических данных (см. табл. 1, 2) представлена на рисунке.

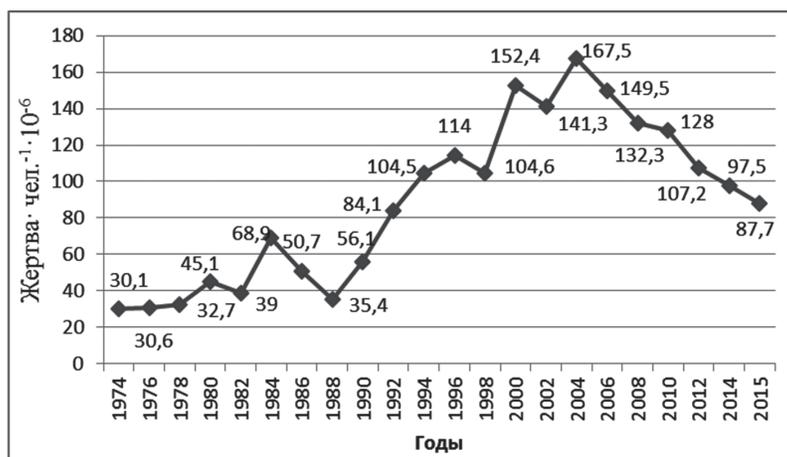


Рис. Динамика фактического индивидуального пожарного риска в Иркутской области за 1974–2015 гг.

(The dynamics of the actual individual fire risk in the Irkutsk region from 1974 to 2015)

Расчетные значения, представленные на рисунке, позволяют сделать вывод, что с 1974 по 2004 г. в Иркутской области наблюдался рост индивидуального пожарного риска, а 2004 г. являлся самым рискованным по гибели людей.

Важно отметить, что нормативное значение индивидуального пожарного риска 10^{-6} впервые в нашей стране было зафиксировано в ГОСТ 12.1.004-76 «Пожарная безопасность. Общие требования» [15], а в последующем это значение указано в ГОСТ 12.1.004-91* [14]; ни до 1976 г., ни после индивидуальный пожарный риск, наблюдавшийся в Иркутской области, не снижился до указанного нормативного значения.

Выводы

Полученные расчетные значения фактического индивидуального пожарного риска показали, что уровень противопожарной защиты объектов, расположенных на территории области, не соответствует требованиям безопасности [1; 14].

Установлено, что фактическое значение индивидуального пожарного риска в Иркутской области чрезвычайно высокое, вместе с тем ГОСТ 12.1.004-91* [14] и Технический регламент [11] устанавливают нормативное значение индивидуального пожарного риска на уровне, который намного ниже наблюдаемого за 42 года.

В настоящее время назрела необходимость в проведении исследований по оценке фактического индивидуального пожарного риска во всех субъектах РФ. В последующем можно говорить о возможной корректировке нормативного значения индивидуального пожарного риска гибели людей в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Брушлинский Н.Н., Соколов С.В.* Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности в России: монография М.: Академия ГПС МЧС России, 2014.
- [2] *Лупанов С.А., Зуева Н.А.* Обстановка с пожарами в Российской Федерации в 2012 г. // Пожарная безопасность. 2013. № 1. С. 125—142.
- [3] Анализ обстановки с пожарами и последствиями от них на территории Российской Федерации за 2013 г. М.: Департамент надзорной деятельности МЧС России, 2014.
- [4] *Лупанов С.А., Зуева Н.А.* Обстановка с пожарами в Российской Федерации в 2014 году // Пожарная безопасность. 2015. № 1. С. 130—149.
- [5] *Лупанов С.А., Зуева Н.А.* Обстановка с пожарами в Российской Федерации в 2015 году // Пожарная безопасность. 2016. № 1. С. 174—193.
- [6] *Зимонин А.А., Фирсов А.В., Бутенко В.М.* Допустимый (приемлемый) индивидуальный пожарный риск — зарубежный и отечественный опыт // Технология техносферной безопасности: элект. науч. журн... 2014. Вып. 5 (57). URL: <http://www.ipb.mos.ru/ttb/> (дата обращения 15.08.2016).
- [7] Анализ деятельности органов надзора в Сибирском федеральном округе за 2010 год. Красноярск: Сибирский региональный центр МЧС России, 2011.
- [8] Анализ деятельности органов надзора в Сибирском федеральном округе за 2015 год. Красноярск: Сибирский региональный центр МЧС России, 2016.
- [9] Анализ оперативно-служебной деятельности государственного пожарного надзора Иркутской области за 2015 год. Иркутск: ГУ МЧС России по Иркутской области, 2016.
- [10] *Гармышев В.В., Тимофеева С.С.* Оценка пожарных рисков в муниципальных образованиях Иркутской области // Вестник ИрГТУ. 2013. № 6 (77). С. 50—55.
- [11] Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 2008. № 30. Ч. 1 С. 3579.
- [12] *Брушлинский Н.Н., Глуховенко Ю.М., Клепко Е.А.* Управление пожарной безопасностью субъектов Российской Федерации на основе анализа пожарных рисков // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2010. № 3. С. 104—114.
- [13] *Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Клепко Е.А.* Основы теории пожарных рисков и ее приложения М.: Академия ГПС МЧС России, 2012.
- [14] ГОСТ 12.1.004—91*. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Стандарт, 1992.
- [15] ГОСТ 12.1.004—76. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Госкомстандартов СМ СССР, 1976 г.

© Гармышев В.В., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 30 октября 2016

Дата принятия к печати: 20 ноября 2016

Для цитирования:

Гармышев В.В. Ретроспективная оценка индивидуального риска гибели людей в результате пожаров на территории Иркутской области // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2017. Т. 25. № 1. С. 124—131.

Сведения об авторе:

Гармышев Владимир Викторович, кандидат технических наук, докторант Иркутского национального исследовательского технического университета. *Контактная информация:*
e-mail: diamant1959@mail.ru

RETROSPECTIVE ASSESSMENT OF INDIVIDUAL RISK OF DEATH OF PEOPLE IN FIRES IN THE IRKUTSK REGION

V.V. Garmyshev

Irkutsk National Research Technical University
Lermontov str., 83, Irkutsk, Russia, 664074

The object of the study are emergencies related to fires at the regional level. In the work, using methods of analysis social and mathematical statistics, presents the main relative indicators of the impacts: the number of fires, deaths from 1974 to 2015 in the Irkutsk region. On the basis of existing methodologies, and taking into account the number of deaths on the fires of the people and population in the region, the estimation of individual fire risk in the Irkutsk region. The results of investigations and calculations showed that the individual risk in the long-term analysis, and never in the region is not reduced to normative. Based on the studies and calculations, established that the level of security of people living in the territory of the Irkutsk region, does not meet the requirements of fire safety.

Key words: Irkutsk region, the number of fires, deaths, individual fire risk

REFERENCES

- [1] Brushlinsky N.N., Sokolov S.V. *Modern problems of maintenance of fire security in Russia:* Monograph M.: Academy of state fire service of EMERCOM of Russia, 2014. (In Russ)
- [2] Lupanov S.A., Zueva N.A. The situation with fires in Russia in 2012. *Fire safety.* 2013. 1. 125—142. (In Russ)
- [3] Analysis of the situation with fires and consequences from them in the territory of the Russian Federation for 2013. M.: the Department of Supervisory activities of EMERCOM of Russia, 2014. (In Russ)
- [4] Lupanov S.A., Zueva N.A. The situation with fires in the Russian Federation in 2014. *Fire safety.* 2015. 1. 130—149. (In Russ)
- [5] Lupanov S.A., Zueva N.A. The situation with fires in the Russian Federation in 2015. *Fire safety.* 2016. 1. 174—193. (In Russ)

- [6] Zimonin A.A., Firsov V.A., Butenko V.M. Valid individual fire risk — foreign and domestic experience. *Technology of technosphere safety: electr. scientific. journal...* 2014. № 5 (57). URL: <http://www.ipb.mos.ru/ttb/> (accessed 15.08.2016). (In Russ)
- [7] Analysis of the activities of the oversight bodies in the Siberian Federal district in 2010. Krasnoyarsk: Siberian regional center of EMERCOM of Russia, 2011. (In Russ)
- [8] Analysis of the activities of the oversight bodies in the Siberian Federal district in 2015. Krasnoyarsk: Siberian regional center of EMERCOM of Russia, 2016.
- [9] Analysis of operational activities of the state fire supervision of the Irkutsk region in 2015. Irkutsk: GU MCHS of Russia in Irkutsk region, 2016.
- [10] Garmyshev V.V., Timofeev S.S. Assessment of fire risks in municipalities of Irkutsk region. *Vestnik Irgtu*. 2013. №. 6 (77). 50—55. (In Russ)
- [11] Technical regulations about requirements of fire safety: Feder. the law of the Russian Federation of 22 July 2008. No. 123-FZ // collected legislation of the Russian Federation. 2008. 30. (1), 3579.
- [12] Brushlinsky NN., Glucovance JM., Klepko EA. Control zharna security of constituent entities of the Russian Federation on the basis of fire risk analysis. *Security Problems and emergencies*. 2010. 3. 104—114. (In Russ)
- [13] Brushlinsky NN., Sokolov SV., Klepko EA. *Bases of the theory in garnich risk and its application* M.: Academy of state fire service of EMERCOM of Russia, 2012. (In Russ)
- [14] GOST 12.1.004 — 91*. Fire safety. General requirements. M.: Standard, 1992.
- [15] ГОСТ 12.1.004—76. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Госкомстандартов СМ СССР, 1976 г.

Article history:

Received: 30 October 2016

Revised: 20 November 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Garmyshev V.V. (2017) Retrospective assessment of individual risk of death of people in fires in the Irkutsk region. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 124—131.

Bio Note:

Garmyshev V.V., Ph.D., doctoral student«Irkutsk National Research Technical University». *Contact information*: e-mail: diamant1959@mail.ru



УДК 614.843

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-132-144

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА НЕФТЕБАЗАХ

Т.А. Будыкина¹, К.Ю. Будыкина²

¹ Курский государственный университет
ул. Радищева, 33, Курск Россия, 305004

² Московский государственный институт международных отношений
пр. Вернадского, 76, Москва, Россия, 119454

В данной статье анализируются причины сложного тушения пожаров на нефтебазах и рассматриваются современные технологии и средства тушения горящих нефтепродуктов — технологии подслоного пожаротушения, газопорошкового пожаротушения ViZone, установки комбинированного тушения пожаров «Пурга», устройства для самотушения горючих жидкостей УСП-01Ф, огнетушащее вещество «Шторм», теплозащитные экраны «Согда» для защиты пожарных от теплового излучения и др. Приводятся рекомендации по применению прогрессивных технологий пожаротушения на нефтебазе.

Ключевые слова: нефтебазы, резервуары вертикальные стальные, пожарные резервуары, эластичные резервуары, тушение пожаров, подслоное пожаротушение, пенообразователи, теплозащитные экраны, огнетушащие вещества, газопорошковое пожаротушение, устройство для самотушения горючих жидкостей при разливах

Актуальность

Пожары на нефтебазах трудно тушатся, носят затяжной характер, требуют привлечения большого количества сил и средств для их ликвидации, характеризуются сложными процессами развития, сопровождаются распространяющимися на большие расстояния сильными тепловыми потоками, осложняющими работу пожарных, приводят к значительному материальному ущербу.

Пожары в резервуарных парках по хранению нефти могут возникать и развиваться в одном резервуаре без влияния и с влиянием на соседние резервуары с последующим разрушением горящей и соседних емкостей, а также с распространением пожара за пределы резервуарного парка. Такие пожары могут развиваться до масштабных техногенных экологических катастроф. Одним из масштабных трагических событий можно считать пожар на нефтебазе под Киевом в 2015 г., где хранилось 15 тыс. т горючего, в результате которого погибли 6 и ранено 15 человек, все 17 резервуаров были разрушены, выгорело $\frac{2}{3}$ хранимого топлива. В ликвидации пожара были задействованы более 300 человек, 60 единиц техники, пять пожарных поездов и пожарные танки [1].

Особенности тушения пожаров на нефтехранилищах

Сложность тушения пожаров обусловлена целым рядом причин:

— высокой пожароопасностью нефтепродуктов (скорость распространения пламени по поверхности зеркала бензина при обычных условиях составляет величину от 10 до 15 м/с);

— значительными размерами поверхности горения и высокой задымленностью;

— близким расположением резервуаров и вследствие этого передачей тепла от горящего резервуара к соседнему с последующим его возгоранием, а также сложностью подъезда и оптимального размещения техники, так как для ее маневров и расстановки в наиболее выгодном месте для подачи огнетушащих веществ (ОТВ) необходимо большое пространство;

— хранением нефти в резервуарах вертикальных стальных (РВС) высотой от 6 до 18 м (объемом от 100 м³ до 120 000 м³), требующих привлечения для тушения пожаров специальной техники — автомобильных пеноподъемников (например, автоподъемников коленчатых пожарных (АКП-30) или пожарных автолестниц) для работы на высоте, что усугубляет опасность выполнения поставленной задачи для работников пожарной охраны;

— трудностью охлаждения большого объема горючей жидкости в резервуаре ниже температуры вспышки вследствие длительности процесса;

— развитием в окружающее пространство от горящих емкостей мощного теплового излучения (порядка 1000 °С), пламени высотой 1-2 диаметра горящего резервуара и ограничения доступа пожарных к резервуарам из-за отсутствия средств защиты, способных выдержать указанную температуру в течение определенного времени выполнения боевой задачи (теплоотражающие костюмы ТОК-200 для пожарных устойчивы к воздействию температуры окружающей среды 200 °С не менее 600 с [2]);

— угрозой взрыва, подрыва крыши с последующим горением на всей поверхности ЛВЖ и переходом огня на соседние резервуары, вскипанием, выбросами и переливом вспенившейся массы через борт резервуара, разрушением резервуара со стремительным высвобождением нагретой жидкости в окружающее пространство, что чрезвычайно опасно для жизни людей.

Организация тушения нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках основана на оценке возможных вариантов возникновения и развития пожара, на использовании больших объемов воды и пены для защиты и охлаждения горящего и соседних резервуаров, привлечении большого количества личного состава и единиц техники.

Анализ технологии тушения пожаров

В последнее десятилетие наблюдается интенсивное развитие новых отечественных технологий и средств тушения пожаров на нефтебазах. Прогрессивными технологиями и средствами тушения пожаров на нефтебазах являются технологии подслоного пожаротушения, современных огнетушащих веществ (ОТВ), установок комбинированного тушения пожаров «Пурга», установок и технологии

объемного газопорошкового пожаротушения ViZone, устройства для самотушения горючих жидкостей УСП-01Ф, мягких резервуаров для перекачивания жидкости «Политехника», теплозащитных экранов «Согда» для защиты пожарных от теплового излучения и др.

Система подслоного пожаротушения представляет собой внутреннюю «обвязку» резервуара трубопроводами, по которым в случае возникновения пожара по сигналу датчика происходит подача ОТВ на поверхность или в слой горючей жидкости, локализуя горение на самом начальном этапе развития. Основным средством тушения пожаров в резервуарах является пена средней и низкой кратности концентрации 3 или 6%, вырабатываемая высоконапорным пеногенератором пожарной машины.

При традиционном способе тушения пожаров в РВС (надслоное пожаротушение) пену средней кратности подают сверху на «зеркало» горючей жидкости. При подслоном способе тушения пожара низкократную пленкообразующую пену подают по напорным трубопроводам в нижний пояс резервуара с последующим распределением по всему объему резервуара и выходом пены на поверхность, где образуется устойчивый, огнестойкий и непроницаемый для воздуха пенный слой толщиной 50 мм, который в течение нескольких часов защищает поверхность нефти от повторного воспламенения. При работе системы зона горения быстро локализуется от периферии резервуара к центру, и пламя подавляется в течение нескольких минут.

Подача пены в слой горючего возможна только при использовании специальных пенообразователей, обладающих инертностью к нефтепродуктам и способных образовывать пленку на поверхности горючей жидкости. К таким современным пенообразователям относят фторсинтетические пленкообразующие пенообразователи, например пенообразователь специального назначения «Шторм-М» («Шторм-Ф»), производства НПК «Гефест» (г. Москва) для генерации пены низкой, средней и высокой кратности. Данное ОТВ применяется для тушения пожаров классов А и В, рекомендовано для подслоного тушения [3].

Принцип действия ОТВ «Шторм» заключается в изоляции горячей поверхности от проникновения кислорода воздуха и от испарения, поступления паров горючего вещества в зону горения, ингибировании процесса горения, охлаждении горючей смеси. Низкая кратность пены обеспечивает быстрое образование водяной пленки, самопроизвольно растекающейся по поверхности и предотвращающей испарение горючего, образование паровоздушной смеси, сокращает время тушения и охлаждает зону пожара. При применении пены средней кратности уменьшается время покрытия пеной поверхности горючего, что особенно важно при наличии в очаге пожара преград, имеющих высокую температуру. Пена высокой кратности обеспечивает быстрое заполнение любых объемов в насосных по перекачке топлива и др.

Технические характеристики ОТВ «Шторм-М» [3]:

— рН пенообразующего раствора — не более 7,5;

— время тушения горючего:

пеной низкой кратности при интенсивности подачи рабочего раствора $(0,059 \pm 0,002) \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ — не более 90 с,

пенной средней кратности при интенсивности подачи рабочего раствора $(0,032 \pm 0,002) \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ — не более 80 с;

— кратность пены: низкая — 15; средняя — 50; высокая — 300;

— устойчивость пены высокой кратности — более 800 с; средней кратности — 182 с; низкой кратности — 197 с.

Достоинством пенообразователя «Шторм-М» следует считать высокую огне-тушащую способность, возможность подачи пены средней кратности на большие расстояния с помощью стандартной техники отечественного производства, а также устойчивость пены к воздействию теплового излучения пламени.

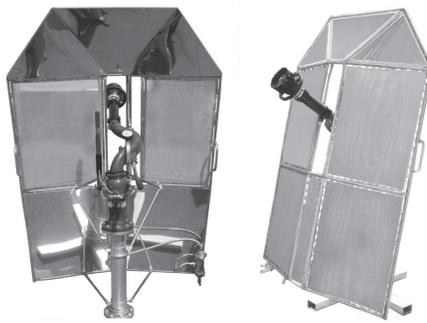
Преимущество подслоного способа перед традиционным заключается в высокой эффективности тушения пожара, быстрой локализации процесса на начальном этапе развития пожара, в защищенности пеногенераторов и пенопроводов от взрыва паровоздушной смеси, в удаленном расположении (за обвалованием) личного состава пожарных подразделений и техники и, соответственно, меньшем риске жизни людей от выброса или вскипания горячей нефти.

Среди отечественных разработок следует выделить установки комбинированного тушения пожаров «Пурга» ЗАО НПО «СОПОТ» (г. Санкт-Петербург), предназначенные для получения воздушно-механической пены с повышенной дальностью подачи пены низкой и средней кратности или распыленной воды для тушения пожаров в резервуарах с ЛВЖ и ГЖ.

Установка «Пурга» (рис. 1, а) работоспособна при использовании всех типов отечественных и зарубежных пенообразователей с концентрацией от 3 до 6% для получения пены низкой и средней кратности, а также при использовании фторсодержащих пенообразователей для получения пены низкой кратности [4].



а



б

Рис. 1. Современные технологии и средства пожаротушения:
а — УКТП «Пурга-10.20.30» мобильная; б — Экран «Согда 1А» [4; 5]
(Modern technologies and fire suppression techniques:
a — Mobile UKTP “Purga — 10.20.30”; b — Heat shield “Sogda 1A”)

«Пурга» выпускается в виде ручного ствола, насадки к автопеноподъемнику, стационарной установки, в том числе с дистанционным управлением, мобильной установкой на прицепе, роботизированной установкой пожаротушения и др.

Достоинствами установок являются высокая производительность по воде (раствору пенообразователя) в зависимости от модели — 2—240 л/с; дальность пенной струи — 20—100 м; кратность используемой пены — 30—70.

Стационарные или мобильные установки «Пурга» используются также в комплексе технологических решений пожаровзрывопредотвращения от НПО «СОПОТ» на объектах, связанных с оборотом сжиженных углеводородных газов (СУГ) и сжиженных природных газов (СПГ) в качестве устройств для подачи замороженной пены с целью купирования пожара на поверхности СУГ и СПГ.

К инновационным решениям в области противопожарной защиты можно отнести технологию газопорошкового пожаротушения ViZone (НПО «Каланча», г. Москва), основанную на комбинированном применении углекислого газа и огнетушащего порошка «Феникс АВС-70» и предназначенную для автоматической противопожарной защиты резервуаров вертикальных стальных со стационарной крышей с понтоном и без него вместимостью до 20 000 м³ включительно [6].

Принцип работы системы пожаротушения заключается в следующем.

После срабатывания пожарных извещателей, расположенных на крыше и верхнем поясе резервуара, при обнаружении возгорания автоматически производится подача огнетушащей смеси на поверхность нефтепродукта или в защищаемый объем надпонтонного пространства в течение 10—15 с. При этом на границе раздела фаз создается сплошная пелена из газопорошкового огнетушащего вещества, которая блокирует тепловой поток от пламени к поверхности горючего, ингибирует процесс горения, изолирует доступ воздуха к поверхности горючего, снижает концентрацию кислорода в защищаемом объеме до 15—18% за счет применения углекислого газа; резко охлаждает систему, так как при истечении ОТВ имеет отрицательную температуру (около -50 °С); гасит пламя в зоне своего распространения за счет механического срыва пламени из-за высокой скорости выхода огнетушащей смеси (около 70 м/с).

Благодаря применению огнетушащей газопорошковой смеси с соотношением объема газа к объему порошка 600 : 1 и равномерному распределению ее по защищаемому объему значительно увеличивается огнетушащая способность вещества (в 2—3 раза за счет эффекта синергизма) и создается объемный характер пожаротушения. В установке комбинированного газопорошкового пожаротушения ViZone углекислый газ выполняет функцию не только вытеснителя (пропеллента), но и флегматизатора, снижая концентрацию кислорода воздуха, а также охлаждая систему.

Неоспоримым достоинством технологии газопорошкового пожаротушения является ликвидация пожара на начальной стадии в среднем за 1—1,5 мин.

Основой безопасной деятельности любого предприятия является организация превентивных мер по локализации начавшегося возгорания. Одним из высокоэффективных средств борьбы с аварийными проливами горящих жидкостей по праву можно считать устройство самотушения УСП-01Ф, разработанное совместно с ФГУ «ВНИИПО МЧС РФ» и СКБ «Тензор» [7; 8].

Устройство для самотушения горящих при проливах жидкостей (УСП) применяется в качестве пассивного (без участия человека), высокоэффективного средства тушения проливов горящих горючих жидкостей, а так же горящих резервуаров с горючими жидкостями (рис. 2) [7].



Рис. 2. Устройство для самотушения горящих при проливах жидкостей (Automatic fire-fighting system applied in case of inflammable liquid spills)

Принцип тушения пожара в устройстве УСП заключается в подавлении пространства огня с пролитой жидкостью при ее прохождении внутри узких вертикальных каналов устройства (с применением или без применения сеточных элементов).

Принцип работы устройства аналогичен принципу работы сухих огнепреградителей, когда вертикальные каналы ячеистой формы (насадка) разбивают движущуюся горючую смесь на большое количество мелких потоков, резко увеличивая площадь контакта и тепловыделение; при этом тепловой поток, вызывающий испарение жидкости, и, соответственно, интенсивность процесса горения существенно уменьшаются; происходит потеря тепла из зоны реакции к стенкам каналов; из-за отсутствия окислителя внутри вертикального канала нарушается взаимосвязь между пламенем и поверхностью жидкости, увеличивается расстояние между зоной горения и жидкостью, происходит отрыв пламени от поверхности жидкости, в результате чего прекращается распространение пламени.

Пламегасящая способность устройства зависит от формы и размеров пламегасящего элемента — наибольшая эффективность достигается в вертикальных каналах, имеющих в поперечном сечении осесимметричную форму (например, равносторонний треугольник, квадрат, шестигранник, круг). Ячеистая структура устройств изготавливается из листовой стали толщиной от 0,5 мм до нескольких миллиметров.

Устройство УСП устанавливают в резервуаре над или под поверхностью жидкости, а также рядом с резервуаром в виде горизонтальных пламегасящих полов и сбором потушенной жидкости в специальную резервную емкость. Особым условием для обеспечения работоспособности системы следует считать поддержание чистоты сеточных элементов.

При тушении пожаров возникает необходимость в использовании большого объема воды и в экстренной эвакуации горючей жидкости из РВС. Для этих целей ООО НПФ «Политехника» (г. Москва) разработало эластичные (мягкие) резервуары ПЭР (рис. 3) [9].

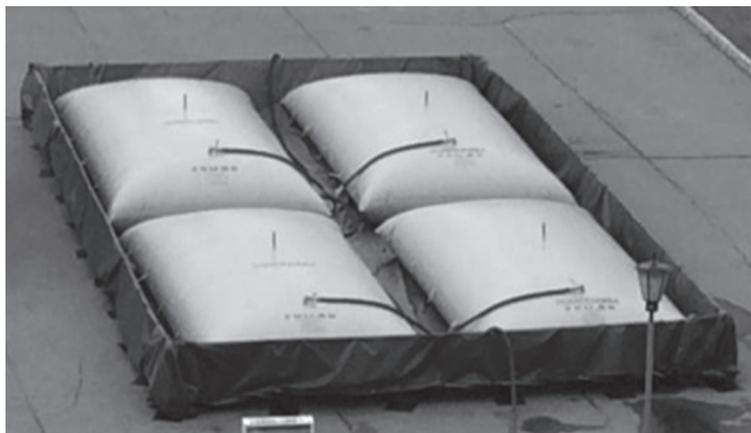


Рис. 3. Пожарные резервуары ООО НПФ «Политехника» [9]
(Fire protection water tanks ООО NPF «Politechnica» [9])

Эластичные резервуары вместимостью 1–120 м³ (максимальный индивидуальный размер 500 м³) изготавливают из сверхпрочных полиэфирных тканей с полиуретановым или поливинилхлоридным покрытием и защитным противомолекулярным покрытием, обеспечивающих прочность, герметичность изделия в интервале температур от –60 °С до + 80 °С. Такие резервуары могут применяться в качестве противопожарных резервуаров и резервуаров для временного хранения дополнительного объема нефтепродуктов при пожаре, экстренной эвакуации горючей жидкости из РВС. Достоинствами эластичных резервуаров являются герметичность, компактность, легкость в установке и эксплуатации, защита почвы и подземных горизонтов от загрязнения нефтепродуктами.

В ликвидации пожаров участвует не только специальная техника, но и пожарные, организм которых испытывает высокую нагрузку от воздействия опасных факторов пожара, поэтому отечественные разработки нацелены также и на совершенствование средств защиты пожарных при выполнении боевой задачи путем создания стационарных систем пожаротушения. К таким системам относятся теплозащитные экраны «Согда» (см. рис. 1, б), разработанные ООО «Спец-ПожТех» (г. Москва) и состоящие из металлического каркаса и сетчатых панелей, между которыми форсунками оригинальной конструкции распыляется вода, создавая сплошную водяную пленку [5; 10]. Это позволяет получить следующие преимущества:

- ослабить тепловой поток в 50 раз и тем самым защитить пожарных от опасных факторов пожара без ограничения времени их работы;
- сократить время тушения пожара за счет приближения к очагу горения и наиболее эффективного использования огнетушащих веществ;
- уменьшить расходование ОТВ за счет рациональной их подачи и локализовать огонь температурой до 1200 °С;
- защитить людей от открытого пламени;
- монтировать коридоры для эвакуации людей;
- обеспечить силуэтную видимость обстановки на пожаре через экран и возможность принимать оперативные решения.

В отверстиях экрана установлен лафетный ствол для формирования и направления сплошной или распыленной струи воды и водных растворов огнетушащих веществ.

Экраны «Согда» могут быть установлены на технике, используемой при тушении пожаров, на поверхности земли в непосредственной близости от горящего и охлаждаемого РВС, на лафетной вышке, оборудованной лафетным стволом, противопожарным оборудованием, сетчатым ограждением и трубопроводной системой для подачи питания в лафетный ствол и охлаждения элементов конструкции в случае пожара, а также из них можно устраивать эвакуационные коридоры.

Теплозащитные экраны, например «Согда 1А», имеют следующие размеры: высота — 2080 мм, длина — 1415 мм, ширина — 410 мм, вес — 40 кг.

Для эффективной противопожарной защиты сливных или сливо-наливных эстакад нефти и нефтепродуктов следует устанавливать автоматическую стационарную систему пожаротушения фторсинтетической пеной низкой кратности (от 3 до 6) и водяные высоконапорные мониторы (лафетные стволы) для охлаждения конструкций эстакады и железнодорожных цистерн (рис. 4) [11]. На каждую железнодорожную цистерну грузоподъемностью 140 м³ должна осуществляться подача низкократной пены не менее чем двумя мониторами (рис. 4). При этом расстояние от вышек с мониторами до наливных эстакад и цистерн должно составлять не менее 15 м. Расчетная площадь пенного пожаротушения для железнодорожных эстакад принимается по площади сооружения не более 1000 м² с учетом размещения на ней трех—пяти цистерн на каждой стороне налива.



Рис. 4. Демонстрация работы стационарной пенной системы пожаротушения на эстакаде [11]
(Display of the working of a stationary foam fire-fighting system on a flyover bridge [11])

Существуют и другие, заслуживающие внимания и практического применения достижения в области тушения пожаров на нефтебазах.

На основе анализа практики сложного тушения пожаров на нефтебазах, действий пожарных по тушению пожара, а также для оперативного реагирования на пожар с целью нераспространения огня на большей площади и снижения ущерба необходимо предпринимать следующие меры:

- незамедлительно сообщать о возгорании на объекте в службу 112;

- иметь на нефтебазе достаточный запас воды и пены;
- располагать пожарные водоемы на территории объекта в удалении от крупных резервуаров, чтобы в случае их разрушения в воду пожарного резервуара не попали нефтепродукты, что исключает использование его для тушения пожара;
- при проектировании соблюдать расстояния между резервуарами для возможности подъезда спецмашин;
- не загромождать пространство между резервуарами;
- иметь обвалование между цистернами.

Рекомендации по применению современных технологий пожаротушения

Создание условий безопасности продемонстрируем на примере одной из нефтебаз Курской области для хранения бензинов, дизельного топлива, масла общим объемом резервуарного парка 16,8 тыс. м³ (рис. 5).

Территория производственного объекта состоит из трех зон: зоны поступления нефтепродуктов из железнодорожных цистерн при помощи установок УСН-175, зоны хранения нефтепродуктов в наземных РВС, зоны отпуска нефтепродуктов в автоцистерны наливными устройствами типа АСН.

На территории объекта имеются пожарная насосная станция, запас пенообразователя в объеме 5 м³, три противопожарных резервуара объемом 150 м³ каждый и один объемом 3500 м³, два резервуара аварийного слива в зоне поступления нефтепродуктов для железнодорожной эстакады емкостью 50 м³, в зоне хранения нефтепродуктов объемом 75 м³, в зоне отпуска — емкостью 50 м³.

На рисунке 5 представлена предполагаемая расстановка сил и средств для тушения пожара, возникшего в резервуаре наибольшей вместимости — 3000 м³ без влияния на соседние (вариант 1 согласно рекомендациям по составлению плана тушения пожара на объекте), и места установки современных устройств по тушению пожара.

В РВС-3000 необходимо оборудовать систему подслоного пожаротушения или газопорошкового пожаротушения ViZone.

Предлагается оборудовать горизонтальные поверхности возле насосной станции 10, слива топлива из железнодорожных цистерн 13, 14, заправочного островка для отпуска нефтепродуктов в автоцистерны 12 устройствами для самотушения горящих при проливах жидкостей УСП; на железнодорожной эстакаде 15 установить стационарную пенную систему пожаротушения 18. Это позволит ликвидировать возгорание из-за пролива топлива при проведении сливо-наливных операций, являющихся по статистике основной причиной возникновения пожаров на объектах хранения нефти.

На основании расчетов количества ОТВ, необходимых для тушения пожара, установлено, что 5 м³ пенообразователя будет недостаточно в случае распространения пожара за пределы одного резервуара. Предлагается оборудовать дополнительный резервуар 19 объемом 10 м³ для хранения пенообразователя «Шторм-М». Наличие достаточного запаса пенообразователя на объекте будет способствовать локализации пожара на самой начальной стадии без развития на соседние резервуары, что является основной идеей успешного тушения пожара — купирование процесса на начальной стадии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Свободная Википедия [Интернет]. Пожар на нефтебазе под Киевом [дата обращения: 31.08.2016]. Доступ по ссылке: [www.https://ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org).
- [2] *Поповский Д.В., Охломенко В.Ю.* Боевая одежда и снаряжение пожарного: Методическое пособие / под общ. ред. В.А. Грачева. М.: Академия ГПС МЧС России 2004. 86 с.
- [3] *Корольченко Д.А.* Шторм против пожара / Пожарная безопасность в строительстве. 2010. № 6. С. 34—38.
- [4] НПО Современные пожарные технологии «СОПОТ» [Интернет]. Применение установок комбинированного тушения пожаров УКТП «Пурга» [дата обращения 01.09.2016]. Доступ по ссылке: [www.http://www.sopot.ru](http://www.sopot.ru).
- [5] Патент РФ № 2521328 А62С2/08 Устройство для защиты пожарного от теплового излучения. Усманов М.Х. Оpubл.: 27.06.2014. Бюл. № 18.
- [6] Технологии объемного пожаротушения BIZONE [Интернет]. МГПП [дата обращения: 31.08.2016]. Доступ по ссылке: [www.http://bizone-tech.ru](http://bizone-tech.ru).
- [7] Устройство для самотушения горящих при проливах жидкостей. Методические рекомендации по проектированию и применению. Специальное конструкторское бюро «Тензор». Дубна, 2010.
- [8] Патент РФ № 2 252 804 А 62 С 3/06 Устройство для самотушения горящих жидкостей. Потякин В.И., Глухов И.С., Болодьян И.А., Калинин В.И., Барсуков И.Б., Пушкин В.А. Оpubл.: 27.05.2005, Бюл. № 15.
- [9] Политехника [Интернет]. Пожарные резервуары [дата обращения: 31.08.2016]. Доступ по ссылке: [www.http://poli.ru](http://poli.ru).
- [10] Патент РФ № 2182024 А62С2/08, А62С35/68 Способ ослабления потока энергии в виде света, тепла и конвективных газовых потоков и устройство к лафетному стволу для создания защитного экрана от потока энергии в виде света, тепла и конвективных газовых потоков. Усманов М.Х., Брушлинский Н.Н., Аблязис Р.А., Касымов Ю.У., Копылов Н.П., Лобанов Н.Б., Садыков Ш., Серебренников Е.А., Сабиров М., Худоев А.Д. Оpubл.: 10.05.2002, Бюл. № 13.
- [11] *Битувев Б.Ж., Дешевых Ю.И., Воевода С.С., Молчанов В.П., Бастриков Д.Л., Крутов М.А.* Противопожарная защита железнодорожных сливо-наливных эстакад. Современные технологии пожаротушения. Материалы международной научно-практической конференции «Методические основы повышения качества образовательной и инновационной деятельности по направлению подготовки 280700 «Техносферная безопасность» и 280705 «Пожарная безопасность». Москва, 22 мая 2013 года / Сост. Федосеев А.А., Бедило М.В., Баскаков С.В., Плахов С.Ю., Таутиев Б.У., Своеступов М.В. / под ред. И.М. Тетерина. Москва: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2013. 302 с. С. 190—195.

© Будыкина Т.А., Будыкина К.Ю., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 29 октября 2016

Дата принятия к печати: 20 ноября 2016

Для цитирования:

Будыкина Т.А., Будыкина К.Ю. Прогрессивные технологии и средства тушения пожаров на нефтебазах // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2017. Т. 25. № 1. С. 132—144.

Сведения об авторах:

Будыкина Ксения Юрьевна, бакалавр, Московский государственный институт международных отношений. *Контактная информация:* e-mail: tbudykina@yandex.ru

Будыкина Татьяна Алексеевна, доктор технических наук, профессор, Курский государственный университет. *Контактная информация:* e-mail: tbudykina@yandex.ru

ADVANCED FIRE SUPPRESSION TECHNOLOGIES AT FUEL STORAGE FACILITIES

T.A. Budykina¹, K.Yu. Budykina²

¹ Kursk State University
Radishcheva str., 33, Kursk, Russia, 305000
² Moscow State Institute of International Affairs
Vernadskogo ave., 76, Moscow, Russia, 119454

This article analyses challenges of the fire extinguishing process at fuel storage facilities and looks at modern technologies aimed at extinguishing burning petrochemicals, such as: subsurface foam injection, combined gas and powder fire extinguishing technology «BiZone», aerosol generator «Purga», automatic fire-fighting system USP-01F, foam generating substance «Storm», heat shields «Sogda» designed to protect firefighters from thermal radiation, etc. Recommendations are given to facilitate the use of advanced fire suppression technologies at fuel storage facilities.

Key words: fuel storage facility, vertical steel storage tanks, fire protection water tanks, elastic storage tanks, fire suppression, subsurface foam injection, foam generators, heat shields, fire extinguishing agents, combined gas and powder fire suppression, automatic fire-fighting system for oil spills

REFERENCES

- [1] Official website Free Wikipedia URL: www.https://ru.wikipedia.org (date of access 31.08.2016).
- [2] Popovskiy D.V., Ohlomenko V.Yu. *Combat clothing and equipment fire: Methodical grant*. Under the General editorship V.A. Gracheva. M.: Academy State fire service of EMERCOM of Russia. 2004: 19.
- [3] Korolchenko D.A. Storm vs fire / *Fire safety in construction*. 2010. 6: 34–38.
- [4] Official website NPO Modern fire technology «SOPOT» URL: www.http://www.sopot.ru (date of access 01.09.2016).
- [5] Patent RUS № 2521328 A62C2/08 Device for protecting a fireman from heat radiation. Usmanov M. H. Published.: 27.06.2014, bull. № 18.
- [6] Official website Technology surround fire BIZONE URL: www.http://bizone-tech.ru (date of access 31.08.2016).
- [7] *Device for somatuline burning in the Straits of liquids. Guidelines for design and application*. Special design Bureau «Tensor». Dubna, 2010.
- [8] Patent RUS № 2 252 804 A 62 C 3/06 Device for burning liquid somatuline. Potyakin V.I., Gluhov I.S., Bolodyan I.A., Kalinkin V.I., Barsukov I.B., Pushkin V.A. Published.: 27.05.2005, bull. № 15.
- [9] The company's official website Politechnica URL: www.http://poli.ru (date of access: 22.08.2016).
- [10] Patent RUS № 2182024 A62C2/08, A62C35/68 Sposob oslableniya potoka energii v vide sveta, tepla i konvektivnykh gazovykh potokov i ustroystvo k lafetnomu stvolu dlya sozdaniya zaschitnogo ekrana ot potoka energii v vide sveta, tepla i konvektivnykh gazovykh potokov. Usmanov M.H., Brushlinskiy N.N., Ablyazis R.A., Kasyimov Yu.U., Kopyilov N.P., Lobanov N.B., Sadyikov Sh., Serebrennikov E.A., Sabirov M., Hudoev A.D. Published.: 10.05.2002, bull. № 13.
- [11] Bituev B.Zh., Deshevyyh Yu.I., Voevoda S.S., Molchanov V.P., Batrikov D.L., Krutov M.A. Protivopozharnaya zaschita zheleznodorozhnykh slivo-nalivnykh estakad. Sovremennyye tehnologii pozharotusheniya. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Metodicheskie osnovy povysheniya kachestva obrazovatelnoy i innovatsionnoy deyatelnosti po napravleniyu podgotovki 280700 «Technosphere safety» i 280705 «Fire safety». Moscow, 22 may 2013 year / Comp. Fedoseev A.A., Bedilo M.V., Baskakov S.V., Plahov S.Yu., Tautiev B.U., Svoestupov M.V.; Under the editorship. Teterina I.M. Moscow: Academy of State fire service of EMERCOM of Russia, 2013: 190–195.

Article history:

Received: 29 October 2016

Revised: 20 November 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Budykina T.A., Budykina K.Yu. (2017) Advanced fire suppression technologies at fuel storage facilities. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 132—144.

Bio Note:

Budykina K. Yu., Bachelor, Moscow State Institute of International Relations. *Contact information:*
e-mail: tbudykina@yandex.ru

Budykina T.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kursk State University. *Contact information:*
e-mail: tbudykina@yandex.ru



УДК 699-844

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-145-154

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ЗВУКОПОДАВЛЯЮЩЕЙ ЯЧЕИСТОЙ ПАНЕЛИ

А.Н. Скворцов

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва
ул. Российская, д. 7, п.п. Ялга, Республика Мордовия, Россия, 430904

Одной из актуальных проблем современной экологии является исследование воздействия неблагоприятных факторов среды жизни на физическое развитие и здоровье населения. Статья посвящена решению актуальной задачи защиты населения от энергии шума производственных объектов. Производственные объекты повсеместно оснащены шумящим оборудованием. Если уровень энергии шума превышает ПДУ, то проводятся шумозащитные мероприятия. В наше время существует огромное разнообразие средств защиты от шумовой экспансии, одни из них пользуются спросом, другие менее известны. В статье предлагается использовать эффект звукоподавления для защиты от шума. Разработан новый звукозащитный материал — звукоподавляющая ячеистая панель. Данный материал должен содержать конструктивные элементы, обеспечивающие формирование встречных звуковых потоков с противофазой, что дает эффект поглощения звуковой энергии. Проведено моделирование звукозащитного материала под действием звуковых колебаний. Показана высокая эффективность предложенного материала.

Ключевые слова: шум, охрана труда, акустическое загрязнение, звукозащитный материал

Введение

В промышленности и быту всегда существуют процессы, которые сопровождаются шумом. На ряде объектов, таких как объекты агропромышленного комплекса (АПК), нефтегазовой отрасли и т.д. проблема повышенного шума является неразрешенной.

Повышенный шум несет серьезные проблемы для здоровья. Во всем мире от воздействия шума страдают 50—70% населения развитых и развивающихся стран. В нашей стране данная проблема приобретает угрожающий характер. За последние годы от шума увеличилось число сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний органов слуха, желудочно-кишечного тракта и т.д. Главный санитарный врач г. Москвы в 2007 г. заявил, что шум влияет на продолжительность жизни, сокращая ее на 8—12 лет [1—4].

В отличие от США, стран ЕС и др., где отмечается ярко выраженная тенденция постепенного снижения уровня шума, воздействующего на население, в России замечен рост акустического загрязнения, особенно это выражено в крупных городах (мегаполисах).

Если рассматривать проблему с точки зрения адаптации человека к окружающей среде, то снижение слуха приводит к ограничению адаптации. Социальное развитие человека замедляется, ему сложно получить образование, осуществлять трудовую деятельность, он сталкивается со сложностями в семье и социуме в целом [5; 6].

Сегодня для защиты от шума используется огромное разнообразие звукозащитных материалов. Основная их часть работает по принципу естественного затухания звуковых волн при прохождении звука через материал. Широко применяются такие материалы, как базальтин, пеноплэкс, пенофол, минеральная вата. Они используются там, где громкость шума не столь высока, однако изоляция громкого шума требует увеличения толщины и веса материала, что уменьшает полезную площадь защищаемого помещения. В связи с этим изготовление материалов, имеющих легкий вес и малую толщину, актуально [7].

Эффективность и целесообразность выбора звукоизоляции должны удовлетворять следующим критериям:

- применяемые звукозащитные приспособления не должны изменять основные рабочие параметры изделия и его технологический процесс;
- геометрические формы звукозащитных приспособлений должны быть рациональными, а размеры минимальными;
- параметры звукоизоляции должны обеспечивать необходимый коэффициент звукоизоляции;
- технология изготовления приспособления должна быть проста, а затраты минимальны по сравнению со стоимостью изделия.

Добиться соответствия всем вышеперечисленным критериям достаточно сложно, но это стало возможно с применением эффекта подавления звуковой энергии. Этот эффект достигается сочетанием физических параметров листового материала, который должен быть таким, чтобы окружающая воздушная среда обеспечивала максимальное демпфирование колебаний листовых материалов. Как указывает акустик-практик Р. Тейлор, рабочая характеристика панельного или мембранного поглотителя очень сходна с характеристикой резонатора Гельмгольца [8; 9].

Вопросом разработки панелей облегченного типа занимались и занимаются многие отечественные ученые, в числе которых А.П. Тюрин, Д.В. Парахин, Н.И. Заборов, И.И. Иванов и др. [10–13]. В данной статье рассматривается новый звукозащитный материал, в основу работы которого положен эффект звукоподавления звуковой энергии, за счет которого увеличиваются звукозащитные свойства панели.

Основная часть

В основу работы звукоподавляющей ячеистой панели положен эффект звукоподавления. Звукоподавляющая ячеистая панель содержит параллельный верхний, средний и нижний листы с установленными между ними ячейками пирамидообразной формы (рис. 1). Ячейки первого слоя соединены основаниями с верхним листом, вершины их соединены со средним листом в ребрах основания ячеек второго ряда, основания которых соединены со средним листом, а вершины с нижним листом [14].

На рисунке 2 изображена упрощенная схема звукоподавляющей ячеистой панели, которая изготавливается из тонких листов, представляющих собой тонкие пластины. Габаритные размеры звукоподавляющей ячеистой панели представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Габаритные размеры звукоподавляющей ячеистой панели
(Overall dimensions of the sound overwhelming cellular panel)**

Звукоподавляющая ячеистая панель (полистирол)			
Толщина панели, h (м)	Толщина 1-го слоя панели, h (м)	Шаг ячейки, t (м)	Протяженность панели, B (м)
0,02	0,01	0,06	0,5

Звукоподавляющая ячеистая панель изготавливается таким образом, что звук, идущий через нее, встречает на своем пути пять слоев тонкого листового материала, препятствующих его прохождению. Далее рассмотрим потоки звуковой энергии, идущей через материал.

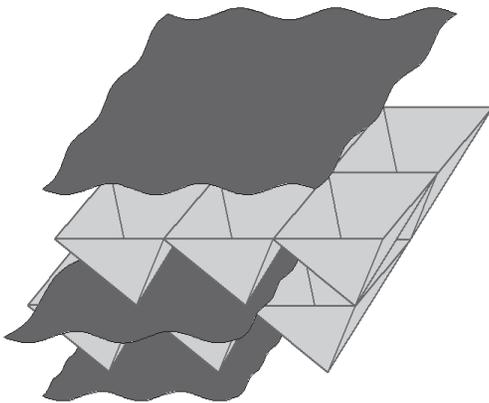


Рис. 1. Звукоподавляющая ячеистая панель
(Sound overwhelming cellular panel)

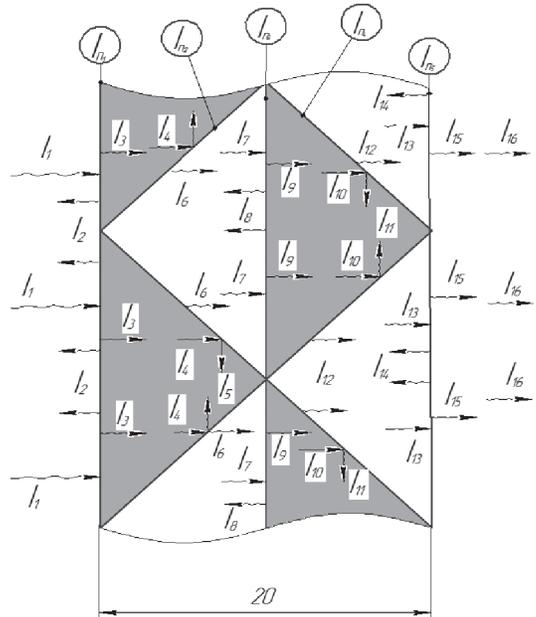


Рис. 2. Схема прохождения звука через звукоподавляющую ячеистую панель
(The scheme of passing of a sound via the sound overwhelming cellular panel)

Обозначения потоков: $I_1, I_4, I_7, I_{10}, I_{13}$ — потоки звуковой энергии, падающие на листы 1, 2, 3, 4, 5; $I_2, I_5, I_8, I_{11}, I_{14}$ — отраженные потоки звуковой энергии от листов 1, 2, 3, 4, 5; $I_3, I_6, I_9, I_{12}, I_{15}$ — потоки звуковой энергии, прошедшие через листы 1, 2, 3, 4, 5; I_{16} — поток звуковой энергии, ушедший с листа 5.

Для определения звукозащитных свойств рассматриваемого материала необходимо установить разницу между интенсивностью падающей звуковой энергии I_1 к интенсивности звуковой энергии прошедшей через АЭ I_{15} .

Для этого необходимо произвести расчет звуковой энергии, которая проходит через пластины листового материала.

Звуковая энергия, падающая на пластину, частично отражается от нее, частично поглощается и частично проходит через нее, данное соотношение можно записать при помощи уравнение баланса звуковой энергии [15]

$$I_{\text{пад}} = I_{\text{погл}} + I_{\text{отр}} + I_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{пад}}$ — интенсивность падающего звука; $I_{\text{погл}}$ — интенсивность поглощенного звука; $I_{\text{отр}}$ — интенсивность отраженного звука; $I_{\text{пр}}$ — интенсивность прошедшего звука.

При диффузном падении звуковой волны применим преобразованную формулу Пэриса [16]

$$\tau = \frac{\ln(1+Q^2)}{Q^2}, \quad (2)$$

где $Q = (\rho_1 \cdot \delta \cdot f) / (\rho \cdot c)$ — безразмерный комплекс; $f = \omega / 2\pi$ — частота, Гц; δ — толщина листового материала, кг/м²; ρ — плотность воздуха, кг/м³; c — скорость звука в воздухе, м/с.

Отношение интенсивности прошедшего звука к интенсивности падающего звука называется коэффициентом звукопроводности [15]

$$\tau = I_{\text{пр}} / I_{\text{пад}} \text{ или } I_{\text{пр}} = I_{\text{пад}} \cdot \tau. \quad (3)$$

Звуковая энергия, падающая на пластину, заставляет ее колебаться. Это приводит к демпфированию окружающим воздухом и переходом части звуковой энергии в тепловую. При этих условиях будет учитываться потеря звуковой энергии пропорциональна теоретическому количеству прошедшей энергии, использует коэффициент звукопоглощения [1; 3]

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\left(\frac{4}{3}\alpha + \frac{2}{3}Q\right)^2}}} = \frac{I_v}{I_{\text{пр}}} \text{ или } I_v = I_{\text{пр}} \cdot \varepsilon, \quad (4)$$

где I_v — энергия диссипации; α — коэффициент звукопоглощения материала, м/с; Q, f, δ, ρ, c — тоже, что в формуле (4).

Волновые процессы в материале рассмотрим с использованием интенсивности потока звуковой энергии. Падающая звуковая энергия I_1 на лист 1.

Отраженный поток I_2 от листа 1 определяем по формуле

$$I_2 = I_1 - I_3 = I_1 - I_1 \cdot \tau = I_1(1 - \tau), \quad (5)$$

где $I_3 = I_1 \cdot \tau$ — звуковая энергия прошедшая через лист 1, берем из формулы (3).

Потеря I_{n_1} на демпфирование окружающим воздухом будет рассчитываться по формуле (4):

$$I_{n_1} = I_3 \cdot \varepsilon \text{ отсюда } I_{n_1} = I_1 \cdot \tau \cdot \varepsilon, \quad (6)$$

где ε — коэффициент звукопоглощения из формулы (4).

Определим интенсивность звукового потока падающего на пластину 2, пользуясь формулами (6), (5):

$$I_4 = I_3 - I_{n_1} = I_1 \cdot \tau - I_1 \cdot \tau \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau (1 - \varepsilon). \quad (7)$$

Интенсивность звукового потока, отраженного от пластины 2, определяем, пользуясь формулами (5), (9):

$$I_5 = I_4 - I_6 = I_1 \cdot \tau (1 - \varepsilon) - I_1 \cdot \tau^2 (1 - \varepsilon) = I_1 \cdot \tau^2 (1 - \varepsilon). \quad (8)$$

Звуковой поток, прошедший через лист 2, будет определяться с использованием формул (3):

$$I_6 = I_4 \cdot \tau = I_1 \cdot \tau^2 (1 - \varepsilon). \quad (9)$$

Потеря на демпфирование окружающим воздухом рассчитаем по формуле (6):

$$I_{n_2} = I_6 \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^2 (1 - \varepsilon) \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^2 (1 - \varepsilon). \quad (10)$$

Определим интенсивность звукового потока, падающего на лист 3, пользуясь выражениями (9), (10):

$$I_7 = I_6 - I_{n_2} = I_1 \cdot \tau^2 (1 - \varepsilon) - I_1 \cdot \tau^2 (1 - \varepsilon) \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^2 (1 - \varepsilon)^2. \quad (11)$$

Интенсивность звукового потока, отраженного от листа 3, определяем, пользуясь формулами (11), (14):

$$I_8 = I_7 - I_9 = I_1 \cdot \tau^2 (1 - \varepsilon)^2 - I_1 \cdot \tau^3 (1 - \varepsilon)^2 = I_1 \cdot \tau^3 (1 - \varepsilon)^2. \quad (12)$$

Потеря на демпфирование окружающим воздухом рассчитаем по формуле (6):

$$I_{n_3} = I_9 \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^3 (1 - \varepsilon)^2 \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^3 (1 - \varepsilon)^2 \cdot \varepsilon. \quad (13)$$

Звуковой поток, прошедший через лист 3, будем определять, пользуясь выражением (3):

$$I_9 = I_7 \cdot \tau = I_1 \cdot \tau^2 (1 - \varepsilon)^2 \cdot \tau = I_1 \cdot \tau^3 (1 - \varepsilon)^2. \quad (14)$$

Определим интенсивность звукового потока, падающего на лист 4, пользуясь формулами (13), (14):

$$I_{10} = I_9 - I_{n_3} = I_1 \cdot \tau^3 (1 - \varepsilon)^2 - I_1 \cdot \tau^3 (1 - \varepsilon)^2 \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^3 (1 - \varepsilon)^3. \quad (15)$$

Интенсивность звукового потока, отраженного от листа 4, определяем из соотношения

$$I_{11} = I_{10} - I_{12} = I_1 \cdot \tau^3 (1 - \varepsilon)^3 - I_1 \cdot \tau^4 (1 - \varepsilon)^2 = I_1 \cdot \tau^4 (1 - \varepsilon)^3. \quad (16)$$

Звуковой поток, прошедший через лист 4, будет рассчитываться с применением формулы (3):

$$I_{12} = I_{10} \cdot \tau = I_1 \cdot \tau^3 (1 - \varepsilon)^3 \cdot \tau = I_1 \cdot \tau^4 (1 - \varepsilon)^3. \quad (17)$$

Потеря на демпфирование окружающим воздухом вычисляется с использованием выражения (6):

$$I_{n_4} = I_{12} \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^4 (1 - \varepsilon)^3 \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^4 (1 - \varepsilon)^3 \cdot \varepsilon. \quad (18)$$

Определим интенсивность звукового потока, падающего на пластину 5, пользуясь формулами (13), (14):

$$I_{13} = I_{12} - I_{n_4} = I_1 \cdot \tau^4 (1 - \varepsilon)^3 - I_1 \cdot \tau^4 (1 - \varepsilon)^3 \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^4 (1 - \varepsilon)^4. \quad (19)$$

Интенсивность звукового потока, отраженного от листа 5, определяем из соотношений (15), (17):

$$I_{14} = I_{13} - I_{15} = I_1 \cdot \tau^4 (1 - \varepsilon)^4 - I_1 \cdot \tau^5 (1 - \varepsilon)^4 = I_1 \cdot \tau^5 (1 - \varepsilon)^4. \quad (20)$$

Звуковой поток, прошедший через лист 5, будет рассчитываться с применением формулы (3):

$$I_{15} = I_{13} \cdot \tau = I_1 \cdot \tau^4 (1 - \varepsilon)^4 \cdot \tau = I_1 \cdot \tau^5 (1 - \varepsilon)^4. \quad (21)$$

Потеря на демпфирование окружающим воздухом в листе 5 составляет

$$I_{n_5} = I_{15} \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^5 (1 - \varepsilon)^4 \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^5 (1 - \varepsilon)^4 \cdot \varepsilon. \quad (22)$$

Поток, уходящий с листа 5, имеет интенсивность (17), (18):

$$I_{16} = I_{15} - I_{n_5} = I_1 \cdot \tau^5 (1 - \varepsilon)^4 - I_1 \cdot \tau^5 (1 - \varepsilon)^4 \cdot \varepsilon = I_1 \cdot \tau^5 (1 - \varepsilon)^5. \quad (23)$$

Подстановка полученных значений в формулу (3) позволяет определить коэффициент звукопроницаемости звукозащитного материала:

$$\tau = \frac{I_{16}}{I_1} = \frac{I_1 \cdot \tau^5 (1 - \varepsilon)^5}{I_1} = \tau^5 (1 - \varepsilon)^5. \quad (24)$$

Звукоизоляция звукоподавляющей ячеистой панели вычисляется по (20) [15]:

$$\text{ЗИ} = 10 \lg \left(\frac{1}{\tau} \right). \quad (25)$$

Подставляем полученные значения в формулу (20):

$$\text{ЗИ} = 10 \lg \left(\frac{1}{\tau^5(1-\varepsilon)^5} \right) = -50 \lg \left(\frac{\ln(1+Q^2)}{Q^2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\left(\frac{4}{3}\alpha + \frac{2}{3}Q \right)^2}}} \right) \right). \quad (26)$$

Исходные показатели по материалу, из которого может быть изготовлена звукоподавляющая ячеистая панель, приведены в табл. 2. С учетом данных выражения (26) произведены расчеты звукоизоляции данной панели, результаты показаны на рис. 3.

Таблица 2

**Исходные данные для расчета ЗИ звукоподавляющей ячеистой панели
(Initial data for the calculation of GI zvukopodavlyayushey mesh panel)**

ЗПАЭ материал	Показатель				
	α коэффициент звукопоглощения материала	δ (м) толщина листового материала	ρ ₁ (кг/м ³) плотность листового материала	ρ (кг/м ³) при 20 °С	с (м/с) при 20 °С скорость звука
полистирол	0.2	0.0005	1 250	1,225	343.1

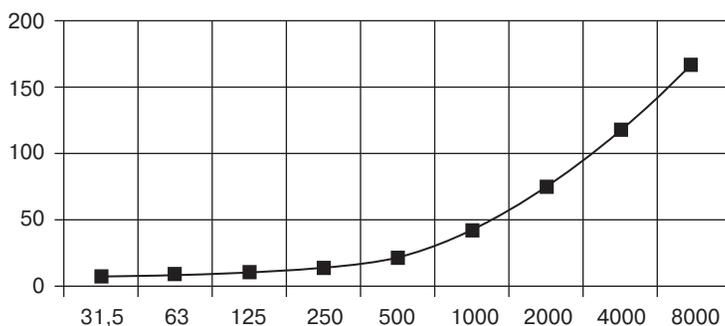


Рис. 3. Теоретические значения звукоизоляции звукоподавляющей ячеистой панели
(Theoretical values of sound insulation of the sound overwhelming cellular panel)

Выводы

В спектре 500...2000 Гц наблюдается снижение уровня шума от 25—83 дБ. Простота конструкции одной ячейки обеспечивает легкость в ее повторяемости, поэтому является перспективным использование звукозащитной панели, основанной на использовании многослойной ячеистой структуры.

Такую панель предполагается изготавливать из полимерных упругих тонких листов, которые обеспечат легкость в изготовлении. Звукоподавляющая ячеистая панель позволит снизить шум при своей незначительной толщине — порядка нескольких сантиметров.

Обладая небольшой толщиной и высокими звукоизолирующими свойствами, описанная панель может быть использована там, где в условиях ограниченного пространства необходимо обеспечить достаточное снижение шума. Звукоподавляющая ячеистая панель на основе эффекта подавления звуковых волн может найти применение в защитных конструкциях для персонала на производственных объектах или при изготовлении индивидуальных защитных кожухов для производственного оборудования. Таким образом, данная панель расширит спектр решений по звукоизоляции и улучшит условия работы и жизни человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Афанасьева Р. Ф.* Сочетанное действие факторов производственной и окружающей среды на организм человека (аналитический обзор) // Бюллетень научного совета «Медико-экологические проблемы работающих». 2005. № 2. С. 58–70.
- [2] *Дмитриев Н.С., Таварткиладзе Г.А.* Современные проблемы физиологии и патологии слуха // I Национальный конгресс аудиологов России и V Международный симпозиум. Суздаль, 2004. С. 1–16.
- [3] *Григорьев И.И.* Обеспечение травмобезопасности при воздействии импульсного шума высокой интенсивности в условиях реверберации: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2007.
- [4] *Девисилов В.А., Севастьянов Б.В., Чаузов А.С., Тюрин А.П., Лисина Е.Б.* Аттестация рабочих мест: учеб. пособие. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2009.
- [5] *Девисилов В.А., Севастьянов Б.В., Фефилов С.С., Тюрин А.П. и др.* Экономика безопасности труда: учеб. пособие. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2009.
- [6] *Cox, T.J.* Acoustic absorbers and diffusers; theory, design and application / T.J. Cox, P. D'Antonio. New York: Taylor and Francis, 2009.
- [7] *Тейлор Р.* Шум. / пер. с англ. / под ред. М.А. Исаковича. М.: Мир, 1978.
- [8] *Осипов Г.Л., Бобылев В.Н., Борисов Л.А.* Звукоизоляция и звукопоглощение: учеб. пособие для студентов вузов. М.: АСТ: Астрель, 2004.
- [9] *Савельев А.П., Скворцов А.Н.* Звукоподавляющий облегченный акустический экран // Охрана и экономика труда. 2015. № 2 (19). С. 56–61.
- [10] *Тюрин А.П., Севастьянов Б.В., Парахин Д.В.* Методы определения характеристик звукопоглощения стеновых материалов // Безопасность в техносфере. 2011. № 2. С. 6–11.
- [11] *Тюрин А.П., Парахин Д.В., Севастьянов Б.В.* Научное обоснование совершенствования средств коллективной защиты испытателей вооружения от воздействия импульсного шума // Вестник ИжГТУ. 2008. № 3. С. 25–28.
- [12] *Тюрин А.П., Севастьянов Б.В.* Подходы к исследованию звукопоглощения закрытых резонаторных панелей в условиях импульсного шума // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2009. № 2. С. 80–82.
- [13] Патент на полезную модель RU №80895 РФ. Дата регистрации: 13.10.2008 г. А.П. Тюрин, Б.В. Севастьянов, Д.В. Парахин, С.А. Пигалев. Шумозащитная панель Опубликовано 27.02.2009, Бюл. № 6.
- [14] Патент на полезную модель RU № 158599 РФ. Дата регистрации: 19.03. 2015 г. Савельев А.П., Скворцов А.Н. Звукоподавляющая ячеистая панель: Опубликовано 20.01.2016.
- [15] *Иванов Н.И.* Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. М.: Логос, 2008.
- [16] *Мурзинов П.В.* Выбор листового материала для звукоизолирующих облегченных структурированных панелей // Экология. Риск. Безопасность: материалы Международной научной практической конференции (20–21 октября 2010 г.). Курган: изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. С. 149–150.

© Скворцов А.Н., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 21 апреля 2016

Дата принятия к печати: 20 октября 2016

Для цитирования:

Скворцов А.Н. Теоретический расчет звукоизоляции звукоподавляющей ячеистой панели // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017. Т. 25. № 1. С. 145—154.

Сведения об авторе:

Скворцов Александр Николаевич, аспирант, преподаватель Института механики и энергетики, кафедры безопасности жизнедеятельности Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва. Контактная информация: e-mail: squortsow.sasha@yandex.ru

TEORETICHESKY CALCULATION OF ACOUSTIC INSULATION ZVUKOPODAVLYAYUSCHEY HONEYCOMB PANELS

A.N. Skvortsov

Mordovia State University N.P. Ogarev

Russian str., 7, working village Yalga, Republic of Mordovia, Russia, 430904

Research of influence of adverse factors of the environment of life on physical development and population health is one of actual problems of modern ecology. The article is devoted to the solution of actual problems of protection of the population from noise energies production facilities. If the noise energies level from the object in a residential area exceeds the permissible levels (RC), theysound events. Nowadays there is a great variety of means of protection from sound expansion. Many of them are in popular demand, others are less known. The article proposed use of the effect zvukopodavleniya for protection against noise. A new sound dampening material “Zvukopodavlyayuschie mesh panel”. This material must contain structural elements, ensuring the formation of audio streams colliding with antiphase, thereby obtaining the effect of absorbing sound energy. The simulation of sound dampening material under the action of sound vibrations. The high efficiency of the material.

Key words: noise, labor protection, acoustic pollution, sound dampening material

REFERENCES

- [1] Afanasyeva R.F. Interaction of factors of production and the environment on the human body (Analytical Review). *Bulletin of the Scientific Council of the “Medical and ecological problems of working”*. 2005. 2. 58—70. (In Russ)
- [2] Dmitriev N.S., Tavartkiladze G.A. Current problems of physiology and pathology of hearing. 1st National Congress of Russian audiologists and 5th International Symposium. Suzdal, 2004. 1—16. (In Russ)
- [3] Grigorov I.I. Providing risk of injury if a pulsed high intensity noise in a reverberation: Author: diss. ... cand. tehn. Sciences. St. Petersburg, 2007. (In Russ)
- [4] Devisilov V.A., Sevastyanov B.V., Ceausu A.C., Tyurin A.P., Lisin E.B. Assessment of workplaces. Textbook. Izhevsk: Publishing House of the Izhevsk State Technical University, 2009. (In Russ)

- [5] Devisilov V.A., Sevastyanov B.V., Fefilov S.S., Tyurin A.P., etc. *Safety Economy*. Textbook, Izhevsk, Izhevsk State Technical University Publishing House, 2009. (In Russ)
- [6] Cox T.J., D'Antonio P. *Acoustic absorbers and diffusers; theory, design and application*. New York: Taylor and Francis; 2009.
- [7] Taylor R. *Noise*. Transl. from English. Ed. M.A. Isakovich. M.: Mir, 1978. (In Russ)
- [8] Osipov G.L., Bobylev V.N., Borisov L.A. *Sound insulation and sound absorption*. Proc. allowance for university students. M.: ООО "Izdatelstvo AST" LLC "Publishing Astrel", 2004.
- [9] Savelyev A.P., Skvortsov A.N. *Zvukopodavlyayuschy lightweight baffle*. *Security and Labour Economics*. 2015. № 2 (19). 56—61. (In Russ)
- [10] Tyurin A.P., Sevastyanov B.V., Parahin D.V. *Methods for determining the characteristics of sound absorption wall materials*. *Safety in Technosphere*. 2011. 2. 6—11.
- [11] Tyurin A.P., Parahin D.V., Sevastyanov B.V. *Scientific substantiation of perfection of means of collective protection from the effects of weapons of test impulse noise*. *Bulletin IzhSTU*. 2008. 3. 25—28. (In Russ)
- [12] Tyurin A.P., Sevastyanov B.V. *Approaches to the study of sound absorption panels closed resonator under impulse noise*. *Bulletin of KSTU. AN Tupolev*. 2009. 2. 80—82. In Russ)
- [13] Utility model patent RU №80895 RF. Registration date: 13.10. 2008. Tyurin A.P., Sevastyanov B.V., Parahin D.V., Pigalev S.A. *Noise protection panel*. Published on 27.02.2009, Bull. Number 6.
- [14] Utility model patent number 158599 RU Russian Federation. Registration date: 19.03. 2015. Savelev A.P., Skvortsov A.N. *Zvukopodavlyayuschaya mesh panel*. Published on 20.01.2016.
- [15] Ivanov N.I. *Engineering acoustics. Theory and practice of noise control*. M.: Logos, 2008. (In Russ)
- [16] Murzinov P.V. Selection of the sheet material for sound insulation of lightweight panels structured. *Ecology. Risk. Safety: Proceedings of the International scientific practical conference (20-21 October 2010)*. Kurgan: Publishing House of the Kurgan State. University Press, 2010. 149—150. (In Russ)

Article history:

Received: 21 April 2016

Revised: 20 October 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Skvortsov A.N. (2017) Teoretichesky calculation of acoustic insulation zvukopodavlyayushey honeycomb panels. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 145—154.

Bio Note:

Skvortsov A.N., PhD student, Institute of Mechanics and Energy, Life Safety Department. «OgarevMordovia State University». *Contact information*: e-mail: squortsow.sasha@yandex.ru



УДК 504.75.06

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-155-168

РОЛЬ ПРИРОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ЗЕЛЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ*

Т.О. Король

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Ленинские Горы, 1, сектор А, 17 этаж, Москва, Россия, 119234

Статья посвящена изучению воздействия природно-экологических факторов на перспективы внедрения зеленых строительных технологий в России. Проведена классификация и сравнительный анализ зеленых строительных технологий, используемых в российской и международной практике. Выделены ведущие географические факторы и проанализировано их влияние на внедрение зеленых строительных технологий на разных масштабных (территориальных) уровнях. На примере модельного города показаны особенности учета природно-экологических факторов при выборе оптимальной совокупности технологий зеленого строительства.

Ключевые слова: зеленое строительство, зеленые строительные технологии, экологическое строительство, энергосберегающие технологии, природно-экологические факторы, Россия

Введение

На современном этапе развития общества последствия человеческой деятельности создали глобальные проблемы, которые требуют адекватных решений. Строительный сектор вызывает большое число таких проблем: за весь цикл жизни (начиная с добычи сырья для строительства до момента сноса и утилизации) здания всего мира используют около 40% всей потребляемой первичной энергии, 67% электричества, 40% сырья и 14% запасов питьевой воды на планете, а также производят 35% всех выбросов углекислого газа и чуть ли не половину всех твердых городских отходов [31]. Однако строительство может быть источником не только проблем, но и сферой поиска новых решений. В высокоразвитых странах уже больше 20 лет практикуется зеленое строительство. Зеленые строительные технологии — это инновации, в основе которых лежат принципы устойчивого развития и повторного использования ресурсов. Общий подход предполагает достижение главной цели — снижение негативного воздействия на окружающую среду, в частности, за счет уменьшения количества отходов, повышения энергоэффективности, улучшения дизайна для сокращения объема потребляемых ресурсов. Дружественные по отношению к природе, зеленые здания и сооружения

* Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 15-05-01788 А.

не только имеют низкий потенциал негативного влияния на окружающую среду и здоровье людей, но и могут быть экономически эффективными [2].

Для получения возможности сравнивать и оценивать экологичность зданий разного назначения и месторасположения были разработаны системы добровольной экологической сертификации и рейтингов, которые получили обобщенное название экологических или «зеленых» стандартов. Два общепринятых и наиболее распространенных в мире стандарта BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) и LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) оценивают здания по широкому спектру категорий экологичности и жизнеспособности. Более чем в 50 странах разработаны национальные зеленые стандарты. В России применяются как международные системы сертификации LEED и BREEAM, так и несколько российских систем, в том числе Система добровольной сертификации объектов недвижимости «Зеленые стандарты»; национальный стандарт СТО НОСТРОЙ 2.35.4–2011 «Зеленое строительство. Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания»; национальный стандарт ГОСТ Р 54964–2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости», вступивший в силу в 2013 г.; «Карта качества. Зеленые Стандарты», разработанная на основе ГОСТ Р 54964–2012 и зарубежного стандарта BREEAM In-Use в 2015 г. [3]. Тем не менее развитие зеленого строительства в России требует создания таких национальных стандартов, которые учитывают социально-экономические и природные условия страны: климатические условия, законодательство, государственную политику в отношении энергоресурсов и экологии, степень осознания проблем энергоэффективности и экологичности профессиональными сообществами и населением [4].

Сутью развития российского стандарта является переформулирование тех концептуальных рекомендаций общепризнанных систем экологической экспертизы объектов недвижимости, которые сможет ввести в практику российский проектно-строительный сектор. Адаптация международных зеленых стандартов к российским природно-экологическим особенностям должна дать строительному сектору методическую базу для деятельности, проектировки и строительства энергоэффективного, экологичного и комфортного жилья.

В настоящее время в России с участием государства реализуются несколько национальных по своим масштабам проектов, которые стали катализаторами развития экологического строительства в стране: программа олимпийского строительства спортивных объектов и инфраструктуры в Сочи к зимней Олимпиаде-2014; реализация проекта инновационного города фонда «Сколково»; строительство стадионов и инфраструктуры к Чемпионату мира по футболу-2018; проект создания и развития агломерации Новая Москва; зеленые мегапроекты с государственно-частным партнерством (мегапроект предусматривает более 1 млн кв. м. недвижимости или более 1 млрд долл. инвестиций) [5].

Активное применение принципов зеленого строительства в международной практике и наметившиеся позитивные тенденции российского опыта строительства, основанного на критериях экологической безопасности и экономической

эффективности, позволяют говорить об актуальности данного исследования, где именно с географических позиций рассмотрены перспективы использования зеленых строительных технологий в России.

Целью исследования является выявление природно-экологических факторов внедрения зеленых строительных технологий и анализ их действия на разных масштабных (территориальных) уровнях в России.

Материалы и методы исследования

При проведении исследования использован эколого-географический подход, сочетающий в себе анализ физико-географических и экологических особенностей территорий. В качестве программного обеспечения для обработки статистических данных и построения графиков использовался Microsoft Excel, для построения физико-метрических диаграмм использовалась программа Climate Consultant [6] на основе климатических данных с сайта Meteonorm [7].

Зеленые строительные технологии как новый объект географического исследования

Согласно классификации Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), зеленые технологии охватывают следующие направления: общее экологическое управление (управление отходами, борьба с загрязнением воды, воздуха, восстановление земель и пр.); производство энергии из возобновляемых источников (солнечная энергия, биотопливо и пр.); смягчение последствий изменения климата, снижение вредных выбросов в атмосферу; повышение эффективности использования топлива, а также энергоэффективности в зданиях и осветительных приборах [8].

Эти группы инновационных технологий объединяют термином «зеленые технологии» как «дружественные по отношению к природе». Фактически же зеленые технологии охватывают все сферы экономики: энергетику, промышленность, транспорт, строительство, сельское хозяйство и т.д., включая помимо производства потребление, менеджмент и методы организации производства. Это определяет и относительную сложность классификации зеленых технологий. Представляется возможным разделить их по следующим направлениям (табл. 1).

Таблица 1

**Классификации зеленых технологий
(Classification of green technologies)**

Принцип классификации	Виды зеленых технологий
По способу преодоления ресурсных ограничений	Ресурсосберегающие технологии и технологии воспроизводства ресурсов
По виду ресурсов, на сбережение или воспроизводство которых они нацелены	Возобновляемые и невозобновляемые виды ресурсов, которые могут быть рассмотрены как собственно расходуемые ресурсы, так и способности природной среды поглощать антропогенные выбросы
По виду благ, в производстве которых они применяются	Энергетические, транспортные, разнообразные производственные технологии и т.п.

Таблица 2

**Концепция зеленого строительства
(The concept of green building)**

<p>Основные направления зеленого строительства</p> <p>Зеленое проектирование</p>	<p>Описание инновационных технологических решений и мероприятий</p> <p>Размер здания и оптимизация пространства внутри помещения позволяет уменьшить использование энергии для освещения и обеспечивает необходимую циркуляцию воздуха. Основная цель — сохранение энергии при использовании пассивного солнечного отопления, естественного освещения, естественного охлаждения</p> <p>Правильный выбор месторасположения здания создает условия для снижения потребности здания в искусственном освещении, обеспечивает возможность использования энергии ветра, доступность к коммуникациям</p>	<p>Примеры зеленых технологий и мероприятий, актуальных для российских строительных проектов</p> <p>Естественное дневное освещение 80% площади здания (патормажное остекление, световоды, математическое моделирование освещенности)</p> <p>Затеняющие конструкции на фасаде</p>
<p>Выбор материалов</p>	<p>Использование ресурсосберегающих материалов и создание ресурсоэффективных конструкций может максимизировать функциональность и одновременно оптимизировать использование природных ресурсов.</p> <p>Материалы, используемые в зеленом строительстве, должны создавать здоровую и безопасную среду для людей, работающих или проживающих в них, а также быть безопасными для окружающей среды на всех этапах от производства до утилизации</p>	<p>Ориентации дома по сторонам света для получения максимальной солнечной энергии</p> <p>Моделирование размещения здания на строительной площадке с точки зрения влияния направления и скорости ветра на людей, находящихся на данной территории</p> <p>Отделочные и строительные материалы, обладающие экологической маркировкой с низким уровнем загрязнения воздушной среды</p> <p>Использование максимально возможного количества природных материалов на основе анализа эффективности расхода материала и количества потребляемой при его изготовлении энергии</p>
<p>Энергоэффективность</p>	<p>Критерий энергоэффективности применяется ко всем системам в здании: окна, теплоизоляция, герметизация, система вентиляции и кондиционирования, отопление и т. д. Должны быть энергоэффективны. За счет особенностей конструкции, применения специальных строительных материалов и электронных устройств управления в зеленых зданиях значительно снижается потребление энергии и тепла и минимизируются потери тепла во внешнюю среду через изоляцию стен, крыши и полов</p>	<p>Математическое моделирование энергоэффективности и комфорта внутренней среды</p> <p>Элементы «солнечной» архитектуры — максимальное остекление с южной стороны и минимальное с северной</p> <p>Выбор ограждающих конструкций, подбор теплоизоляции</p> <p>Системы кондиционирования воздуха с рекуперацией тепла</p> <p>Установка на крышах солнечных батарей и систем солнечного нагрева воды (солнечные коллекторы)</p> <p>Абсорбционные системы отопления и охлаждения</p> <p>Воздушные и подземные тепловые насосы</p> <p>Пеллетная система отопления</p> <p>Вертикальные ветрогенераторы</p>

		<p>Светодиодное освещение</p> <p>Автономные опоры для наружного освещения</p> <p>Энергоэффективные лифты и эскалаторы</p> <p>Учет потребления тепловой и электрической энергии по зонам</p> <p>Датчики присутствия</p> <p>Зеленые кровли</p> <p>Внутреннее озеленение и зеленые стены</p> <p>Внутреннее озеленение и зеленые стены</p> <p>Учет потребления воды (датчики с импульсным входом)</p> <p>Использование для полива и смыва дождевой и очищенной воды из канализационного стока</p> <p>Посадка на участке засухоустойчивой растительности не требовательной к поливу, которая долгое время может удерживать влагу</p> <p>Фильтрация воздуха</p> <p>Разбавление загрязненного воздуха чистым воздухом</p> <p>Внутреннее озеленение</p>
Водозаэффективность	<p>В основе лежит принцип экономии воды, используемой в самом здании и рационального применения воды, которая используется снаружи здания. Применение более эффективных систем подачи воды в доме: системы накопления воды, технологии очистки воды, технологии управления потреблением воды</p>	
Качество воздушной среды в здании	<p>Загрязнение воздушной среды в здании связано с использованием внутри помещений бытовой химии и материалов, которые выделяют вредные для человека вещества. При возведении зеленого здания предусматриваются системы, которые могут уменьшить последствия возможного загрязнения</p>	
Переработка и вторичное использование отходов строительства	<p>Технологии и оборудование для переработки строительных отходов, обеспечивающие высокое качество продукции, конкурентоспособной с природными материалами</p>	<p>Предотвращение загрязнения от строительной деятельности</p> <p>Обеспечение переработки свыше 50% строительного мусора</p> <p>Система управления отходами</p> <p>Раздельный сбор и переработка ТКО</p> <p>Сохранение существующих деревьев</p> <p>Зеленые кровли</p> <p>Озеленение горизонтальное и вертикальное</p> <p>Транспортное планирование: остановки общественной транспорта, социальная инфраструктура</p> <p>Доступность для маломобильных групп населения</p> <p>Наличие инфраструктуры для пользования велосипедами</p> <p>Системы управления зданием (диспетчеризация и автоматическое управление оборудованием)</p> <p>Проведение технического аудита инженерных систем здания</p>
Ландшафтный дизайн	<p>Продуманный и эффективный дизайн участка, снижающий воздействие здания на окружающую среду и улучшающие энергетические характеристики возводимых конструкций. Обеспечение качественной экологической и визуальной обстановки</p>	
Эксплуатация и техническое обслуживание	<p>Оценка жизненного цикла здания, экономический анализ затрат и выгод, система контроля и управления энергооборудованием, водопотреблением, система управления отходами и выбросами</p>	

Понятие экологического или устойчивого строительства (англ. green, sustainable building) появилось на рубеже нового тысячелетия как результат философии проектирования и строительства, направленного на повышение эффективности использования ресурсов — энергии, воды, материалов и на снижение влияния зданий в течение всего их жизненного цикла на здоровье человека и окружающую среду. Это достигается через более качественное расположение, проектирование, строительство, использование, обслуживание и утилизацию зданий. Более простым эквивалентом для английского термина «green building» является русское словосочетание «экологическое строительство». Очень важно осознать, что это понятие не ограничивается только озеленением и тем более просто цветом стен здания.

Концепция зеленого строительства основывается на принципах устойчивого и безопасного развития городских территорий и включает следующие элементы (табл. 2).

Таким образом, концепция зеленого строительства охватывает все этапы: проектирование, строительство, эксплуатацию, обслуживание и утилизацию в конце срока службы, которые обеспечивают безопасность для здоровья людей, повышение производительности труда, разумное использование природных ресурсов и уменьшение воздействия на окружающую среду.

Зеленое строительство воспринимается как междисциплинарный подход, включающий не только энергоэффективность, чистые материалы и состояние окружающей среды, но и управление, экономию питьевой воды, транспортную доступность, сбор и переработку мусора, снижение выбросов парниковых газов, здоровье и благополучие людей и охватывает несколько основных направлений применения инновационных технологических решений и мероприятий.

Географические факторы и закономерности внедрения зеленых строительных технологий

Неоднородность природно-климатических, экологических, социально-экономических и политических условий непосредственно влияет на возможности внедрения и развития зеленых строительных технологий и определяет тот или иной вид этих технологий или некоторую их совокупность. В связи с этим наиболее интересным с географической точки зрения представляется изучение взаимосвязи расположения объекта зеленого строительства и оптимальной совокупности зеленых архитектурно-планировочных решений и инновационных конструктивно-технологических приемов.

К *климатическим факторам*, влияющим на проектирование и строительство зданий, относятся температура и влажность наружного воздуха, ветер и его направление и скорость, солнечная радиация на различно ориентированных поверхностях для различных широт, дневной и годовой ход естественной освещенности (рассеянной и суммарной), яркость ясного неба, облачность, вероятность пасмурного, полuyaсного и ясного неба, дождевые и снеговые осадки, снеговые нагрузки, вероятность и объем снегопереноса, глубина промерзания грунтов.

Экологические факторы складываются из данных о состоянии воздуха, воды, наличия стационарных источников химического, физического, бактериологического, визуального загрязнения окружающей среды.

Экономические факторы отражают текущее или современное состояние развития экономики мирового сообщества и экономики нашего государства, выраженное в претензиях или притязаниях сообщества или общества к продукции, что обусловлено категориями рыночных отношений «спрос» и «предложение», «конкуренция» и т.д., а также тенденциями развития других отраслей экономик.

Инновационные факторы — это совокупность факторов, отражающих уровень достижений науки и техники, способных оказать существенное влияние на совершенствование производственных процессов, применяемых комплексом и его отраслями на базе внедрения новой техники, технологии, прогрессивных форм организации труда и производства с целью повышения его эффективности. В этой связи большое значение приобретает определение соотношения затрат на внедрение новой техники, технологии, прогрессивных форм организации труда и производства и результатов, получаемых за счет внедрения достижений науки и техники. Сравнение этих показателей с показателями эффективности традиционного строительства позволяет оценить степень прогрессивности нововведений, определить целесообразность их использования.

Факторы социально-демографической среды способны влиять на эффективность строительных организаций, так как связаны со значительными расходами по участию предприятий в социально-экономическом развитии регионов в местах осуществления производственно-хозяйственной деятельности и затратами на создание благоприятных производственных и социально-бытовых условий их работников.

Политические факторы как факторы внешней среды в значительной степени оказывают влияние на эффективность строительных организаций, однако это влияние, как правило, является опосредованным через экономические или правовые факторы.

Выявленные географические факторы играют разную роль при выборе основных принципов и технологий зеленого строительства на различных территориальных уровнях. Попробуем проследить эти закономерности и выявить действие тех или иных факторов на особенности внедрения зеленых строительных технологий в России на макро-, мезо-, микротерриториальных уровнях.

Масштабные уровни внедрения зеленых строительных технологий

Макроуровень — это уровень климатических зон и подзон и соответствующие им ограничения на использование зеленых строительных технологий. Зеленые технологии можно внедрять везде, но не везде цены на эти технологии и спектр их одинаков. Так, для большей территории нашей страны главная проблема — холодный климат. Для строительства требуется определенная облицовка дома, которая зимой может удерживать тепло, и ряд других сберегающих тепло технологий.

Зональные различия носит и показатель комфортности климата для проживания населения и возможность использования нетрадиционных источников энергии.

Определить связь между зональными различиями и спектром возможных зеленых строительных технологий позволяет программа Climate Consultant [6]. Про-

грамма анализирует распределение климатических данных в виде физико-метрической диаграммы для выбранной территории, что позволяет предложить уникальный список рекомендаций по проектированию для конкретной местности. Climate Consultant используется для проектирования энергоэффективных, устойчивых зданий, каждое из которых уникально подходит для определенной территории на планете.

Психрометрический график отражает состояние влажного воздуха, чтобы обозначить зону комфорта для определенной местности. Температура воздуха откладывается по оси абсцисс, а абсолютная влажность и содержание влаги — по оси ординат. Представленный ниже динамический график показывает взаимосвязь между температурой и влажностью воздуха, комфортностью пребывания и рекомендуемые строительные стратегии, рассчитанные нами для природно-климатических условий Санкт-Петербурга (рис.).

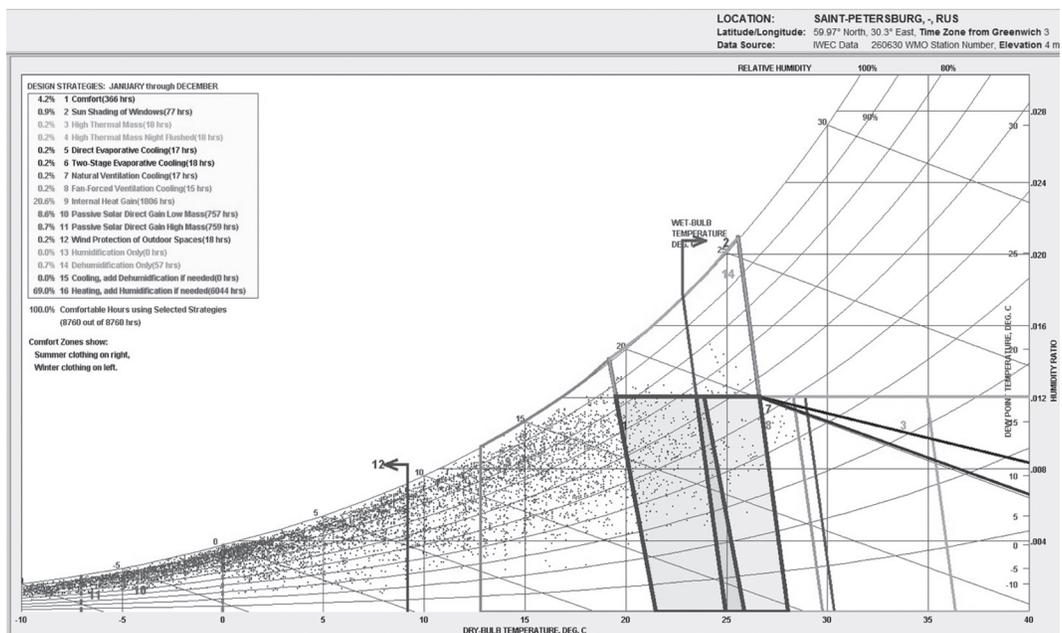


Рис. Физико-метрическая диаграмма г. Санкт-Петербург*
(Physical-metric chart of St. Petersburg)

* По материалам выпускной бакалаврской работы Ерохиной М. под руководством Король Т. МГУ. Москва, 2015.

Рассчитанный программой процент комфортности проживания в Санкт-Петербурге всего лишь 4,2%, однако предлагаемые строительные стратегии позволяют достичь требуемого уровня комфортности, работая в двух направлениях: технологические решения и снижение потребления ресурсов. В данном примере программа Climate Consultant на основе совокупного анализа климатических данных предлагает следующие мероприятия:

— для пассивного солнечного отопления большую площадь остекления располагать на южной стороне, чтобы максимизировать воздействие зимнего солнца, при этом конструкция навеса должна выступать для затенения в летнее время;

— обеспечить двойное высокопроизводительное остекление на запад, север и восток и, как уже говорилось, на юг для максимального прихода пассивной солнечной энергии;

— уменьшить в помещениях комфортную температуру в ночное время, чтобы снизить суммарное потребление энергии;

— крутые крыши с вентилируемым чердаком над хорошо изолированным потолком оптимальны в условиях холодного климата (дождь и снег не задерживается на крышах, предотвращая наледи);

— дополнительная изоляция (суперизоляция) в данном случае является экономически выгодной и увеличивает комфорт жильцов, сохраняя температуру в помещении более равномерной;

— традиционные пригородные дома и новые коттеджные поселки в холодном ясном климате должны иметь плотную конструкцию стен с центральным источником тепла, окнами на юг и крутой крышей для защиты от задержания снега и влаги;

— плитка или каменная облицовка фасадов (даже на деревянные стены) обеспечит достаточную поверхностную массу, чтобы сохранить зимой в дневное время солнечное тепло и летнее ночное «охлаждение».

На *мезоуровне* к климатическим факторам добавляются факторы социально-экономического развития территории, например, уровень экономического развития, уровень жизни населения, степень староосвоенности и застроенности территории, привлекательность для инвестиций в строительство, количество новых строительных проектов и готовых объектов, объемы загородного коттеджного строительства, отражающие коммерческую привлекательность внедрения зеленых строительных технологий, имеющиеся объекты зеленого строительства или сертифицированные здания, наличие ресурсной базы. С учетом цели работы представим эти факторы в общем виде, отметив, как они ограничивают возможности внедрения зеленых технологий.

Экономическая целесообразность внедрения зеленых строительных технологий опирается на преимущества зеленой сертификации зданий и сооружений. Это подтверждается растущим спросом на сертифицированные объекты со стороны компаний-арендаторов, предъявляющих определенные экологические требования к арендуемому пространству, что способствует улучшению распознаваемости бренда компании, снижению операционных затрат и уровня арендной платы [2].

Среди факторов, оказывающих негативное влияние на инвестиционную привлекательность внедрения зеленых строительных технологий, можно выделить следующие: сложные климатические условия, высокий уровень цен (стоимость аренды земли, рабочей силы, энергоресурсов, строительства), сокращение численности населения, нестабильность сроков реализуемых и планируемых к реализации инвестиционных проектов [9].

Микроуровень — это уровень устойчивого зеленого строительства, ландшафтно-экологического проектирования и благоустройства прилегающей территории. На этом уровне важны факторы микроклимата (влажность, скорость и направление ветра, освещенность и затенение, мезо- и микрорельеф), а также функцио-

нальное назначение территории и ее экологическое состояние. Использование данных показателей в комплексе позволяет определять для конкретного местоположения необходимые параметры комфортности здания.

Широкое внедрение компьютерного моделирования при решении различных задач зеленого строительства позволяет воссоздавать и анализировать ландшафтно-климатические условия территорий с помощью ряда специализированных компьютерных программ. На основе использования метеорологических данных и данных предпроектных исследований территории строится модель будущего здания или сооружения для расчета эффективности применения зеленых строительных технологий [10].

Созданную модель в дальнейшем можно просматривать в режиме визуализации, в режиме анализа дневного освещения, в режиме анализа солнечного затенения и др. Полученная модель здания может быть экспортирована в различные программы для дальнейшей специализированной обработки и экономического анализа:

- анализ выбросов газов для целей экологической сертификации и оценки снижения выбросов; анализ выбросов при максимальном использовании энергоэффективных технологий, в том числе с применением возобновляемых источников энергии; разработка эффективных мер по ограничению воздействия на окружающую среду;

- анализ солнечного затенения позволяет проанализировать трассировку солнечных лучей для оценки риска нежелательного затенения прилегающими зданиями и сооружениями; воздействие дневного света на светопропускающие системы и параметры комфортного пребывания в здании; качественная оценка тепловых нагрузок на здание;

- математическое моделирование динамических потоков, которое дает возможность проведения детального анализа состояния параметров воздуха и термических потоков внутри и снаружи зданий. Обычно применяются для анализа системы вентиляции, кондиционирования и отопления. Позволяет прогнозировать распространение дыма или взвешенных частиц при чрезвычайных ситуациях, техногенных или природных катастрофах. Выявляет критические зоны по ветровой нагрузке при планировании кварталов и микрорайонов;

- анализ потенциала и целесообразности применения возобновляемых источников энергии и экономический эффект; расчет экологической составляющей проекта и финансовой целесообразности использования возобновляемых источников энергии для генерации электричества и тепла;

- моделирование застройки разного масштаба с учетом особенностей ландшафта и микроклимата (условий затененности, ветровых нагрузок, оптимальной ориентации по сторонам света, спецификой рельефа и гидрологических условий). Основной задачей является подбор оптимального размещения здания на строительной площадке с точки зрения влияния направления и скорости ветра на людей, находящихся на данной территории [10].

Аналитический подход к проектированию в большей мере ориентирован на использование естественного потенциала зданий в создании вклада в «энергоэффективность» и «устойчивое экологическое развитие» и в меньшей мере — на зависимость от сложных и дорогостоящих систем жизнеобеспечения [11].

Выводы и результаты исследования

Зеленые строительные технологии — это сфера развития комплекса инновационных технологий, направленных на повышение эффективности использования ресурсов (энергии, воды, материалов) и комфортности проживания и на снижение влияния зданий на здоровье человека и окружающую среду в течение всего их жизненного цикла, что достигается через более качественное расположение, проектирование, строительство, использование, обслуживание и утилизацию зданий.

Сформулированная в исследовании концепция зеленого строительства охватывает все этапы строительного процесса и позволяет подойти системно к проблеме внедрения зеленых строительных технологий.

Географический подход во многом определяет эффективность использования зеленых строительных технологий в России. Неоднородность природно-климатических, экологических, социально-экономических и политических условий непосредственно влияет на возможности внедрения и развития зеленых строительных технологий и определяет набор и объем использования тех или иных видов технологий.

Влияние географических факторов на возможности внедрения зеленых строительных технологий по-разному проявляется на различных иерархических территориальных уровнях: на макро-, мезо- и микроуровнях.

Полимасштабный анализ влияния географических факторов на возможности применения зеленых строительных технологий показал:

- на глобальном территориальном уровне основную роль играет природно-климатическая зональность, определяющая показатели комфортности проживания населения и лимитирующая комплекс технологических приемов и решений;

- на мезоуровне проявляется влияние социально-экономических факторов, характеризующих уровень экономического развития региона, наличие ресурсной и производственной базы, инвестиционная привлекательность, эти показатели существенно нивелируют влияние природно-климатических факторов;

- на микроуровне (уровне устойчивого зеленого строительства и благоустройства прилегающей территории) важны микроклиматические факторы (влажность, скорость и направление ветра, освещенность и затенение, мезо- и микрорельеф), а также функциональное назначение территории и ее экологическое состояние.

Практические возможности применения технологий устойчивого экологического проектирования и зеленых строительных технологий позволяют рассчитать энергоэффективность, жизненный цикл, термический комфорт, дневное освещение, естественную вентиляцию, солнечное затенение, ориентацию зданий по отношению к сторонам света, а также решить задачу оптимального размещения здания на строительной площадке с точки зрения влияния направления и скорости ветра на людей, находящихся на данной территории.

Среди главных проблем, препятствующих активному распространению экологического строительства в России, можно назвать медленные процессы улучшения законодательства в сфере энергоэффективности и экологии, а также общее отсутствие понимания важности и необходимости зеленых стандартов как для бизнеса, так и среди представителей государственных структур. Также с финансовой точки зрения для проектов экологического строительства характерен дли-

тельный период окупаемости, что несет в себе дополнительные риски, учитывая текущую нестабильную макроэкономическую обстановку в России [3]*.

Предлагаемый подход перспективен при выборе спектра зеленых строительных технологий для территории России, характеризующейся значительными различиями как в природно-климатическом, так и социально-экономическом и экологическом отношении. Полимасштабный анализ отражает различия в возможностях и технологических особенностях внедрения инновационных строительных технологий, позволяет оценить перспективы и набор технологических решений и мероприятий для конкретной территории. Это позволяет решать прикладные задачи ландшафтно-экологического проектирования и зеленого строительства объектов разного назначения — новые загородные поселения (коттеджные поселки, микрорайоны малоэтажной застройки), городские кварталы и районы, частные загородные резиденции, объекты промышленного назначения в городской или пригородной черте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Книгина Д. Экология сегодня — экономия завтра // Инженерные сооружения. № 3[5]. 2014. С. 38—41.
- [2] Георова М.С., Цубрович Я.А. Анализ востребованности «зеленых» технологий в России // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 5. 2015. С. 305—307.
- [3] Обзор рынка экологического строительства в России. Отчет Jones Lang LaSalle. 2014. [Электронный ресурс] URL: <http://www.jll.ru/russia/ru-ru/исследования/123/обзор-рынка-экологического-строительства-в-россии> (Дата обращения 14.07.2016).
- [4] Поляков А. Экологическое строительство — от мировой идеи к национальному стандарту // Вестник Российского Союза строителей. № 3. 2012. С. 28—29.
- [5] Поляков А. Обо всем в экологическом строительстве // ЭКО МОНИТОРИНГ. № 7. 2013. С. 41—47. [Электронный ресурс] URL: <http://www.rugbc.org/assets/files/2706/original/No7%20EcoMonitoring.pdf?1391412377%20title=> (Дата обращения 26.05.2016).
- [6] Climate Consultant [Электронный ресурс] URL: <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu> (Дата обращения 10.05.2015).
- [7] Meteonorm [Электронный ресурс] URL: <http://www.meteonorm.com> (Дата обращения 10.05.2015).
- [8] Пискулова Н. «Зеленые» технологии в глобальной экономике. [Электронный ресурс] URL: http://russiancouncil.ru/inner/?id_4=508#top (Дата обращения: 24.05.2016).
- [9] Бродач М., Имз Г. Рынок зеленого строительства в России // Здания высоких технологий. 2013. С. 18—29. [Электронный ресурс] URL: http://zvt.abok.ru/upload/pdf_issues/9.pdf (Дата обращения 26.05.2016).
- [10] Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2002.
- [11] Sayanov A.A. Features of a green infrastructure of cottage settlements // EFLA Regional Congress Green Infrastructure: from global to local. International conference proceedings Uppsala (Sweden), Sankt-Petersburg (Russia), 11—15 June 2012. SPb.: Polytechnic University Publishing House, 2012. P. 113.

© Король Т.О., 2017

* Король Т., Ерохина М., по материалам дипломной работы, 2015.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 21 октября 2016

Дата принятия к печати: 27 ноября 2016

Для цитирования:

Король Т.О. Роль природно-экологических факторов при внедрении зеленых строительных технологий в России // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017. Т. 25. № 1. С. 155—168.

Сведения об авторе:

Король Татьяна Олеговна, кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник кафедры рационального природопользования географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Контактная информация: e-mail: t120277@yandex.ru

THE ROLE OF NATURAL AND ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE INTRODUCTION OF GREEN BUILDING TECHNOLOGIES IN RUSSIA

T.O. Korol

Lomonosov Moscow State University
Leninskiye Gory, 1, Moscow, Russia, 119234

The research investigates the influence of natural and environmental factors on the prospects of introduction of green building technology in Russia. The classification and comparative analysis of green building technologies are based on the experience used in Russian and international practice. The author identified several geographic factors and explained their influence on the introduction of green building technologies at different regional levels. Specifics of the natural and environmental factors inventory in regard to combination of suitable green building technologies are shown in the example of a model city.

Key words: Green sustainable building, green building technologies, ecological construction, energy-saving technologies, natural and environmental factors, Russia

REFERENCES

- [1] Knigina D. Ecology today — save tomorrow. *Engineering structures*. 3 [5]. 2014. 38—41.
- [2] Egorova M.S., Tsubrovich J.A. Analysis of the demand for “green” technologies in Russia. *International Journal of Applied and Basic Research*. 5. 2015. 305—307.
- [3] Market Overview ecological construction in Russia. The report Jones Lang LaSalle. 2014 [electronic resource] URL: <http://www.jll.ru/russia/ru-ru/исследования/123/обзор-рынка-экологического-строительства-в-россии> (reference date 14/07/2016).
- [4] Polyakov A. Ecological construction — from the global to the national standard ideas. *Herald of the Russian Union of Builders*. 3. 2012. 28—29.
- [5] Polyakov A. About all the ecological construction // ECO MONITORING. Number 7. 2013. P. 41—47. [Electronic resource] URL: <http://www.rugbc.org/assets/files/2706/original/No7%20EcoMonitoring.pdf?1391412377%20title=> (reference date 26/05/2016).

- [6] Climate Consultant [Elektronny resource] URL: <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu> (reference date 10/05/2015).
- [7] Meteonorm [electronic resource] URL: <http://www.meteonorm.com> (reference date 10/05/2015).
- [8] Piskulova A.N. “Green” technologies in the global economy. [Electronic resource] URL: http://russiancouncil.ru/inner/id_4=508#top (reference date: 24/05/2016)?.
- [9] Brodach M. Eames, the market of green construction in Russia // High-Tech Buildings. 2013. Pp. 18—29. [Electronic resource] URL: http://zvt.abok.ru/upload/pdf_issues/9.pdf (reference date 26/05/2016).
- [10] Tabunschikov Yu.A., Brodach M.M. *Mathematical modeling and optimization of thermal efficiency of buildings*. M.: Avoca PRESS 2002.
- [11] Sayanov A.A. Features of a green infrastructure of cottage settlements. EFLA Regional Congress Green Infrastructure: from global to local. International conference proceedings Uppsala (Sweden), Sankt-Petersburg (Russia), 11-15 June 2012. SPb.: Polytechnic University Publishing House, 2012. P. 113.

Article history:

Received: 21 October 2016

Revised: 27 November 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Korol T.O. (2017) The role of natural and environmental factors in the introduction of green building technologies in Russia. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 155—168.

Bio Note:

Korol T.O., PhD, Candidate of Geographical Sciences, Associate professor, Senior scientific employee of the Department of environmental management, Geographical Faculty of Lomonosov Moscow State University. *Contact information:* e-mail: t120277@yandex.ru



УДК 504.05

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-169-177

ВЛИЯНИЕ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ НА НАКОПЛЕНИЕ Pb, Cd ПРОРОСТКАМИ БОБОВОЙ КУЛЬТУРЫ

Д.А. Аскарлова

Семипалатинский государственный педагогический институт
ул. Танирбергенова, 1. г. Семей, Республика Казахстан, 071410

Исследовано действие пылевых выбросов угольного топлива на проростки *Pisum sativum L.* в условиях модельного опыта на темно-каштановой почве. Внесение пыли, содержащей свинец и кадмий, приводит к более интенсивному накоплению указанных элементов корневой системой, чем надземными органами, а также к увеличению биомассы проростков. Установлена зависимость концентрации свинца и кадмия в проростках от их валового содержания и концентрации подвижных форм в почве.

Ключевые слова: угольная пыль, тяжелые металлы, выбросы, накопление, загрязнение, окружающая среда, предельно допустимые концентрации, фитотоксичность

Введение

Использование угля в энергетических целях сопровождается рядом экологических проблем. В первую очередь это процессы загрязнения, связанные с поступлением пыли и различных химических соединений в гидросферу, атмосферу, педосферу и биосферу по различным цепям [1]. Неслучайно многие исследователи считают уголь «самым грязным из всех видов ископаемого топлива», а тепловую энергетику, функционирующую на грязном топливе, оценивают как основной источник химического загрязнения природной среды [2].

Еще одна проблема связана с поступлением в окружающую среду поллютантов при сжигании топлива, которые воздействуют на биоту и носят сочетательный характер с проявлением эффекта синергизма. Значительная часть поступающих в природную среду компонентов, в том числе пылевых составляющих выбросов, обладает мутагенными, канцерогенными, тератогенными эффектами либо является токсичной и оказывает влияние на биоту и человека [3].

Поступление химических элементов в окружающую среду при сжигании угля зависит от многих факторов: минерального состава угля, термохимической устойчивости их соединений, уровня накопления и формы находящихся элементов в углях, технологического сжигания твердого топлива и характера соединений, технологии улавливания пылеаэрозольной и газовой фазы, технологии сбора, складирования и утилизации шлаков и зол уноса и др.

Вследствие сжигания угля на поверхность Земли ежегодно выпадает (т): ртути — 1600, свинца — 3600, меди — 2100, цинка около 7000, никеля — 3700 и т.д.

Ежегодно при сжигании угля выделяется больше, чем включается в биологический круговорот: мышьяка — в 125, урана — в 60, кадмия — в 40, иттрия, циркония — в 10, олова — в 3—4 раза [4].

Цель — определить фитотоксичность пылевых выбросов сгоревшего угольного топлива, а также накопление Pb и Cd в органах проростков тест-культуры *Pisum sativum L.*

Объект и методы исследования

Модельный опыт заложен согласно методике З.И. Журбицкого [5] в пластиковых сосудах. Для опытов выбрали незагрязненную фоновую темно-каштановую среднесуглинистую почву, отобранную в 60 км от города Семей (Республика Казахстан) на полях бывшей сельскохозяйственной опытной станции ввиду ее широкого распространения для сельскохозяйственного назначения. Пыль угольного топлива собирали из циклонного аппарата в одной из наиболее мощной котельной города Семей. В связи с тем, что растения семейства бобовых интенсивно накапливают в надземной части тяжелые металлы (ТМ) [6—8], в качестве тест-объекта нами было выбрано однолетнее растение, принадлежащее этому семейству, — горох посевной сорта «Дебют» (*Pisum sativum L.*). Искусственное загрязнение пылью производили в сухом виде в соотношениях 0,1, 0,5, 1,0, 5,0, 10,0 и 15,0% угольной пыли к 1 кг воздушно-сухой массы почвы. В каждый сосуд высаживали по 24 пророщенных семян. В течение 30 суток сосуды находились на рассеянном свете. За 100% принимали зеленую массу растения и корни, выращенные на контрольной почве в одинаковых условиях с вариантами загрязнения.

Содержание тяжелых металлов в почвенных и растительных образцах определяли фотоколориметрическим химическим дитизионовым методом Г.Я. Ринькиса [9—12], основанном на измерении оптической плотности окрашенного экстракта при помощи спектрофотометра СФ-2000. Чувствительность метода — 0,01 мкг/мл, стандартное отклонение — $\pm 4,6\%$. Определения проводили в трехкратной повторности.

При оценке токсичности ТМ считали, что фитотоксичным является такое их содержание в почве, которое снижает продуктивность растений на 10% и более от контрольного варианта [13].

Объективным критерием оценки количества ионов металлов, перешедших из почвы в растение, служит коэффициент накопления (K_n), т.е. соотношение концентрации Pb и Cd в воздушно-сухой массе растения (мг/кг) к концентрации их подвижных форм соединений в почве (мг/кг) [14; 15].

Оценку распределения элементов между живым веществом и абиотической средой осуществляли, используя коэффициент биологического поглощения (КБП) — соотношение концентрации Pb и Cd в золе растения к их валовому содержанию в почве, на которой произрастало растение [16].

Теоретический вынос определен как произведение урожайности культур с учетом фитотоксического эффекта, полученного в опыте, и концентрации ТМ в растениях.

Результаты исследований

Содержание гумуса в фоновой почве составляет 1,23%, физической глины — 8,7%, $pH_{\text{водн}}$ — 7,11, илстой фракции — 4,9%, ЕКО — 9,1 м-экв/100 г. По градации В.Б. Ильина [14] изучаемая почва по степени буферности является средней.

В исходной почве валовое содержание Pb составляет 22 мг/кг, Cd — 0,73 мг/кг.

Для форм соединений Pb в фоновой почве (табл. 2) характерен следующий убывающий ряд их соединений:

— кислоторастворимая (6,1 мг/кг) > обменная (2,8 мг/кг) > водорастворимая (0,5 мг/кг);

— для Cd: кислоторастворимая (0,09 мг/кг) > обменная (0,06 мг/кг) > водорастворимая (0,01 мг/кг).

Результаты проведенных исследований пыли представлены в табл. 1, из которой следует, что валовое содержание Pb составляет 33,0 мг/кг, Cd — 4,8 мг/кг, превышая $Clark_{Pb}$ в литосфере по А.П. Виноградову (16,0 мг/кг) в 2,1 и Cd — в 36,9 раза (0,13 мг/кг) [17; 18], $Clark_{Pb}$ в почве по А.П. Виноградову (10,0 мг/кг) — в 3,3 и Cd — в 9,6 раза (0,5 мг/кг) [18], ПДК_{Cd} в почве по А. Клоке (3,0 мг/кг) [19; 20] в 1,6 раза и ПДК_{Cd} в почве, установленные в Казахстане (0,5 мг/кг), — в 9,6 раза.

Концентрация кислоторастворимой формы свинца в данной пыли составляет 9,2 мг/кг, кадмия — 1,5 мг/кг, что в 1,5 раза выше ПДК_{Cd} для почв сельскохозяйственного назначения (1,0 мг/кг) [4; 20].

В исследуемых пылевых выбросах водорастворимая форма Pb составила 1,8%, Cd — 1,6%, обменная — 13,3% Pb и 15,1% Cd, кислоторастворимая — 28,0% Pb и 31,3% Cd от их валового содержания в пыли.

Таблица 1

**Содержание и форма соединений ТМ в пыли сгоревшего угольного топлива
(The contents and form of TM compounds in the dust of the burned coal fuel)**

Элемент	Валовое содержание	Формы соединений		
		1	2	3
Pb	33 ± 2,2	1,7 ± 2,7 (1,8)	4,4 ± 2,8 (13,3)	9,2 ± 2,7 (28,0)
Cd	4,8 ± 1,4	0,08 ± 2,4 (1,6)	0,7 ± 2,6 (15,1)	1,5 ± 2,8 (31,3)

Примечание: здесь и в других таблицах: 1 — водорастворимая форма соединений ТМ; 2 — обменная форма; 3 — кислоторастворимая форма; в числителе — содержание элемента в форме соединения, мг/кг; в скобках — процент от валовой концентрации.

Как показано на рисунке, с увеличением дозы загрязнения почвы угольной пылью валовая концентрация свинца увеличилась от 8,2% (при 10,0% пыли) до 19,1% (при 15,0% пыли в почве), кадмия — от 1,4% (при 0,5% пыли) до 64,4% (при 15,0% пыли) относительно фоновой почвы, а также превысило $Clark_{Pb}$ в почве в 2,4 раза, при 15,0% пыли — в 2,6 раза. При внесении 0,5% пыли в почве общее содержание кадмия составило 1,5 его кларка в почве, а с увеличением дозы пыли до 15,0% — 2,4 его кларка в почве по А.П. Виноградову, а также соответствует 1,5 ПДК_{Cd}, установленных в Казахстане.

Содержание свинца и кадмия в формах соединений с внесением угольной пыли в почву практически не увеличилось (табл. 2).



Рис. Валовое содержание Pb, Cd в почве, искусственно загрязненной пылевыми выбросами сгоревшего угольного топлива, мг/кг
(Total contents of Pb, Cd in the soil artificially contaminated dust emissions from the coal of burned fuel, mg/kg)

Таблица 2

Формы соединений Pb, Cd в почве, загрязненной пылевыми выбросами сгоревшего угольного топлива, мг/кг
(Forms of the compounds of Pb, Cd in soil, contaminated dust emissions from the coal of burned fuel, mg/kg)

Доза пыли в почве, %	Pb			Cd		
	1	2	3	1	2	3
Контроль	0,5 ± 0,8 (2,3)	2,8 ± 1,0 (12,7)	6,1 ± 1,5 (27,6)	0,01 ± 0,6 (1,5)	0,06 ± 0,8 (8,0)	0,09 ± 1,2 (12,1)
0,1	0,5 ± 0,4 (2,3)	2,8 ± 0,8 (12,7)	6,1 ± 1,1 (27,6)	0,011 ± 0,8 (1,5)	0,06 ± 1,1 (8,4)	0,12 ± 1,3 (16,8)
0,5	0,51 ± 0,6 (2,3)	2,8 ± 0,7 (12,8)	6,2 ± 1,2 (28,0)	0,011 ± 0,9 (1,6)	0,07 ± 1,2 (9,3)	0,2 ± 1,2 (25,1)
1,0	0,6 ± 0,4 (2,5)	3,1 ± 0,5 (14,2)	6,9 ± 0,9 (31,1)	0,014 ± 1,4 (1,8)	0,08 ± 1,8 (11,1)	0,22 ± 2,0 (29,3)
5,0	0,6 ± 0,6 (2,7)	3,6 ± 0,8 (16,1)	7,4 ± 1,0 (33,4)	0,02 ± 1,2 (2,1)	0,12 ± 1,3 (15,6)	0,28 ± 1,8 (35,4)
10,0	0,7 ± 0,8 (3,0)	4,4 ± 1,2 (18,4)	8,5 ± 2,4 (35,6)	0,023 ± 1,3 (2,3)	0,21 ± 1,5 (21,2)	0,42 ± 2,1 (41,8)
15,0	0,8 ± 1,5 (3,2)	5,3 ± 1,8 (20,1)	9,9 ± 2,5 (37,8)	0,04 ± 1,3 (3,1)	0,32 ± 1,6 (27,0)	0,6 ± 1,9 (49,3)

Для всесторонней оценки влияния загрязнения почвы на интенсивность начального роста проростков учитывали ряд принятых в семеноводстве показателей: всхожесть, энергию прорастания, дружность прорастания, скорость прорастания. Так, при внесении в почву 0,1 и 0,5% угольной пыли наблюдали снижение показателей всхожести, энергии, дружности и скорости прорастания проростков; от 1,0 до 15% внесенной пыли — увеличение этих показателей относительно контрольного варианта. Рост и развитие проростков в контрольном варианте происходило без признаков угнетения, биомасса составила 13,72 г/сосуд. В дозах 0,1–15,0% угольной пыли наблюдали увеличение биомассы надземной части проростков от 6,4 до 36,3%. Проростки имели крепкий стебель и хорошо развитую корневую систему, признаки угнетения отсутствовали. Кроме того, при указанных дозах внесенной пыли длина надземной части растения увеличилась от 3,5 до 51,2%, корней — от 4,4 до 42,2%. Из сказанного следует, что интенсивного токсического эффекта от пылевых выбросов угольной пыли не наблюдалось.

С увеличением дозы вносимой пыли в почву накопление Pb и Cd в органах проростков возрастало (табл. 3). Так, в дозах 0,1–15,0% пыли в надземной части *Pisum sativum* L. концентрация Pb в 1,6–9,0 раза и Cd — в 4,3–64,3 раза превышает это же содержание в контрольном варианте. Сведения о распределении

свинца и кадмия по органам и тканям растений весьма противоречивы [14; 15; 21]. Одни исследователи указывают на максимальное накопление указанных элементов в корнях растений, другие — в надземной части. Очевидно, это связано как с видовой специфичностью растений, так и со свойствами самих элементов.

Результаты проведенных нами исследований показали, что накопление Pb и Cd в органах проростков *Pisum sativum L.* носит акропетальный характер, т.е. содержание исследуемых химических элементов в корнях проростков выше, чем в надземной части. Так, концентрация Pb в корнях опытных проростков в указанных дозах в 1,6–2,1 раза и Cd — в 3,3–1,3 раза выше, чем в надземной части.

Дефицит свинца в растениях возможен при его содержании в надземной части от 2 до 6 мкг/кг сухого вещества [22; 23]; концентрация Pb свыше 10 мг/кг сухого вещества считается токсичной для большинства культурных растений [2; 24].

Что же касается кадмия, то для высших растений необходимость в данном элементе достоверно не изучена. Известно, что естественное (фоновое) содержание Cd в бобовых культурах составляет 0,08–0,27 мг/кг сухого вещества. При внесении 0,1–15,0% пыли в почву концентрация данного элемента в надземных органах проростков *Pisum sativum L.* в 1,1–16,7 раз выше по сравнению с фоновым содержанием Cd в бобовых культурах.

Таблица 3

Концентрация и КБП_{Pb, Cd} в органах проростков *Pisum sativum L.*
(Concentration and КБП_{Pb, Cd} in organs of the seedlings of *Pisum sativum L.*)

Доза пыли в почве, %	концентрация, мг/кг сухого вещества		КБП	
	Pb	Cd	Pb	Cd
0	0,8 ± 0,6	0,07 ± 0,5	0,43	0,07
	1,5 ± 0,4	0,4 ± 0,7	0,83	0,01
0,1	1,3 ± 0,7	0,3 ± 1,1	0,007	0,05
	2,1 ± 0,6	1,0 ± 1,2	0,011	0,16
0,5	2,5 ± 1,1	0,4 ± 0,8	0,013	0,06
	5,6 ± 0,8	2,9 ± 1,1	0,026	0,41
1,0	3,2 ± 1,3	1,6 ± 1,3	0,014	0,21
	7,8 ± 0,8	3,5 ± 1,2	0,036	0,47
5,0	5,5 ± 1,1	2,2 ± 1,4	0,024	0,28
	10,7 ± 0,6	4,0 ± 1,3	0,049	0,52
10,0	6,2 ± 2,1	3,0 ± 1,2	0,025	0,28
	13,6 ± 1,8	5,1 ± 1,1	0,060	0,53
15,0	7,2 ± 2,2	4,5 ± 1,3	0,026	0,35
	15,0 ± 1,6	6,0 ± 1,4	0,059	0,52

Примечание: в числителе — содержание Pb, Cd в надземной части, в знаменателе — в корне.

Согласно классификации рядов КБП, в надземной части проростков *Pisum sativum L.* при 0,1–1,0% дозах пыли содержание ионов Pb относится к категории очень слабого накопления, а при увеличении дозы от 5,0 до 15,0% пыли — к категории слабого накопления, содержание ионов Cd во всех указанных дозах относится к категории слабого накопления и среднего захвата.

Величины K_n в опыте зависели от уровня загрязнения (табл. 4). По величине K_n , рассчитанного для форм соединений, максимальное извлечение приходится на водорастворимую форму, далее уменьшается к обменной и наименьшее его

величина приходится на кислоторастворимую форму как Pb, так и Cd. Так, в указанных дозах пыли значения K_n Pb в надземной части в 1,6–2,1 раза выше, чем в корне, значения K_n Cd — в 3,34–1,33 раза.

Таблица 4

K_n Pb и Cd проростками *Pisum sativum* L., в зависимости от внесенной дозы пыли
(K_n Pb, Cd and seedlings of *Pisum sativum* L. depending on the deposited dose of dust)

Доза пыли в почве, %	Формы соединений Pb			Формы соединений Cd		
	1	2	3	1	2	3
Контроль	1,6	0,29	0,13	7,0	1,2	0,8
	3,0	0,54	0,25	40,0	6,7	4,4
0,1	2,6	0,46	0,21	27,3	5,0	2,5
	4,2	0,75	0,34	90,0	16,7	8,3
0,5	4,9	0,89	0,4	36,4	5,7	2,0
	11,0	2,0	0,9	263,6	41,4	14,5
1,0	5,3	1,03	0,5	114,3	20,0	7,3
	13,0	2,5	1,13	250,0	43,8	15,9
5,0	9,2	1,53	0,74	110,0	18,3	7,9
	17,8	2,97	1,4	200,0	33,3	14,3
10,0	8,86	1,41	0,73	130,4	14,3	7,1
	19,43	3,8	1,6	221,7	24,3	12,1
15,0	9,0	1,4	0,73	112,5	14,1	7,5
	18,75	2,8	1,51	150,0	18,75	10,0

Примечание: в числителе — содержание Pb и Cd в надземной части, в знаменателе — в корне.

Вынос химических элементов изучаемой тест-культурой объективно отражает способность данного металла к биологической трансформации. Вынос Pb и Cd надземными органами проростков *Pisum sativum* L. при внесении 0,1% пыли в почву составил 0,02 и 0,004 мг/сосуд, при 0,5% — 0,04 и 0,006 мг/сосуд, при 1,0% — 0,06 и 0,03 мг/сосуд, при 5,0% — 0,1 и 0,04 мг/сосуд, при 10,0% — 0,11 и 0,05 мг/сосуд и при 15,0% — 0,13 и 0,08 мг/сосуд соответственно, что в 1,8 и 4,4; 3,6 и 6; 5,5 и 30; 9,1 и 40; 10 и 50; 11,8 и 80 раз больше по сравнению с контрольным вариантом (0,011 и 0,001 мг/сосуд).

Выводы

При внесении пыли в почву в дозах 0,1–15,0% резкого возрастания валового содержания Pb и Cd в почве не наблюдали.

Накопление Pb и Cd опытными проростками носит акропетальный характер.

Фитотоксический эффект не наблюдали, так как биомасса увеличивалась по сравнению с контрольным опытом на 36,3 %.

Вынос Pb и Cd при внесении пыли в почву в дозах 0,1–15,0% увеличивался в 1,8 и 4,4; 3,6 и 6; 5,5 и 30; 9,1 и 40; 10 и 50; 11,8 и 80 раз по сравнению с контрольным опытом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Глебов В.В., Киричук А.А. Возможности биомониторинга в оценке экологического состояния экосистем столичного мегаполиса // Мир науки, культуры, образования. 2014. № 5. С. 339–341.

- [2] Adriano C.D. Trace elements in the terrestrial environment. New York. Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer-Verlag, 1986.
- [3] Глебов В.В., Родионова О.М. Экологическая физиология и биология человека: конспект лекций: учеб. пособие. М.: РУДН, 2014.
- [4] Панин М.С. Эколого-биогеохимическая оценка техногенных ландшафтов Восточного Казахстана. Алматы: Эверо. 2000.
- [5] Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. М.: Наука, 1968.
- [6] Галиулина Р.А., Галиулин Р.В., Возняк В.М. Извлечение растениями тяжелых металлов из почвы и водной среды // *Агрохимия*. 2003. № 12. С. 60–65.
- [7] Линдиман А.В. с соавт. Фиторемедиация почв, содержащих тяжелые металлы // *ЭКИП*. 2008. № 9. С. 45–47.
- [8] Nanda Kumar P.V.A., Dushenkov V., Motto H., Raskin I. Phytoextraction the use of plants to remove heavy metals from soils // *Environ. Sci. Technol.* 1995. V. 29. № 5. Pp. 1232–1238
- [9] Бабьева М.А., Зенова Н.К. Биология почв. Микробиоценозы зональных типов почв СССР. М.: Изд-во МГУ, 1989.
- [10] Ринькис Г.Я., Рамане Х.К., Куницкая Т.А. Методы анализа почв и растений Рига: Зинатне, 1987.
- [11] Ринькис Г.Я., Куницкая Т.А. Доступный колориметрический метод определения содержания свинца в почвах и растениях // *Изв. Акад. Наук Латвийской ССР*. 1989. № 8 (505). С. 119–123.
- [12] Ринькис Г.Я., Куницкая Т.А. Колориметрический метод определения содержания кадмия в почвах и растениях // *Изв. Акад. Наук Латвийской ССР*. 1989. № 8 (505). С. 124–128.
- [13] Ильин В.Б. Система показателей для оценки загрязненности почв тяжелыми металлами // *Агрохимия*. 1995. № 1. С. 94–99.
- [14] Ильин В.Б. Биогеохимия и агрохимия микроэлементов в южной части Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1973.
- [15] Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991.
- [16] Перельман А.Н. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975.
- [17] Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957.
- [18] Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // *Геохимия*. 1962. № 7. С. 555–571.
- [19] Kloke A. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden // *Mitteilungen VDLUFA*. 1980. Н. 2.
- [20] Kloke A. Richtwerte'80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden // *Mitteilungen VDLUFA*. 1980. Н. 1-3. Pp. 9–11.
- [21] Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983.
- [22] Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях / пер. с англ. М.: Мир, 1989.
- [23] Кальницкий Б.Д. Минеральные вещества в кормлении животных. Л.: Агропромиздат, 1985.
- [24] Панин М.С. Химическая экология. Семипалатинск, 2002.

© Аскарлова Д.А., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 13 ноября 2016

Дата принятия к печати: 20 ноября 2016

Для цитирования:

Аскарлова Д.А. Влияние угольной пыли на накопление Pb, Cd проростками бобовой культуры // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017. Т. 25. № 1. С. 169–177.

Сведения об авторе:

Аскарова Данара Аскарровна, соискатель, Семипалатинский государственный педагогический институт. Контактная информация: e-mail: danara.84@mail.ru

INFLUENCE OF COAL DUST ON ACCUMULATION OF Pb, Cd SPROUTS OF BEAN CULTURE

D.A. Askarova

Semipalatinsk State Pedagogical Institute
Tanirbergenov str., 1., Semey, Republic of Kazakhstan, 071410

Investigated the effect of dust emission of coal fuel to the pea seedlings on the dark-chestnut soil at the modeling experience. The dust introduction into the soil, consists lead and cadmium, was more intensive accumulated in the roots than in the overhead organs and to increase the biomass of pea seedlings. Was set dependence of concentration of lead and cadmium in the pea seedlings from its common concentration and contents in the mobile forms in soils.

Key words: dust emission coal, Pb, Cd, accumulation, pollution, environment, heavy metals, MPC, OAC

REFERENCES

- [1] Glebov V.V., Kirichuk A.A. Possibilities of biomonitoring in an assessment of an ecological condition of ecosystems of the capital megalopolis. *The world of science, culture and education*. 2014. № 5. S. 339—341.
- [2] Adriano C.D. *Trace elements in the terrestrial environment*. New York. Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer-Verlag, 1986.
- [3] Glebov V.V., Rodionova O.M. *Ecological physiology and human biology: abstract of lectures*. Moscow: RUDN, 2014.
- [4] Panin M.S. *Ecological and biogeochemical assessment of technogenic landscapes of East Kazakhstan*. Almaty: Izd-vo «Evero». 2000.
- [5] Zhurbitskiy Z.I. *Theory and practice of a vegetative method*. Moscow: Science, 1968.
- [6] Galiulina R.A., Galiulin R.V., Voznyak V.M. Extraction by plants of heavy metals from the soil and the water environment. *Agrokimiya*, 2003. 12. 60—65.
- [7] Lindiman A.V. *Fitoremediation of the soils containing heavy metals*. ЕКІР, 2008. 9. 45—47.
- [8] Nanda Kumar P.B.A., Dushenkov V., Motto H., Raskin I. Phitoextraction the use of plants to remove heavy metals from soils. *Environ. Sci. Technol.* 1995. (29). 5. 1232—1238.
- [9] Bab'eva M.A., Zenova N.K. *Biology of soils. Microbiocenoses of zone types of soils of the USSR*. M.: Izd-vo MGU, 1989.
- [10] Rin'kis G.Ya., Ramane Kh.K., Kunitskaya T.A. Metody analiza pochv i rasteniy. *Methods of the analysis of soils and plants*. Riga: Zinatne, 1987.
- [11] Rin'kis G.Ya., Kunitskaya T.A. Available colorimetric method of determination of content of lead in soils and plants. *Izv. Akad. Nauk Latvviyskoy SSR*. 1989. 8 (505). 119—123.
- [12] Rin'kis G.Ya., Kunitskaya T.A. Colorimetric method of determination of content of cadmium in soils and plants. *Izv. Akad. Nauk Latvviyskoy SSR*. 1989. 8 (505). 124—128.

- [13] Il'in V.B. System of indicators for an assessment of impurity of soils heavy metals. *Agrokimiya*. 1995. 1. 94—99.
- [14] Il'in V.B. *Biogeochemistry and agrochemistry of minerals in the southern part of Western Siberia*. Novosibirsk: Science. 1973.
- [15] Il'in V.B. *Heavy metals in system the soil plant*. Novosibirsk: Science. 1991.
- [16] Perel'man A.N. *Landscape geochemistry*. M.: Vysshaya shkola, 1975.
- [17] Vinogradov A.P. *Geochemistry of rare and scattered chemical elements in the soil*. M.: Izd-vo AN SSSR, 1957.
- [18] Vinogradov A.P. The average content of chemical elements in the main types the Vulcans' of rocks and crust. *Geochemistry*. 1962. 7. 555—571.
- [19] Kloke A. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. *Mitteilungen VDLUFA*. 1980. 2.
- [20] Kloke A. Richtwerte'80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. *Mitteilungen VDLUFA*. 1980. 1-3. 9—11.
- [21] Dobrovolskiy V.V. *Geography of minerals. Global dispersion*. M.: Mysl', 1983.
- [22] Kabata-Pendias A., Pendias Kh. *Minerals in soils and plants: Per. s angl.* M.: Mir, 1989.
- [23] Kal'nitskiy B.D. *Mineral substances in feeding of animals*. L.: Agropromizdat, 1985.
- [24] Panin M.S. *Chemical ecology*. Semipalatinsk, 2002.

Article history:

Received: 13 November 2016

Revised: 20 November 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Askarova D.A. (2017) Influence of coal dust on accumulation of Pb, Cd sprouts of bean culture. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 169—177.

Bio Note:

Askarova D.A., Applicant, Semipalatinsk State Pedagogical Institute. *Contact information:* e-mail: danara.84@mail.ru



УДК 504.75.05

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-178-186

ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК ФОРМИРОВАНИЯ ПАТОЛОГИИ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ИНСЕКТИЦИДОВ

В.А. Королев, Ю.Д. Ляшев, В.Н. Рыжаева,
Н.Е. Киришева, И.В. Королев, Е.С. Никитина

Курский государственный медицинский университет
ул. Карла Маркса, д. 3, г. Курск, Россия, 305041

В данной работе представлена оценка использования инсектицидных препаратов в агропромышленном производстве Курской области. Изучены территориальные нагрузки доминирующих инсектицидов в растениеводческом комплексе региона за период 2006—2013 гг., проведено ранжирование региона по уровню территориальной нагрузки инсектицидных препаратов. Оценены показатели относительного экологического риска формирования патологии желудочно-кишечного тракта среди взрослого населения Курской области в условиях интенсивного применения инсектицидов. Определены экозависимые патологии, такие как язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, гастриты и дуодениты, функциональные расстройства кишечника, болезни поджелудочной железы.

Ключевые слова: окружающая среда, загрязнение, инсектициды, желудочно-кишечная патология, относительный экологический риск

Введение

Проблема влияния пестицидов на организм человека сегодня представляется весьма актуальной в связи с продолжающимся развитием химической промышленности и интенсификацией сельского хозяйства во всех странах мира и, как следствие, загрязнением окружающей природной среды. Основным фактором, определяющим темпы и объемы экологических исследований в мире, является огромное количество химических веществ, поступающих в обращение, и связанный с этим экологический риск развития экопатологий человека. Среди комплекса экологических проблем важное место занимает токсикология пестицидов и их влияние на желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), который является первым звеном в поступлении и биотрансформации пестицидных препаратов [1—6].

Мировой список значимых антропогенных загрязнителей окружающей среды, состоящий из 19 наименований, возглавляют именно пестициды, используемые для борьбы с различными видами вредных организмов. Однако ожидаемая и несомненная важность использования пестицидов сочетается с высокой вероятностью нанесения ущерба здоровью людей и объектам биосферы [2].

Агрохимикаты и продукты их трансформации, попавшие в окружающую среду, способны перемещаться по пищевым цепям [3]. При этом может происходить

многократное увеличение их концентрации в живых организмах — биоаккумуляция. Отсюда следует вывод, что даже низкие дозы пестицидов могут стать опасными для живых организмов и вызывать патологические изменения в системах органов [4; 7—9].

В общей структуре применяемых пестицидов важной группой ядохимикатов, применяющихся в растениеводстве, являются инсектицидные препараты, имеющие высокую экономическую эффективность и результативность. Вместе с тем данные препараты обладают высокими кумулятивными и токсическими свойствами, а также способностью длительное время сохраняться в продуктах первичной переработки агрокультур, в связи с чем они представляют экологическую опасность для животных организмов и человека [4].

Целью настоящего исследования является оценка относительного экологического риска формирования патологий желудочно-кишечного тракта среди взрослого населения в условиях интенсивного применения инсектицидов.

Методы

Аналізу подвергались данные Курской областной станции защиты растений о территориальной нагрузке пестицидов в сельскохозяйственных районах Курской области за период 2006—2013 гг. Пестицидная нагрузка оценивались не по препарату в целом, а непосредственно по внесенному действующему веществу.

Материалом для изучения заболеваемости желудочно-кишечного тракта взрослых жителей региона послужили сведения об обращаемости за медицинской помощью взрослых в возрасте от 18 лет и старше в районные учреждения здравоохранения и в областную консультативную поликлинику за период с 2006 по 2013 гг., а также данные, полученные путем выкопировки из амбулаторных карт и историй болезни взрослых, находящихся на стационарном лечении в ЛПУ области. Среди комплекса патологий пищеварительной системы в исследовании анализировались язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки, гастриты и дуодениты, болезни печени, энтериты и колиты, болезни поджелудочной железы, функциональные расстройства желудка, болезни желчного пузыря и желчевыводящих путей.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием статистической программы STATISTICA 6.0. Для анализа использовались итоговые цифры как по агрохимикатам, так и по распространенности патологии среди взрослого населения, которые статистически обработаны по каждому из 28 районов Курской области в динамике за изучаемый период. Проведено ранжирование региона по уровню пестицидных нагрузок на административных территориях.

Для определения относительного риска формирования исследуемых патологий использовалась формула

$$R = ad/bc,$$

где a — число больных, подверженных воздействию изучаемого фактора; b — число лиц контрольной группы, также подверженных действию данного фактора; c — число лиц контрольной группы, не подверженных действию изучаемых факторов; d — число лиц контрольной группы, не подверженных действию изучаемого фактора.

Статистическая значимость определялась с помощью критерия χ^2 . Наличие связи исследуемых факторов с заболеванием считали установленной вероятностью 95% при $\chi^2 \geq 3,84$ и с вероятностью 99% при $\chi^2 \geq 6,63$ [7].

Результаты

Структура применения инсектицидных препаратов на территории Курского региона в исследуемый период с 2006 по 2013 гг. включает пять доминирующих агрохимикатов: банкол, БИ-58, децис, каратэ и фурадан. Среди данных инсектицидных препаратов, применяющихся на территории Курского региона, доминирующим среди всех являются фурадан — 41,39%, банкол — 28,68%, БИ-58 — 21,03%, минимальный удельный вес характерен для каратэ — 4,76% и дециса — 4,14% (рис. 1).

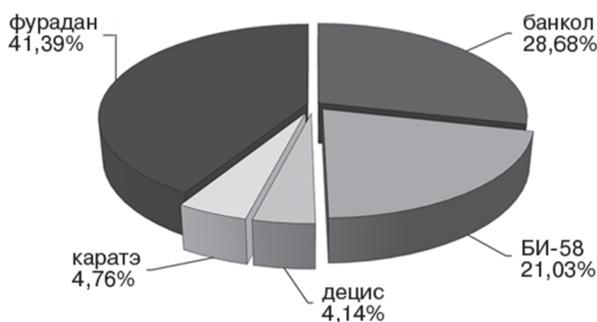


Рис. 1. Удельный вес доминирующих агрохимикатов группы инсектицидов
(The proportion of dominant agrochemicals group of insecticides)

В ходе исследования проведено ранжирование Курского региона и выделены районы с максимальным загрязнением (от 92 до 101 г/га) сельскохозяйственных почв Курской области инсектицидными препаратами (табл. 1), к числу которых отнесены Дмитриевский, Железногорский, Медвенский, Тимский и Черемисиновский районы. Минимальная территориальная нагрузка (от 63 до 72 г/га) характерна для Беловского, Глушковского, Горшеченского, Курчатовского и Рыльского районов (рис. 2).

Таблица 1

Территориальная нагрузка инсектицидов
(Territorial insecticides load)

Район	Препарат											
	банкол		БИ-58		децис		каратэ		фурадан		Mx (г/га)	Sx
	Mx (г/га)	Sx	Mx (г/га)	Sx	Mx (г/га)	Sx	Mx (г/га)	Sx	Mx (г/га)	Sx		
Беловский	130,82	5,81	65,79	2,44	18,60	2,46	22,38	2,79	89,06	6,30	65,33	3,96
Б.-Солдатский	133,91	2,79	125,58	6,99	16,19	2,34	25,14	3,10	62,80	1,48	72,72	3,34
Глушковский	98,94	5,61	71,39	4,43	9,59	1,57	37,15	3,34	103,57	5,83	64,13	4,16
Горшеченский	115,42	4,61	81,35	1,58	10,59	0,81	31,42	2,44	105,02	3,89	68,76	2,67
Дмитриевский	125,62	3,23	98,91	5,11	36,42	4,72	84,51	2,75	100,23	3,88	89,14	3,94
Железногорский	126,01	2,88	103,85	4,43	43,50	6,94	91,68	6,04	95,84	2,83	92,18	4,62
Золотухинский	124,64	2,96	76,36	2,16	13,91	3,08	47,56	3,43	103,30	5,43	73,15	3,41

Окончание табл. 1

Район	Препарат											
	банкол		БИ-58		децис		каратэ		фурадан		Mx (г/га)	Sx
	Mx (г/га)	Sx	Mx (г/га)	Sx	Mx (г/га)	Sx	Mx (г/га)	Sx	Mx (г/га)	Sx		
Касторенский	177,20	6,13	62,58	2,54	8,89	0,94	53,42	3,76	85,03	3,22	77,42	3,32
Коньшевский	95,04	2,83	81,05	1,31	33,58	3,45	68,53	3,16	116,13	4,50	78,87	3,05
Кореневский	132,76	4,22	81,74	2,61	26,14	3,28	54,38	3,24	99,57	4,77	78,92	3,62
Курский	138,51	3,47	98,31	2,55	25,80	2,08	46,37	2,48	85,78	0,08	78,95	2,13
Курчатовский	91,45	2,13	79,60	1,69	45,71	4,25	30,70	3,10	112,29	4,05	71,95	3,04
Льговский	194,81	6,56	82,04	2,63	25,73	2,50	53,10	2,54	78,04	1,58	86,74	3,16
Мантуровский	145,51	5,92	75,81	1,77	28,01	6,71	43,76	2,81	108,91	3,64	80,40	4,17
Медвенский	229,85	5,50	91,95	1,82	17,22	2,25	44,13	2,35	119,24	5,06	100,4	3,40
Обоянский	117,61	9,31	73,51	2,12	41,28	4,23	50,29	2,41	88,42	0,54	74,22	3,72
Октябрьский	120,11	4,59	88,82	2,72	31,13	2,84	24,35	2,70	102,54	3,24	73,39	3,22
Поныровский	120,20	5,36	88,72	2,47	27,91	2,09	81,40	3,22	80,90	0,55	79,82	2,74
Пристенский	156,98	4,17	72,95	2,86	21,10	1,77	43,99	1,88	78,89	3,01	74,78	2,74
Рыльский	100,37	3,18	96,05	2,21	21,44	2,01	38,61	2,44	98,27	2,89	70,95	2,54
Советский	116,04	3,71	106,45	3,61	19,70	2,83	47,05	2,49	110,10	5,06	79,87	3,54
Солнцевский	107,73	4,81	87,23	3,25	47,39	3,35	58,03	2,38	89,78	2,67	78,03	3,29
Суджанский	136,70	2,73	88,13	3,12	39,45	3,68	42,04	2,99	62,39	4,45	73,74	3,40
Тимский	197,45	4,16	82,86	1,72	30,81	3,89	69,56	3,49	92,41	3,46	94,62	3,34
Фатежский	119,94	3,59	85,27	2,96	26,55	2,67	79,80	5,65	76,03	1,22	77,52	3,22
Хомутовский	100,77	4,68	89,89	1,99	32,17	3,70	57,55	2,63	92,76	5,23	74,63	3,65
Черемисиновский	179,44	4,26	105,98	2,65	23,15	1,84	46,44	1,30	109,58	2,50	92,92	2,51
Щигровский	114,04	2,91	102,1	3,40	29,28	2,84	47,48	2,79	87,87	3,18	76,16	3,02

В результате эпидемиологического анализа распространенности изучаемых нозологий проведено ранжирование региона и выделены относительно неблагополучные районы, характеризующиеся высокой частотой встречаемости патологий и районы с минимальным уровнем заболеваемости (рис. 2).

При оценке относительного экологического риска нами были выбраны пять районов области с максимальной и пять районов с минимальной нагрузкой инсектицидами; проанализирована распространенность патологий ЖКТ взрослого населения области в зонах интенсивного применения агрохимикатов.

В ходе проведенных исследований получены значения χ^2 , свидетельствующие о высокой вероятности полученных статистических моделей и составляющие 99% (табл. 2). Выявлены увеличения в 1,32 раза экологического риска формирования язвенной болезни желудка и 12-перстной кишки при интенсивном применении инсектицида банкол, в 1,18 раза — гастритов и дуоденитов, в 1,08 раза — болезней печени. При исследовании остальных патологий желудочно-кишечного тракта показатели экологического риска находились ниже уровня достоверности или было выявлено отсутствие взаимосвязи между районами группы экологического риска по нагрузке агрохимикатами и частоте встречаемости патологий.



Рис. 2. Ранжирование районов Курской области по территориальной нагрузке инсектицидов
(Ranking of the Kursk region in the territorial load insecticides)

Таблица 2

**Экологические риски формирования патологии пищеварительной системы
у взрослого населения Курской области
(Environmental risks of formation of the pathology of the digestive system
in the adult population of Kursk region)**

Пестициды	ЯБЖ и 12-ной кишки		Гастриты, дуодениты		Энтериты и колиты		Болезни печени		Болезни поджелудочной железы		Болезни желчного пузыря	
	<i>R</i>	χ^2	<i>R</i>	χ^2	<i>R</i>	χ^2	<i>R</i>	χ^2	<i>R</i>	χ^2	<i>R</i>	χ^2
Банкол	1,32	11,65	1,18	6,86	—	—	1,08	7,29	—	—	—	—
Бетанал	—	—	—	—	1,88	3,96	—	—	—	—	—	—
Зеллек	1,32	10,44	1,41	20,65	—	—	—	—	—	—	1,59	21,80
Колфуго	—	—	1,60	37,04	—	—	—	—	2,11	20,21	1,67	24,98
Ковбой	2,04	63,09	1,80	57,24	2,99	16,45	—	—	—	—	1,86	34,69
Раундап	1,88	51,77	2,28	111,73	1,82	3,88	—	—	1,89	16,28	2,64	93,05
Тарга	1,91	43,06	1,67	37,84	—	—	—	—	—	—	1,74	23,94
Тилт	—	—	—	—	1,86	5,12	—	—	—	—	—	—
Фюзилад	1,08	10,61	—	—	—	—	—	—	—	—	1,21	3,37
2,4 — Д	1,35	13,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Лонтрел	—	—	1,29	10,05	—	—	—	—	—	—	—	—
Винцит	1,25	7,43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание: полужирным шрифтом выделено значение $\chi^2 > 6,63$, $R > 1$ (вероятность наступления патологии 99%);

Курсивом выделено значение $\chi^2 > 3,84$, $R > 1$ (вероятность наступления патологии > 95%).

Обсуждение результатов

Таким образом, в результате исследования проведена оценка использования инсектицидных препаратов на территории Курской области с учетом структуры применения, нагрузки пестицидами и динамики за период с 2006—2013 гг.

Проведенный анализ относительного экологического риска развития патологий пищеварительной системы взрослых позволил установить вовлеченность исследуемых инсектицидных препаратов в формирование отдельных патологий желудочно-кишечного тракта взрослого организма (см. табл. 2).

В ходе анализа установлена вовлеченность исследуемых инсектицидов в формирование трех из шести изучаемых нозологий — язвенной болезни желудка и 12-перстной кишки, гастритов и дуоденитов, болезней печени. По остальным нозологическим формам статистически достоверных значений относительного экологического риска не зарегистрировано, что говорит о формировании этих патологий вне связи с данным экологическим фактором.

Эколого-эпидемиологические исследования по оценке экологического риска влияния инсектицидных препаратов на формирование патологий желудочно-кишечного профиля взрослого организма позволили выявить экологически обусловленные патологии, которые имели положительные значения относительного экологического риска, с высокой статистической вероятностью доминирования изучаемых агрохимикатов в комплексе экологических факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Амиров Н.Х., Васильев В.В.* Пестициды: безопасность и здоровье. Пенза: Издательство Пензенского государственного университета, 2005.
- [2] *Беляев Е.Н.* Стойкие органические загрязнители, содержащиеся в окружающей среде, их влияние на здоровье населения // *Экологический вестник России*. 2002. № 8. С. 10—15.
- [3] *Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуццлло Е.В.* Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. М.: Эдиториал УРСС, 1999.
- [4] Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М.: Минсельхоз России, 2012.
- [5] *Тимофеев Г.П., Северенчук П.Н., Юшин В.В.* Аспекты применения нанотехнологий при оценке биологической безопасности объектов окружающей среды и населения // *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2011. № 3. С. 170—172.
- [6] *Чепиков Н.А., Юшин В.В., Рыкунова И.О.* Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга региона с использованием IDEF-моделирования и ГИС // *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2012. № 1-1. С. 219—228.
- [7] *Mostafalou S., Abdollahi M.* Concerns of environmental persistence of pesticides and human chronic diseases // *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 2012. № 2. P. 3.
- [8] *Zeise L., Bois F.Y., Chiu W.A.* Addressing Human Variability in Next-Generation Human Health Risk Assessments of Environmental Chemicals // *Environmental Health Perspectives*. 2013. Vol. 121. № 1. P. 23—29.
- [9] *Юшин В.В., Попов В.М., Макушкин В.П.* Проблемы оценки профессиональных рисков в России // *Известия Юго-Западного государственного университета*. Серия: Техника и технологии. № 2-2. 2012. С. 217—221.
- [10] Пестициды в экосистемах: Проблемы и перспективы: Аналитический обзор. Новосибирск: СО РАН, ГПНТБ, 1994.

© Королев В.А., Ляшев Ю.Д., Рыжаева В.Н., Кирищева Н.Е., Королев И.В., Никитина Е.С., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 25 октября 2016

Дата принятия к печати: 21 ноября 2016

Для цитирования:

Королев В.А., Ляшев Ю.Д., Рыжаева В.Н., Кирищева Н.Е., Королев И.В., Никитина Е.С. Относительный экологический риск формирования патологии желудочно-кишечного тракта взрослого населения Курской области в условиях интенсивного применения инсектицидов // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2017. Т. 25. № 1. С. 178—186.

Сведения об авторах:

Кирищева Наталья Егоровна, кандидат медицинских наук, соискатель кафедры биологии, медицинской генетики и экологии, ГБОУ ВПО Курский государственный медицинский университет. *Контактная информация:* e-mail: natali.kirischeva@yandex.ru

Королев Владимир Анатольевич, доктор биологических наук, профессор кафедры биологии, медицинской генетики и экологии, ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет. *Контактная информация:* e-mail: medical.ecology@yandex.ru

Королев Иван Владимирович, студент 1 курса педиатрического факультета, ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет. *Контактная информация:* e-mail: medical.ecology@yandex.ru

Ляшев Юрий Дмитриевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры патологической физиологии, ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет. *Контактная информация:* e-mail: medical.ecology@yandex.ru

Никитина Екатерина Сергеевна, студентка 6 курса лечебного факультета, ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет. *Контактная информация:* e-mail: medical.ecology@yandex.ru

Рыжаева Валентина Николаевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, медицинской генетики и экологии, ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет. *Контактная информация:* e-mail: medical.ecology@yandex.ru

ON THE ENVIRONMENTAL RISK OF A PATHOLOGY OF THE GASTROINTESTINAL TRACT ADULT POPULATION KURSK AREA UNDER INTENSIVE USE OF INSECTICIDES

**V.A. Korolev, J.D. Lyashev, V.N. Ryzhaeva, N.E. Kirishcheva,
I.V. Korolev, E.S. Nikitina**

Kursk State Medical University
Karl Marx str., Building 3, Kursk, Russia, 305041

This paper presents the evaluation of the use of insecticides in the agricultural production of the Kursk region. Studied territorial load dominant crop insecticides in a complex region for the period 2006—2013, were ranked the region in terms of territorial load insecticides. Estimated figures on the

environmental risk of the formation of the pathology of the gastrointestinal tract of the adult population of the Kursk region in the intensive use of insecticides. Environmentally sensitive identified pathologies such as gastric ulcer and duodenal ulcers, gastritis and duodenitis, functional bowel disorders, diseases of the pancreas.

Key words: environment, pollution, insecticides, gastrointestinal pathology, on the environmental risk

REFERENCES

- [1] Amirov N.H., Vasiliev V.V. *Pesticides: health and safety*. Penza: Publishing Penza State University, 2005.
- [2] Belyaev E.N. Persistent organic pollutants in the environment, their impact on health. *Ecological herald Russia*. 2002. 8. 10—15.
- [3] Bolshakov A.M., Krut'ko V.N., Putsillo E.V. *Risk assessment and management of environmental influences on the health of the population*. M.: "Editorial URSS", 1999.
- [4] List of pesticides and agrochemicals permitted for use in the Russian Federation. M.: Ministry of Agriculture of Russia, 2012.
- [5] Timofeev G.P., Severenchuk P.N., Yushin V.V. Aspects of nanotechnology with biological safety of objects of the evaluation of the environment and the population. *Proceedings of the South-Western State University*. 2011. 3. 170—172.
- [6] Chepikov N.A., Yushin V.V., Rykunova I.O. Improving the socio-hygienic monitoring of the region using the IDEF-modeling and GIS. *Proceedings of the South-Western State University*. 2012. 1-1. 219—228.
- [7] Mostafalou S., Abdollahi M. Concerns of environmental persistence of pesticides and human chronic diseases. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 2012. 2. 3.
- [8] Zeise L., Bois F.Y., Chiu W.A. Addressing Human Variability in Next-Generation Human Health Risk Assessments of Environmental Chemicals. *Environmental Health Perspectives*. 2013. 121. 1. 23—29.
- [9] Yushin V.V., Popov V.M., Makushkin V.P. Problems of assessment of occupational hazards in Russia. *Proceedings of the South-Western State University. Series: Technology*. 2012. 2-2. 217—221.
- [10] Pesticides in ecosystems: Problems and Prospects: An analytical review. Novosibirsk, Siberian Branch, SPSTL 1994.

Article history:

Received: 25 October 2016

Revised: 21 November 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Korolev V.A., Lyashev Yu.D., Ryzhaeva V.N., Kirishcheva N.E., Korolev I.V., Nikitina E.S. (2017) On the environmental risk of a pathology of the gastrointestinal tract adult population Kursk area under intensive use of insecticides. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 178—186.

Bio Note:

Kirishcheva N.E., PhD, Candidate of Medical Science, Department of Biology, Applicant, Medical Genetics and Ecology Medical University, FGBOU IN Kursk State Medical University. *Contact information:* e-mail: natali.kirischeva@yandex.ru

Korolev V.A., PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Biology, Medical Genetics and Ecology, FGBOU IN Kursk State Medical University. *Contact information:* e-mail: medical.ecology@yandex.ru

Korolev I.V., Student of 6th year Faculty of Pediatrics, FGBOU IN Kursk State Medical University.
Contact information: e-mail: medical.ecology@yandex.ru

Lyashev Yu.D., PhD, Doctor of Medical Science, Professor of the Department of Pathological Physiology, FGBOU IN Kursk State Medical University. *Contact information:* e-mail: medical.ecology@yandex.ru

Nikitina E.S., Student of 6th year Medical Faculty, FGBOU IN Kursk State Medical University.
Contact information: e-mail: medical.ecology@yandex.ru

Ryzhaeva V.N., PhD, Candidate of Biological Sciences, Associate professor, Department of Biology, Medical Genetics and Ecology, FGBOU IN Kursk State Medical University. *Contact information:* e-mail: medical.ecology@yandex.ru

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК РУДН. СЕРИЯ: ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

1. Текст статьи должен быть набран на компьютере в текстовом редакторе Microsoft Word 6, 7, 97 или 2000 через 1,5 интервала шрифтом Times New Roman (размер шрифта 14 пт) на стандартных листах А4 (поля слева — 3 см, справа — 1 см, сверху и снизу — по 2,5 см). Объем статьи (вместе с таблицами, иллюстрациями и библиографией) не должен превышать 12 страниц.

2. Статья должна содержать в указанном порядке:

— название статьи; имя, отчество и фамилию авторов; полное название организации и ее структурного подразделения с указанием почтового адреса (улица, № дома, город, страна, почтовый индекс), аннотацию (5—7 строк) и ключевые слова (не менее 5 слов или словосочетаний);

— название статьи; инициалы и фамилию авторов; полное название организации и ее структурного подразделения с указанием почтового адреса (улица, № дома, почтовый индекс, город, страна), краткое содержание (до 200—250 слов) и ключевые слова (не менее 5 слов или словосочетаний) **на английском языке**;

— текст статьи;

— список литературы (по алфавиту; сначала — на русском языке, затем — на английском). **Список литературы должен быть переведен на английский язык и продублирован латинскими буквами.**

3. К статье должны быть приложены:

— две заверенные рецензии.

— сведения об авторах — полные имя фамилия, отчество, ученая степень, научное звание, место работы, электронный адрес.

Образец шапки статьи:

СОСТОЯНИЕ АНТИОКИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В КРОВИ МЫШЕЙ ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ

И.И. Иванов¹, П.П. Петров²

¹ Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

² Московский государственный университет
Воробьевы горы, Москва, Россия, 119899

4. Повторение в статье одних и тех же данных в аннотации, тексте, таблицах и графиках не допускается. Таблицы и рисунки должны быть пронумерованы; в тексте статьи обязательна ссылка на таблицы и рисунки. Таблицы должны иметь

заголовок, а рисунки — подрисуночную подпись. **Принимаются только черно-белые рисунки** (в форматах .tif, .bmp, .jpg) в виде отдельных графических файлов.

5. Следует ограничиваться общепринятыми сокращениями и избегать введения новых сокращений без достаточных на то оснований. Введенные сокращения необходимо расшифровывать.

6. Ссылки на литературу в тексте статьи приводятся в квадратных скобках, например: [2] или [5—7], [5. С. 15]).

В списке литературы приводятся *только* источники, на которые в тексте статьи имеются ссылки. Список формируется по алфавиту (сначала источники на русском языке, затем — на английском). В списке литературы должны быть указаны:

для книг: фамилии и инициалы авторов, название книги, место издания, издательство, год издания;

для статей из неперидических изданий (сборников): фамилии и инициалы авторов, название статьи, название книги (сборника), место издания, издательство, год издания;

для статей из периодических изданий: фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, год издания, том и номер журнала, первая и последняя страницы статьи.

Образец:

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бонд В.В. Сравнительная клеточная и видовая радиочувствительность. М.: Атомиздат, 1974. С. 5—17.
- [2] Роун Ш. Озоновый кризис. М.: Мир, 1993.
- [3] Connor M.J., Wheeler L.A. Depletion of cutaneous glutathione by ultraviolet radiation // Photochem. Photobiol. 1987. Vol. 46. № 2. P. 239—245.

7. Статья должна быть **подписана всеми авторами** (на последней странице) и иметь **визу** (на первой странице) заведующего кафедрой (для сотрудников РУДН) или иного руководителя (директора, декана, заведующего кафедрой или лабораторией — для авторов из сторонних организаций) **с расшифровкой подписи и указанием должности**.

8. В конце статьи необходимо указать фамилию, имя и отчество автора, с которым наиболее целесообразно контактировать по вопросам подготовки статьи к опубликованию, и его координаты (e-mail, номер дом. и раб. телефона).

Отзывы на отклоненные редколлегией статьи не предоставляются, рукописи не возвращаются. Ответственность за содержание статей несут авторы.

Контактная информация: mgmakarova@yandex.ru, 89037823733 Макарова Марина Геннадьевна