



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

Том 26 № 3 (2018)
DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3
<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 химических 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

Агнесси Валерио — директор Итало-Российского института экологических исследований и образования Университета Палермо (Италия)

Гатто Леонардо — профессор Университета Палермо (Италия)

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

Седов Сергей Николаевич — профессор Института геологии Национального автономного университета Мексики (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, немецкий.

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

Цели и тематика

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

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

Основные рубрики журнала:

экология, безопасность деятельности человека, защита окружающей среды, экология человека, биогеохимия, геоэкология, биологические ресурсы, проблемы экологического образования.

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

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

Редактор *Ю.А. Заикина*
Компьютерная верстка: *О.Г. Горюнова*

Адрес редакции:

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

Адрес редакционной коллегии серии «Экология и безопасность жизнедеятельности»:

Российская Федерация, 113093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5
Тел.: +7 (495) 952-70-28; e-mail: ecojournalrudn@rudn.university

Подписано в печать 06.08.2018. Выход в свет 20.08.2018. Формат 70×100/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «NewtonС».
Усл. печ. л. 9,03. Тираж 500 экз. Заказ № 822. Цена свободная.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов» (РУДН)

Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Отпечатано в типографии ИПК РУДН

Российская Федерация, 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3, тел. +7 (495) 952-04-41; e-mail: publishing@rudn.ru



RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY

VOLUME 26 NUMBER 3 (2018)
DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3
<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, Peoples' Friendship University of Russia

EDITORIAL BOARD

Kalabin Gennady Alexandrovich — Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of System Ecology, Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia

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

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

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

Agnessi Valerio — Director of Italian-Russian Institute for Ecological Education and Research Programs of University of Palermo (Italy)

Gatto Leonardo — 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 Zhenzhen — 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, Deutsch.

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

Aims and Scope

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

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

Main thematic sections:

ecology, the safety of human activity, environmental defence, human ecology, biogeochemistry, geoecology, biological resources and problems of environmental education.

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

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

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

Copy Editor *Iu.A. Zaikina*
Layout Designer *O.G. Gorunova*

Address of the editorial board:

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

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

8 Podolskoye shosse, bldg. 5, Moscow, 113093, Russian Federation
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" (RUDN University)
6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation

Printed at RUDN Publishing House:

3 Ordzhonikidze St., Moscow, 115419, Russian Federation
Tel.: +7 (495) 952-04-41; e-mail: publishing@rudn.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ

- Свистун Е.К.** Сравнительный экологический анализ орнитофауны парков города Минска 285
- Даббаг А.** Изучение свойств растений песчаных карьеров Московской области для восстановления растительности песчаных карьеров 299
- Прохоров И.С., Корнеевец К.В., Бычков С.А.** Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела 309
- Сукиасян А.Р.** Влияние засухи на антиоксидантную активность кукурузы из различных почвенно-климатических регионов 315

ГЕОЛОГИЯ

- Загibalова К.М., Матафонова Г.Г., Батоев В.Б.** Деструкция гербицида атразина солнечным излучением в системе фото-Фентона 326
- Мамаджанов Р.Х.** Оценка жизненного состояния древесных растений по индексу асимметрии листьев на территории кампуса РУДН 335
- Аверкина Т.И.** Геоэкологические аспекты гражданского строительства на песках 346

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Сауц А.В.** Прогнозирование экологических последствий загрязненности воздуха свалочным газом в жилой застройке 354

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Kalu N.N.** Groundwater Management Protection Program for Nigeria (Программа защиты и управления грунтовыми водами Нигерии) 367
- Алейникова А.М., Крыленко В.В.** Динамика ландшафтов косы Долгая 379

CONTENTS

ECOLOGY

- Svistun E.K.** Comparative ecological analysis of the avifauna of the city parks of Minsk..... 285
- Dabbagh A.** A study on Moscow region sand pits' plants properties for the restoration of sand pits vegetation..... 299
- Prokhorov I.S., Korneevets K.V., Bychkov S.A.** Information-Analytical Center for Natural Specially Protected Areas Support..... 309
- Sukiasyan A.R.** Effect of drought on the antioxidant activity of corn from various soil and climatic regions..... 315

GEOECOLOGY

- Zagibalova C.M., Matafonova G.G., Batoev V.B.** Destruction of herbicide atrazine by solar radiation in photo-Fenton system 326
- Mamadzhanov R.Kh.** Plant life assessment by the total fluctuating asymmetry index in the RUDN University campus 335
- Averkina T.I.** Geoecological aspects of civil engineering on the sands 346

ENVIRONMENT PROTECTION

- Sauts A.V.** Forecasting the environmental effects of air pollution with landfill gas in residential areas..... 354

SHORT ANNOUNCEMENTS

- Kalu N.N.** Groundwater Management Protection Program for Nigeria 367
- Aleinikova A.M., Krylenko V.V.** Dynamics of landscapes of the spit Dolgaya 379



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-285-298

УДК 582.29:502.3(470.311)

Сравнительный экологический анализ орнитофауны парков города Минска

Е.К. Свистун

Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова
Белорусского государственного университета
Республика Беларусь, 220070, Минск, ул. Долгобродская, 23/1

В работе представлены данные об экологических особенностях орнитофауны парков г. Минска. Выявлены экологические группы и экологические статусы птиц. Наибольшим разнообразием характеризуется отряд Воробьинообразные. Доминирующими видами являются лесные птицы. Установлено, что большинство птиц — гнездящиеся оседлые. Наиболее благоприятным местом для обитания птиц служит территория парка «Дрозды».

Ключевые слова: птицы, орнитофауна, экологический статус, экологические группы, плотность, видовое разнообразие

Введение

Птицы — это наиболее многочисленная по количеству видов группа теплокровных животных. Они составляют важнейший компонент всех природных экосистем и являются самой заметной группой позвоночных животных в городе. Изучение птиц является важной частью работ по исследованию разнообразия живых организмов любой территории. Благодаря высокому видовому разнообразию и численности птицы могут считаться хорошими показателями состояния среды, изменения которой в последнее время приобретают все более негативный характер. Особенно это касается крупных городов с плотной жилой застройкой, где существенно изменяются большинство экологических режимов. Поэтому важной задачей является сохранение любых участков города, близких к естественным природным комплексам. Такими комплексами в городах служат парки. Именно они являются характерными городскими местообитаниями, где формируется комплекс птиц различных экологических групп, адаптированных к урбанизированным условиям. По этой причине городские парки играют основную роль в сохранении видового разнообразия орнитофауны [1].

Цель данной работы — изучение экологических особенностей орнитофауны парков г. Минска.

© Свистун Е.К., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Место и методы

Орнитологические исследования проводились на территории 6 парков г. Минска: Парк им. Челюскинцев совместно с Центральным ботаническим садом, Парк культуры и отдыха им. 50-летия Великого Октября, Лошицкий усадебно-парковый комплекс, памятник природы республиканского значения «Дубрава», лесопарк «Медвежино», парк «Дрозды».

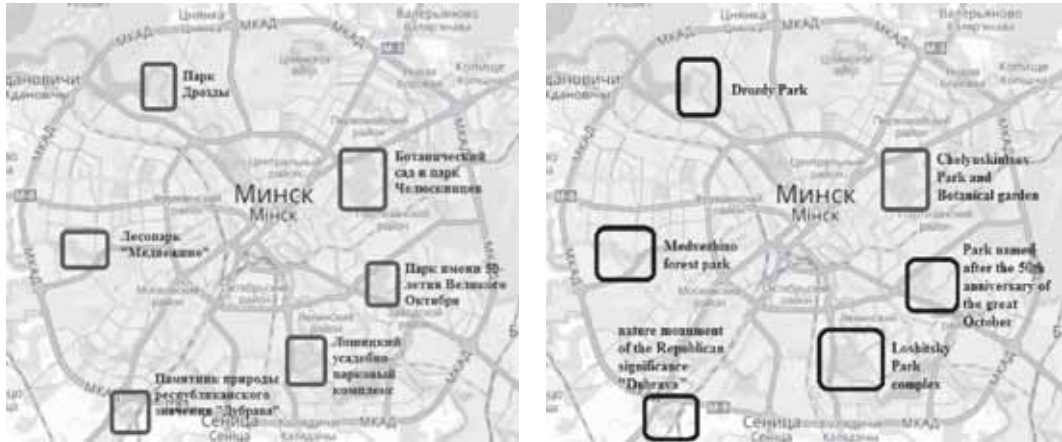


Рис. 1. Исследуемые территории на карте г. Минск
[Figure 1. Studied areas on the map of Minsk]

Учет численности птиц проводился маршрутным методом. Измерение протяженности маршрутов проводилось по карте. Учет проходил в утреннее время, при удовлетворительных погодных условиях, т.е. в отсутствие сильного ветра и сильных атмосферных осадков. В таких условиях птицы наиболее активны. Изучение птиц проводилось при помощи бинокля с кратностью 8×24 и полевых определителей. Для отображения полученных данных использовался полевой дневник. В дневнике перед началом исследования маршрута записывалась дата, характеристика биотопа, погодные условия (температура, облачность, наличие ветра и осадков), время начала прохождения маршрута. Далее заносились результаты учета [2].

Для обработки собранных данных использовались такие показатели, как плотность населения птиц, индекс биоразнообразия Шеннона, индекс видового богатства Маргалефа, индекс доминирования Симпсона и Бергера — Паркера.

Плотность населения птиц (N) рассчитывается по следующей формуле

$$N = n / Lb, \quad (1)$$

где n — количество особей конкретного вида; L — общая протяженность учетного маршрута, выраженная в км; b — ширина учетной полосы, км [3].

Для определения видового богатства использовали индекс Маргалефа, который рассчитывается по формуле

$$D_{Mg} = (S - 1) / \ln N, \quad (2)$$

где S — число выявленных видов; N — общее число особей всех S видов [3].

Индекс Шеннона рассчитывается по формуле

$$H = -\sum p_i \ln p_i, \quad (3)$$

где p_i — доля i -го вида в биотопе ($p_i = n_i/N$, где n_i — численность i -го вида; N — общая численность птиц) [3].

Индекс доминирования Симпсона рассчитывается по формуле

$$D = \sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}, \quad (4)$$

где n_i — число особей i -го вида; N — общее число особей [3].

Индекс разнообразия Бергера — Паркера рассчитывается по формуле

$$d = N_{\max} / N, \quad (5)$$

где N — общее число особей; N_{\max} — число самого обильного вида [3].

Результаты и их обсуждение

В ходе орнитологических исследований парковых комплексов г. Минска был выявлен 61 вид птиц, относящихся к 8 отрядам. На территории парка «Дрозды» зафиксировано 42 вида птиц, в Парке им. Челюскинцев и Центральном ботаническом саду — 36 видов, в Лошицком усадебно-парковом комплексе — 36 видов, в памятнике природы «Дубрава» — 34 вида, в лесопарке «Медвежино» — 24 вида и в Парке им. 50-летия Великого Октября — 20 видов птиц. Из рис. 2 видно, что доминирующими во всех парках являются представители отряда Воробьинообразные (*Passeriformes*) — 48 видов. Также во всех парках зафиксированы представители отрядов Дятлообразные (*Piciformes*) — 3 вида и Голубеобразные (*Columbiformes*) — 2 вида. Кроме того, в трех парках выявлены виды, относящиеся к отрядам Гусеобразные (*Anseriformes*), Ржанкообразные (*Charadriiformes*) и Соколообразные (*Falconiformes*) по 2 вида, Стрижеобразные (*Apodiformes*) и Кукушкообразные (*Cuculiformes*) по 1 виду.

По экологическому статусу выделяют: гнездящиеся, зимующие и мигрирующие виды птиц [4]. В свою очередь гнездящиеся виды подразделяются на гнездящиеся оседлые, гнездящиеся перелетные, гнездящиеся перелетные и в ограниченном количестве зимующие виды птиц. К мигрирующим также относятся мигрирующие и в ограниченном количестве зимующие виды. Из рис. 3 видно, что на территории городских парков преобладают гнездящиеся оседлые (23 вида) и гнездящиеся перелетные (27 видов) виды птиц. Кроме того, выявлены единичные виды, относящиеся к мигрирующим и мигрирующим и в ограниченном количестве зимующим видам. Такое распределение свидетельствует о благоприятных условиях для гнездования птиц.

На территории изучаемых парков сообщество птиц разделяется на 5 экологических групп: лесные, синантропные, птицы открытых ландшафтов, водно-болотные и околотовные птицы [5]. Доминирующими видами на всех исследуемых территориях являются лесные птицы (40 видов), далее идут синантропные (11 видов) (рис. 4).

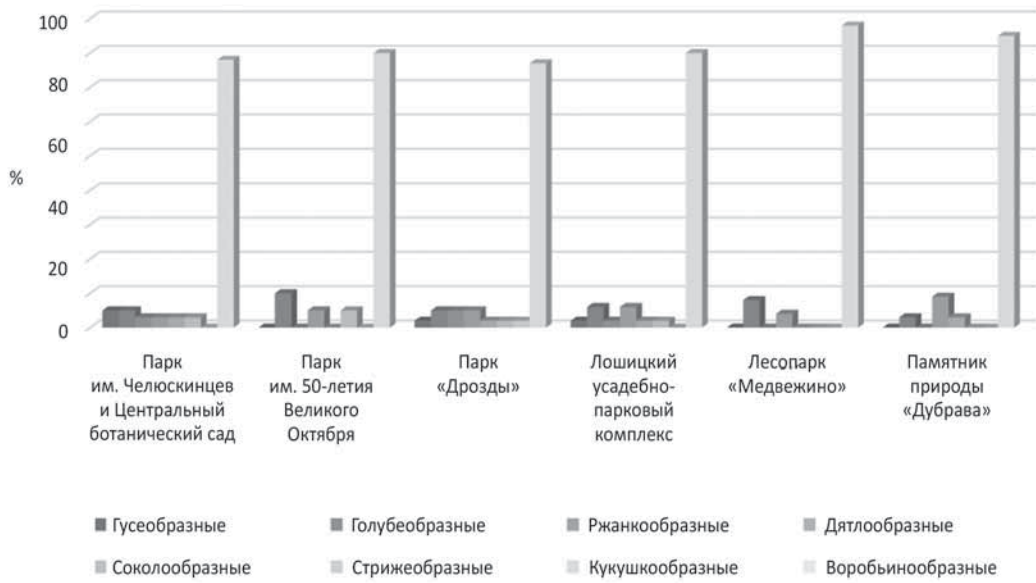


Рис. 2. Соотношение отрядов птиц парков г. Минска

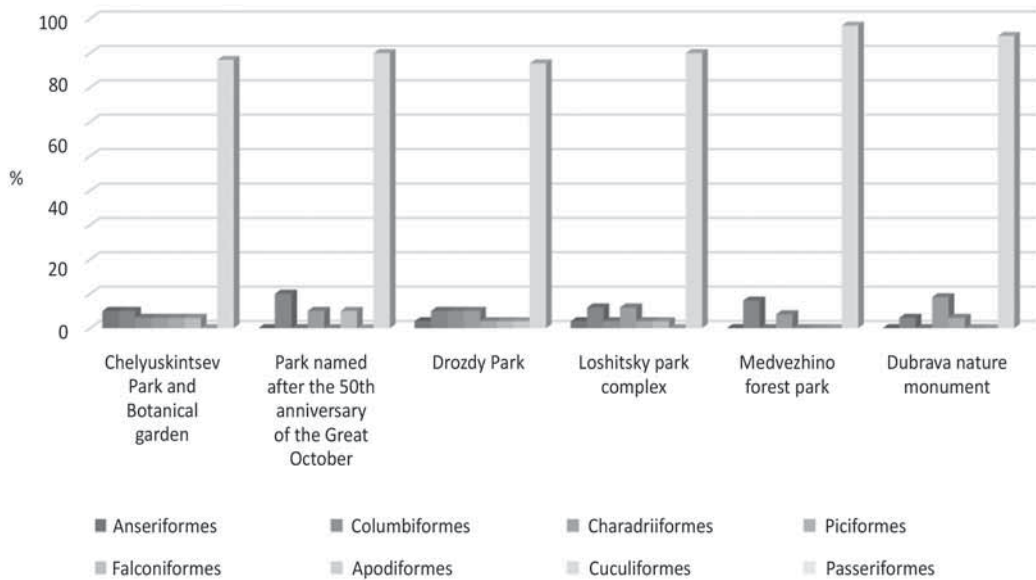


Figure 2. The ratio of bird groups parks in Minsk

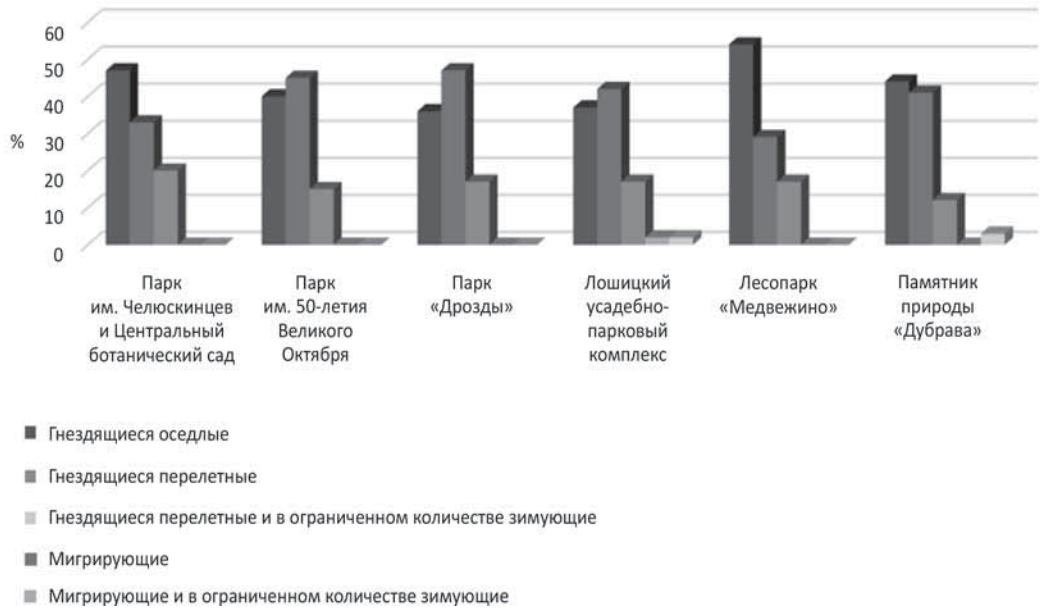


Рис. 3. Экологические статусы птиц парков г. Минска

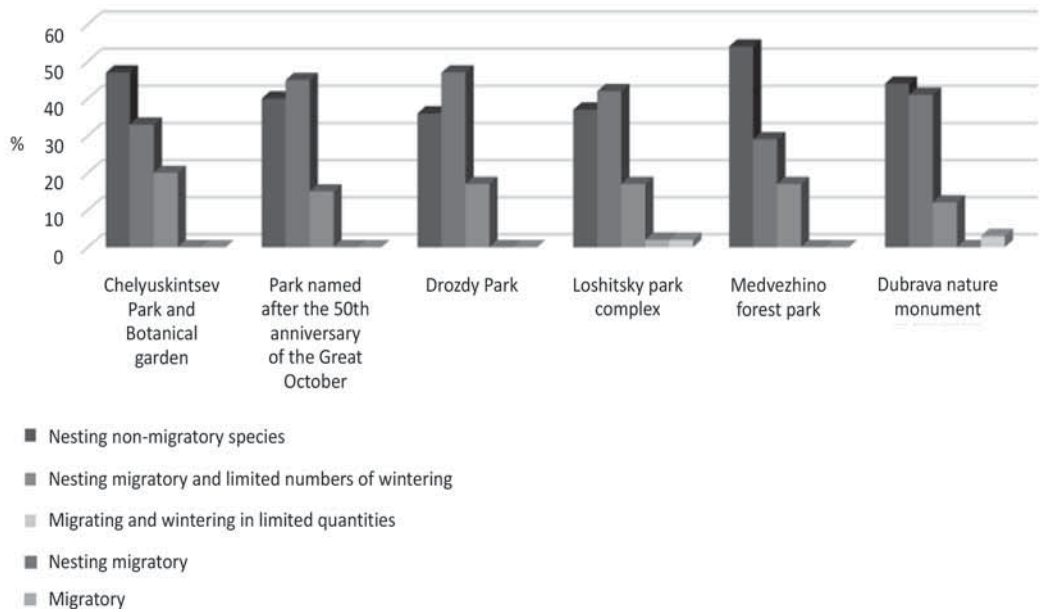


Figure 3. Environmental status of the bird parks of Minsk

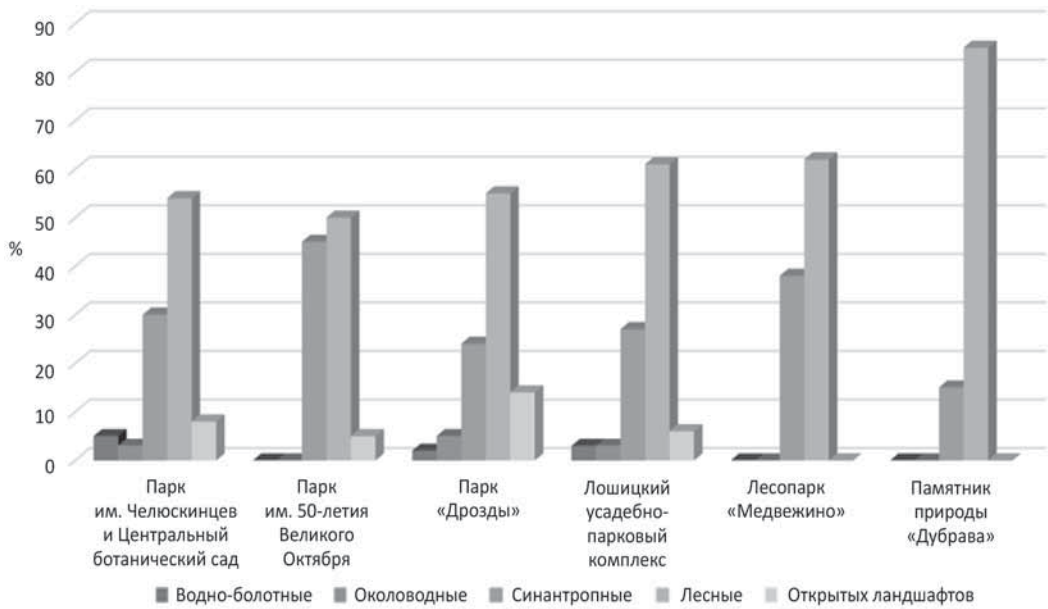


Рис. 4. Экологические группы птиц городских парков

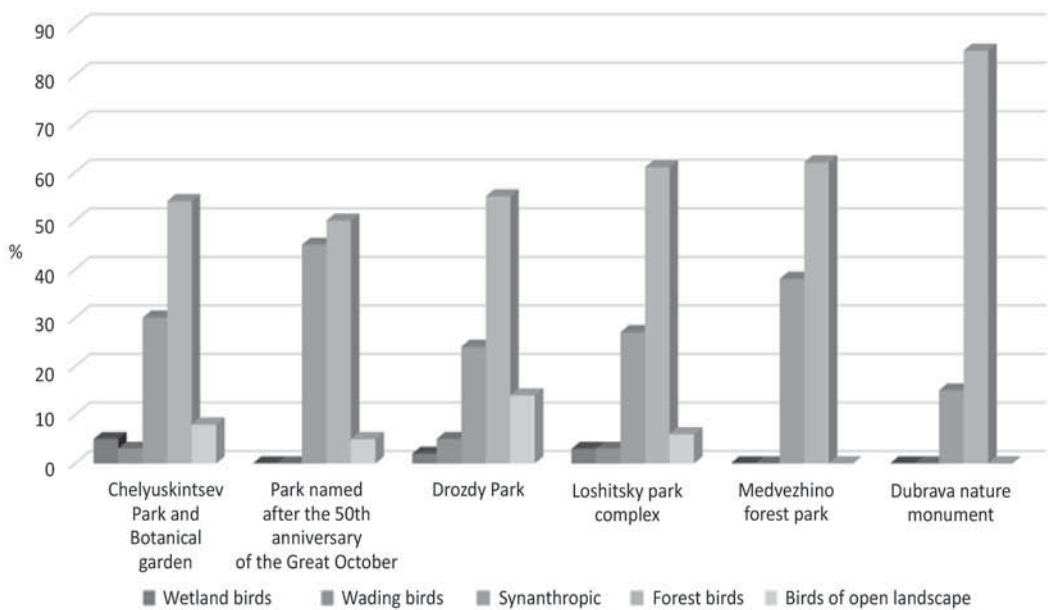


Figure 4. Ecological groups of birds in city parks

Преобладание лесных птиц связано с многообразием типов насаждений, хорошо выраженной ярусностью и наличием кустарников в подлеске, где птицы находят благоприятные места для гнездования и питания, а также могут укрыться от человека. Наличие синантропных представителей орнитофауны обусловлено тем, что изучаемая территория находится в городе, где люди подкармливают птиц. Наличие водно-болотных (2 вида), околоводных (2 вида) и птиц открытых ландшафтов (6 видов) связано с особенностями в структуре самих парков. На-

пример, в Центральном ботаническом саду, парке «Дрозды» и Лошицком усадебно-парковом комплексе присутствуют водоемы, поэтому отмечены водно-болотные и околоводные птицы.

Для анализа орнитофауны городских парков использовались следующие показатели: плотность населения птиц, индекс биоразнообразия, индекс видового богатства, индексы доминирования.

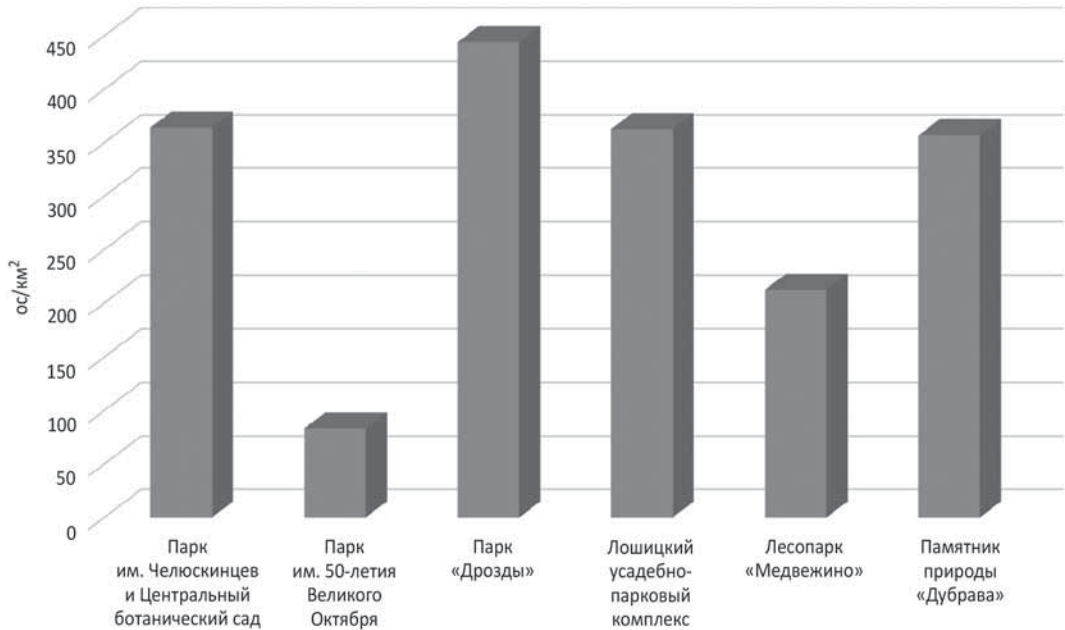


Рис. 5. Суммарная плотность населения птиц городских парков

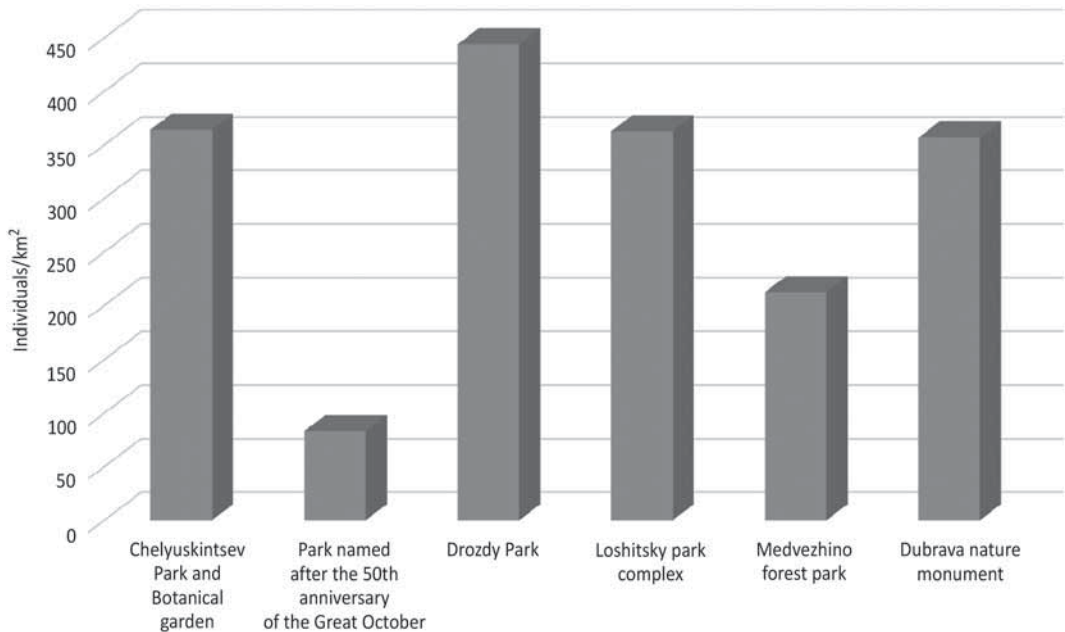


Figure 5. Total population density of birds in city parks

Суммарная плотность населения орнитофауны показывает наличие или же отсутствие в парковых зонах благоприятных условий для обитания птиц. Чем больше плотность населения птиц, тем более подходящие условия обитания в парке. Из рис. 5 видно, что в парке «Дрозды» плотность равна $443,94 \text{ ос/км}^2$ — это больше, чем в других парках, следовательно, на данной территории птицы нашли наиболее комфортное место обитание. Напротив, в Парке им. 50-летия Великого Октября плотность составила $83,02 \text{ ос/км}^2$, что указывает на отсутствие условий окружающей среды для гнездования и поиска пищи птиц. Лесопарк «Медвежино» тоже имеет не большую плотность населения орнитофауны — $221,22 \text{ ос/км}^2$. Остальные парки обладают приблизительно равной плотностью — около 360 ос/км^2 . Это говорит о наличии в данных парках благоприятных условий для обитания птиц.

При анализе сообщества птиц для характеристики разнообразия и выравненности сообщества использовался индекс Шеннона. Чем больше в сообществе видов и чем меньше отличается их численность, тем выше значение индекса Шеннона. Как видно из рис. 6, наибольшее значение индекса Шеннона имеет в Лошицком усадебно-парковом комплексе и составляет 3,27. Это значит, что в данном парке сообщество орнитофауны более разнообразно и численность видов птиц, его составляющих, более выровнена. Поэтому данная территория является наиболее благоприятной для обитания птиц. Наименьшее значение индекса в Парке им. 50-летия Великого Октября — 2,49. Следовательно, видовое разнообразие имеет не большое значение.

Для определения и сравнения видового богатства на нескольких территориях используется индекс Маргалефа. Чем выше показатель индекса, тем выше видовое богатство в выборке. Таким образом, видовое богатство орнитофауны на территории парка «Дрозды» больше, чем в других парковых комплексах, и составляет 4,11 (рис. 7). Наименьший показатель индекса получился в Парке им. 50-летия Великого Октября — 1,32.

Для получения полной картины изучаемого сообщества необходимо иметь представление не только о видовом разнообразии, но и о степени доминирования. Для этого рассчитывался индекс Симпсона. Он очень чувствителен к присутствию в выборке наиболее обильных видов, но слабо зависит от видового богатства. При расчете было выявлено, что индекс во всех парках колеблется от 0 до 0,096 (рис. 8). Это значит, что уровень доминирования отдельных видов не высокий. Но в Парке им. 50-летия Великого Октября индекс Симпсона равен 0,096, что близко к высокому уровню доминирования, и, следовательно, разнообразие в этом парке меньше, чем в других парках.

Определение возможных изменений в доминировании и отражение относительной значимости наиболее обильного вида птиц проводились с помощью индекса Бергера — Паркера. Как видно из рис. 9, доминирование одного наиболее обильного вида наблюдается в Парке им. Челюскинцев и Центральном ботаническом саду (зяблик), а также в Парке им. 50-летия Великого Октября (большая синица). Индекс равен соответственно 7,24 и 7,35. В памятнике природы «Дубрава» индекс составил 9,65, в лесопарке «Медвежино» — 10,25. Это означает, что

на данных территориях также присутствует доминирование одного вида, но оно выражено слабее, чем в Парке им. Челюскинцев и Центральном ботаническом саду.

Таким образом, установлено, что на территории парков г. Минска обитает 61 вид птиц, относящихся к 8 отрядам. Большинство выявленных птиц принадлежит к гнездящимся видам, что указывает на благоприятные условия для гнездования в парковых комплексах города. Доминирующими видами по экологическим группам являются лесные птицы, что также указывает на благоприятные условия для обитания птиц в парках. По относительной численности преобладающими являются обычные виды.

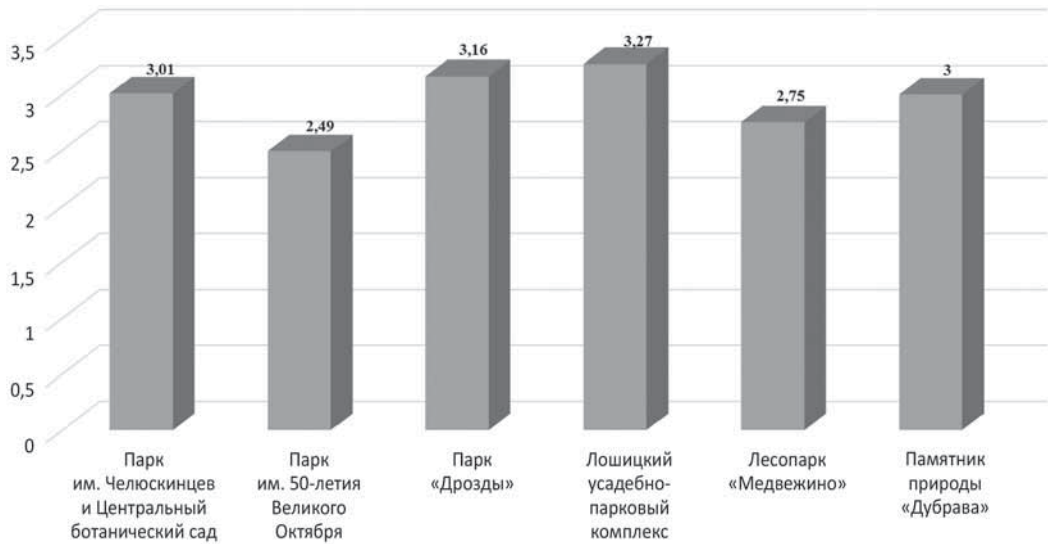


Рис. 6. Показатели индекса Шеннона

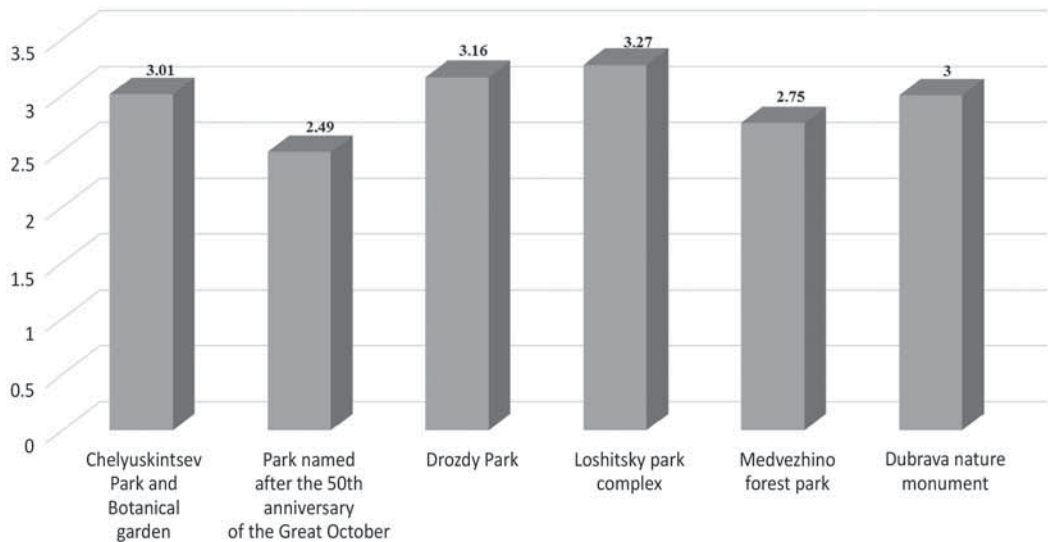


Figure 6. The index of Shannon

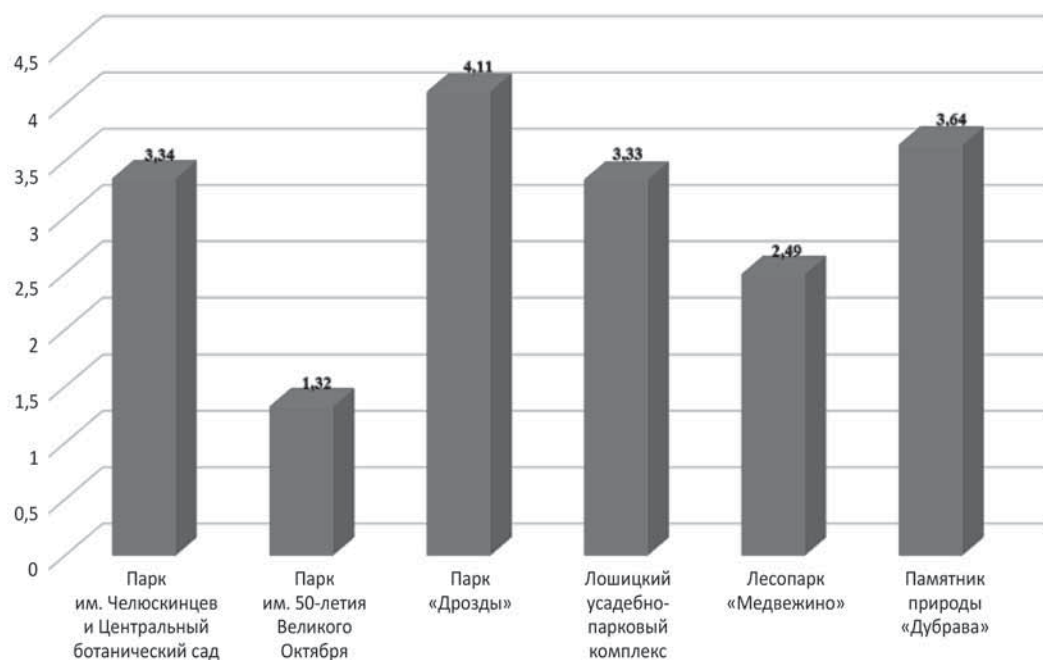


Рис. 7. Показатели индекса Маргалефа

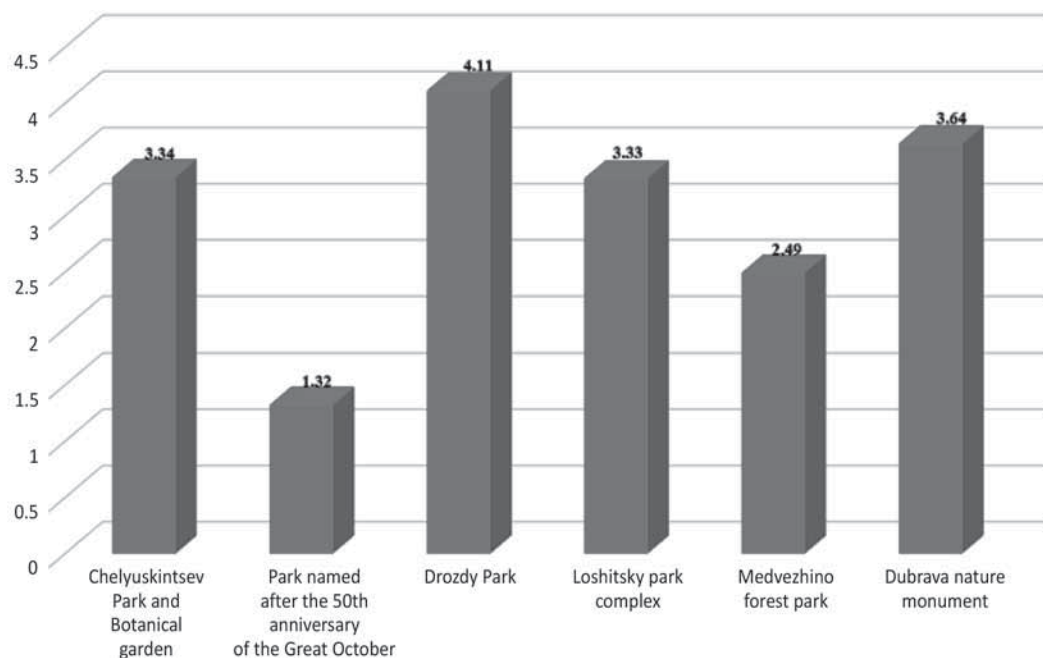


Figure 7. The index of Margalef

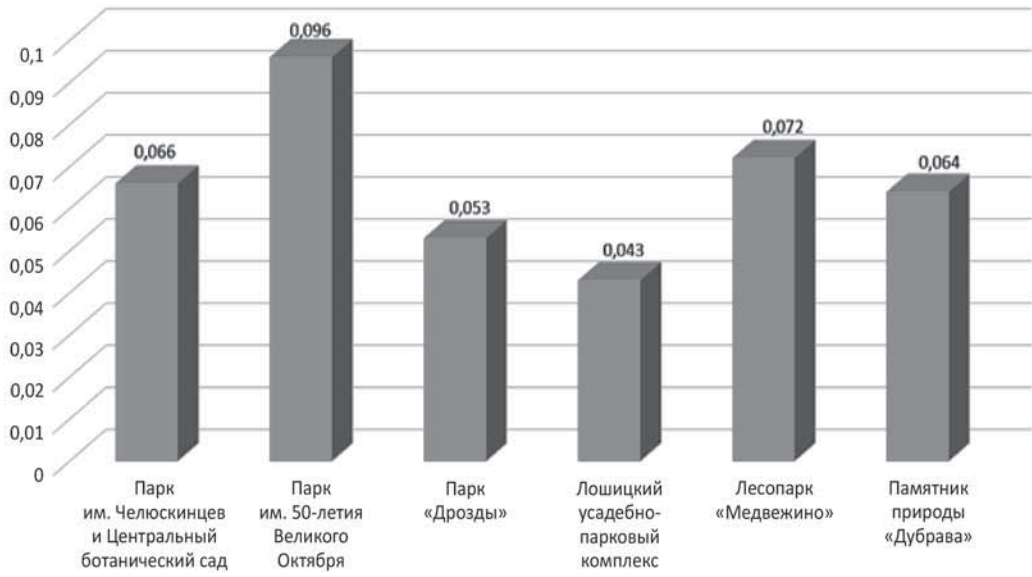


Рис. 8. Показатели индекса Симпсона

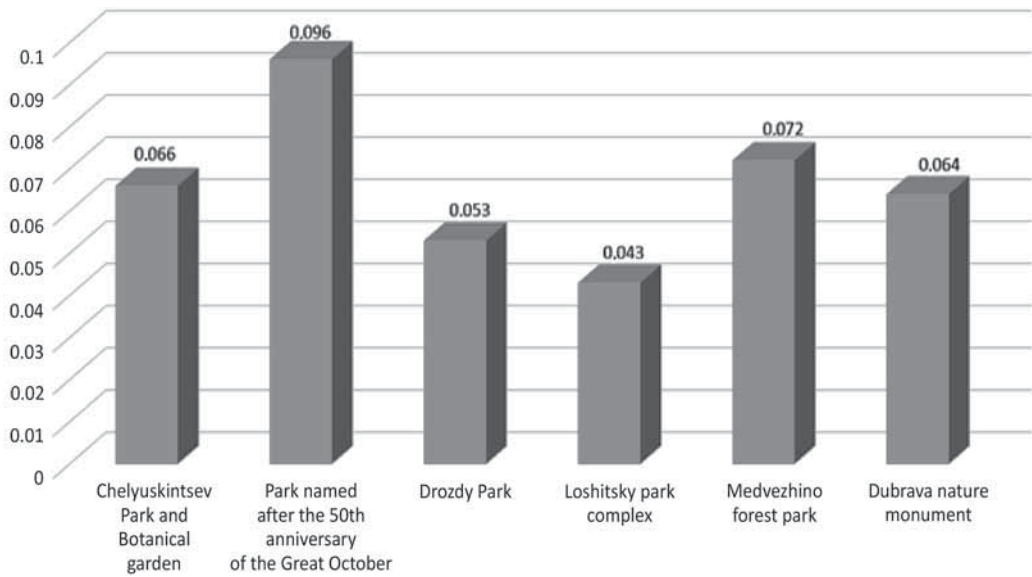


Figure 8. The index of Simpson

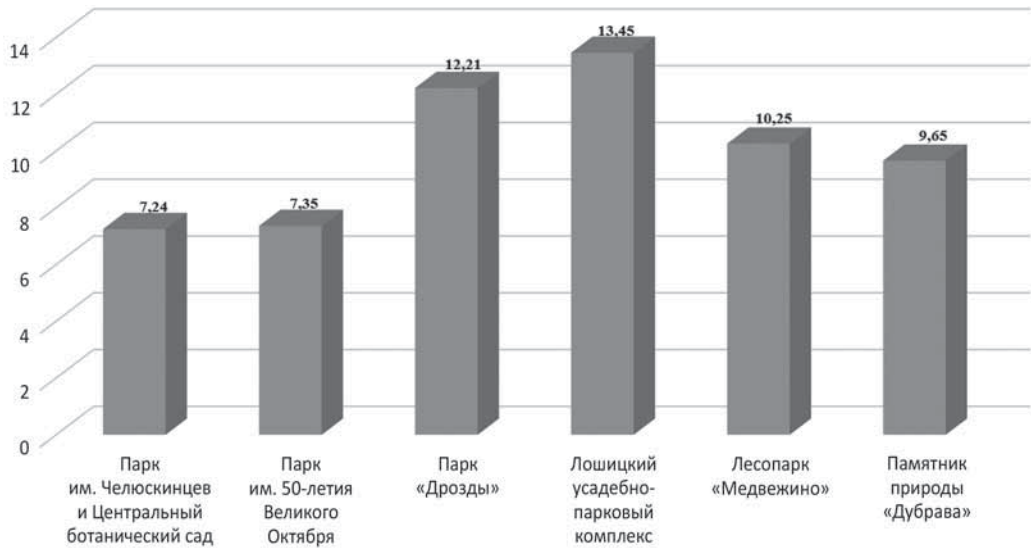


Рис. 9. Показатели индекса Бергера — Паркера

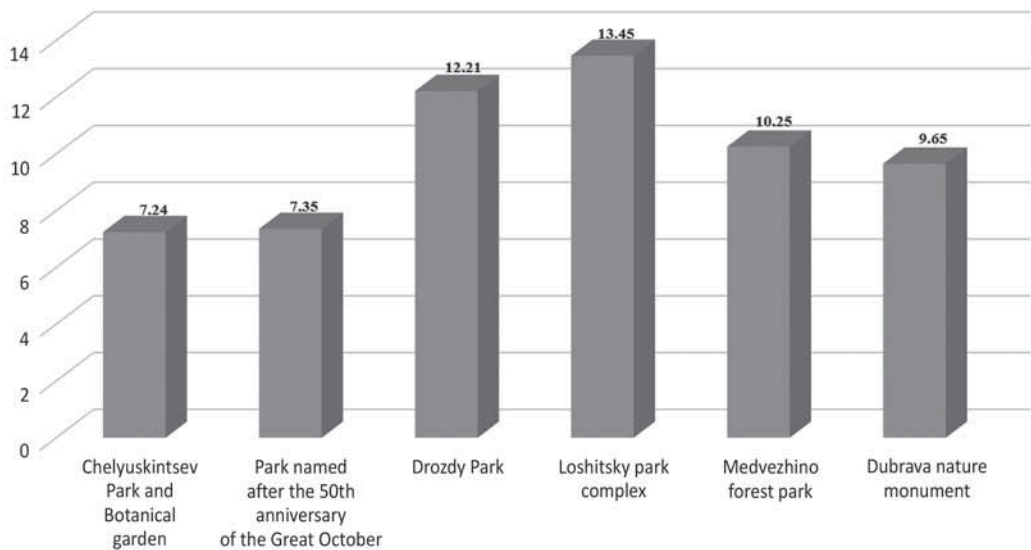


Figure 9. The index of Berger — Parker

Заключение

При анализе орнитофауны городских парков было выявлено, что биоразнообразие птиц указывает на экологические условия их места обитания. Так, наиболее благоприятным местом для обитания птиц являются парк «Дрозды» и Лошицкий усадебно-парковый комплекс. На это указывает высокая суммарная плотность населения орнитофауны данных парков и высокий показатель индексов Шеннона и Маргалефа, т.е. высокое видовое разнообразие и достаточно однородная численность, что подтверждается индексами Симпсона и Бергера — Паркера. Данные парки находятся в частях города, которые в минимальной степени

подвержены антропогенной и техногенной нагрузкам. Менее привлекательным местом для жизни птиц служит Парк им. 50-летия Великого Октября. Это подтверждается показателями рассчитанных индексов, а также малым видовым разнообразием и выраженным доминированием одного вида (большая синица). Данная территория находится в самом промышленном районе города, следовательно, высоки антропогенная и техногенная нагрузки.

Список литературы

- [1] *Хандогий Д.А.* Особенности пространственной структуры птиц при русловых биотопах реки Свислочь и парковых зон Минского мегаполиса // Вопросы естествознания. 2010. С. 3–11.
- [2] *Лебедева Н.В.* География и мониторинг биоразнообразия. М.: Изд-во Научного и учебно-методического центра, 2002.
- [3] *Медведев Н.В.* Методы количественного учета птиц. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013.
- [4] *Гричик В.В.* Животный мир Беларуси. Позвоночные. Мн.: Издательский центр БГУ, 2013.
- [5] *Дорофеев С.А.* Закономерности пространственного распределения и формирования орнитокомплексов сосновых лесов белорусского поозерья // Актуальные проблемы зоологической науки в Беларуси. 2017. № 1. С. 119–128.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 22.02.2018

Дата принятия к печати: 20.09.2018

Для цитирования:

Сvistun E.K. Сравнительный экологический анализ орнитофауны парков города Минска // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 285–298. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-285-298

Сведения об авторе:

Сvistun Елена Константиновна — магистрант 1-го курса факультета экологической медицины Международного государственного экологического института имени А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета; преподаватель биологии Минского государственного профессионально-технического колледжа легкой промышленности и бытового обслуживания населения. *Контактная информация:* e-mail: svistyn.alena@yandex.by

Comparative ecological analysis of the avifauna of the city parks of Minsk

E.K. Svistun

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University
23/1 Dolgobrodskaya St., Minsk, 220070, Republic of Belarus

The paper presents data on the environmental features of the avifauna of the parks in Minsk. Ecological groups and ecological status of birds are revealed. The greatest variety is characterized by a group of Passerine. The dominant species are forest birds. It is established that the majority of birds are nesting settled. The most favorable place for birds is the territory of the Drozdy Park.

Keywords: birds, avifauna, ecological status, ecological groups, density, species diversity

References

- [1] Khandogiy DA. Osobennosti prostranstvennoy struktury ptits pri ruslovykh biotopakh reki Svisloch' i parkovykh zon Minskogo Megapolisa [Features of the spatial structure of the birds of the riparian habitats of the river Svisloch and Park zones of Minsk Metropolis]. *Voprosy estestvoznaniya [Problems of natural Sciences]*. 2010; 3—11.
- [2] Lebedeva NV. *Geografiya i monitoring bioraznoobraziya [Geography and monitoring of biodiversity]*. M.: Nauchnyi i uchebno-metodicheskii tsentr Publ.; 2002.
- [3] Medvedev NV. *Metody kolichestvennogo ucheta ptits [Methods of quantitative accounting of birds]*. Petrozavodsk: PetrGU Publ.; 2013.
- [4] Grichik VV. *Zhivotnyy mir Belarusi. Pozvonochnye [The Fauna of Belarus. Vertebral]*. Mn.: BGU Publ.; 2013.
- [5] Dorofeev SA. Zakonomernosti prostranstvennogo raspredeleniya i formirovaniya ornitokompleksov sosnovykh lesov belorusskogo poozer'ya [Regularities of spatial distribution and formation of ornithocomplexes of pine forests of the Belarusian lake]. *Aktual'nye problemy zoologicheskoy nauki v Belarusi [Actual problems of Zoological science in Belarus]*. 2017;1: 119—128.

Article history:

Received: 22.02.2018

Revised: 20.09.2018

For citation:

Svistun EK. Comparative ecological analysis of the avifauna of the city parks of Minsk. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3): 285—298. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-285-298

Bio Note:

Elena Konstantinovna Svistun — master student (1st year) of the Faculty of International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University; biology teacher of the Minsk State Professional Technical College of Light Industry and Consumer Services. *Contact information:* e-mail: svistyn.alena@yandex.by



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-299-308

УДК 581.5

Изучение свойств растений песчаных карьеров Московской области для восстановления растительности песчаных карьеров

А. Даббаг

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

Естественные процессы регенерации растений и восстановления разрушенных экосистем в пострадавших областях идут очень медленно. Песчаные карьеры — это техногенные формы рельефа, что вызывает необходимость всестороннего изучения особенностей их растительности, которая помогает остановить движение песчаных склонов, стабилизировать песчаные массы, рекультивировать земли. Были изучены склоны северной и южной экспозиций в некоторых песчаных карьерах (Звенигородский, Дзержинский, Раменский (ГОК), Лыткаринский, Лызлово). Основой работы стали геоботанические описания на экспериментальных площадках $5 \times 5 \text{ м}^2$, выполненные по стандартной методике. Всего на обследованных участках найдено 93 вида высших сосудистых растений. Число видов зависит от исторических особенностей развития ландшафта, но больше всего от экологических факторов местообитания, таких как крутизна склона, влажность, освещенность и богатство почвы. Растительный покров песчаных карьеров сильно разрежен, проективное покрытие представляют 20–30 %, что является характерным для песчаных ландшафтов [1]. Среди растений в спектре жизненных форм по К. Раункиеру подавляющее большинство — гемикриптофиты, что типично для фитоценозов средней полосы России. Можно отметить, что хамефиты отсутствуют в большинстве карьеров, кроме Дзержинского. В спектре жизненных форм по И.Г. Серебрякову на всех карьерах было выявлено преобладание травянистых поликарпиков, из них доминантами являются длиннокорневищные, стержнекорневые и короткокорневищные растения. Среди растений подмосковных песчаных карьеров преобладают летнезеленые. Это связано с их произрастанием в умеренной климатической зоне. Виды растений исследованных песчаных карьеров относятся к луговой эколого-ценотической группе. Эта группа складывается из растений, которые достигают полного развития лишь в условиях хорошего освещения. Аборигенные растения в песчаных карьерах доминируют.

Ключевые слова: песчаные карьеры, биоразнообразие, жизненная форма, эколого-ценотические группы, экспозиция склона

Введение

Песчаные карьеры являются необычными местообитаниями с большой выреженностью крутизны склонов и высокой подвижностью субстрата. После за-

© Даббаг А., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

вершения работ карьеры должны подвергаться рекультивации, которая представляет собой комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности нарушенных земель и, следовательно, на улучшение условий окружающей среды. Для составления плана биологической рекультивации необходимо всестороннее знание особенностей растительности песчаных карьеров. Результаты данного исследования, направленного на изучение растительности песчаных субстратов, можно использовать для планирования процессов стабилизации песчаных склонов и рекультивации песчаных карьеров, они имеют большую значимость для разработки рекомендаций по восстановлению растительности или использованию нарушенных территорий в хозяйственных целях.

Материалы и методы

Материалы собраны летом 2017 года (с начала июня по конец сентября) в ходе полевых исследований на территории пяти песчаных карьеров Московской области (Звенигородский, Дзержинский, Раменский, Лыткаринский, Лызлово). Основой работы стали геоботанические описания на площадках $5 \times 5 \text{ м}^2$, выполненные по стандартной методике. Описания проводились на склонах северной и южной экспозиций в каждом карьере для последующего сравнения. Жизненные формы определялись по системам К. Раункиера и И.Г. Серебрякова [2; 3]. Оценка экологических характеристик местообитаний проводилась с использованием экологических шкал Г. Элленберга [4]. Эколого-ценотические группы определялись по М.В. Казаковой [5]. Названия растений приведены по определителю И.А. Губанова и др. [6]. Для определения ритмов сезонного развития растений, отношения к аборигенному или адвентивному компоненту флоры использовались данные учебного пособия «Растения города Дубна» [3]. Встречаемость растений определялась с помощью рамки Л.Г. Раменского.

Результаты и обсуждение

Проективное покрытие растительности песчаных карьеров представляют 20—30 %, что является характерным для песчаных ландшафтов [1].

Всего на обследованных участках карьеров было найдено 93 вида растений. Следует отметить, что на склонах южной экспозиции видовое разнообразие выше по сравнению со склонами северной экспозиции (рис. 1). Это зависит от экологических факторов местообитания, когда широкий диапазон экологических факторов (влажности почвы, освещенности и т.д.) позволяет поселиться на южном склоне большему числу видов растений.

Встречаемость растений определялась с помощью рамки Л.Г. Раменского, для этого рамку бросили 50 раз на склоне каждой экспозиции, всего в результате исследования в пределы рамки Раменского попали 80 из 93 видов растений. Повторяемость попадания вида в рамку на каждом склоне была разная, но высокая встречаемость в 30 % и более была выявлена для 16 видов. Например, для Звенигородского карьера высокая встречаемость была установлена для полыни равнинной (*Artemisia campestris* L.) — 34 % на южном склоне и 36 % на северном склоне, вейника наземного (*Calamagrostis epigejos* L. Roth.) — 30 % на южном и 34 % на

северном склоне. Для Дзержинского карьера (южный склон) — тростника южного (*Phragmites australis Cav.*) — 42 %, вербейника обыкновенного (*Lysimachia vulgaris L.*) — 36 %; для Лыткаринского карьера (северный склон) полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris L.*) — 34 %, вербейника обыкновенного (*Lysimachia vulgaris L.*) — 30 %; для Раменского карьера (южные склоны) — подмаренника болотного (*Galium palustre L.*) — 44 %, марьяника дубравного (*Melampyrum nemorosum L.*) — 48 %; для карьера Лызлово (северные склоны) — нивяника обыкновенного (*Leucanthemum vulgare Lam.*) — 36 %, вейника наземного (*Calamagrostis epigejos L. Roth*) — 34 %. Общих видов растений с высокой встречаемостью для всех карьеров не было обнаружено, однако стоит отметить, что наиболее часто встречаемыми видами в карьерах для северного и южного склонов являются вейник наземный и тростник южный.

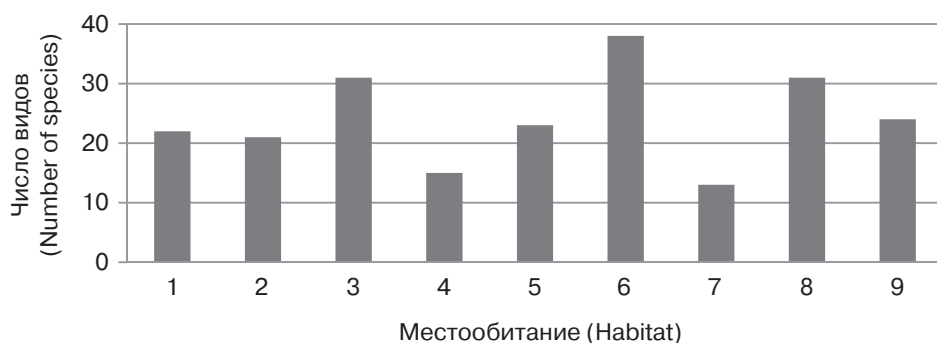


Рис. 1. Видовое разнообразие растений песчаных карьеров:

- 1 — Звенигородский карьер южного склона; 2 — Звенигородский карьер северного склона;
3 — Дзержинский карьер южного склона; 4 — Лыткаринский карьер южного склона;
5 — Лыткаринский карьер северного склона; 6 — Раменский карьер южного склона;
7 — Раменский карьер северного склона; 8 — Лызлово карьер южного склона;
9 — Лызлово карьер северного склона

[Figure 1. Species diversity of different sand pits plant:

- 1 — Zvenigorod sand pit of the southern slope; 2 — Zvenigorod sand pit of the northern slope;
3 — Dzerzhinsky sand pit of the southern slope; 4 — Lytkarinsky sand pit of the southern slope;
5 — Lytkarinsky sand pit of the northern slope; 6 — Ramensky sand pit of the southern slope;
7 — Ramensky sand pit of the northern slope; 8 — Lyzlovo sand pit of the southern slope;
9 — Lyzlovo sand pit of the northern slope]

Среди растений с высокой встречаемостью подавляющее большинство — мезофиты 56 % (рис. 2), однако значительна доля ксеромезофитов 19 %, что полностью согласуется с данными, встреченными нами в литературе [1; 7] Небольшая доля гигромезофитов (например, вербейник обыкновенный) связана, вероятно, с контрастностью условий местообитания и присутствием сорных видов (марь белая, мятлик обыкновенный).

Типичной жизненной формой, доминирующей в фитоценозах средней полосы России, является гемикриптофит. В аридных зонах, согласно К. Раункиеру, должны доминировать терофиты. Согласно полученным данным, по К. Раункиеру спектр жизненных форм растений для песчаных карьеров Подмосковья отражает типичные климатические условия умеренной зоны и своеобразие субстрата, на котором растут растения. И на северных, и на южных склонах карьеров доминируют гемикриптофиты (рис. 3).

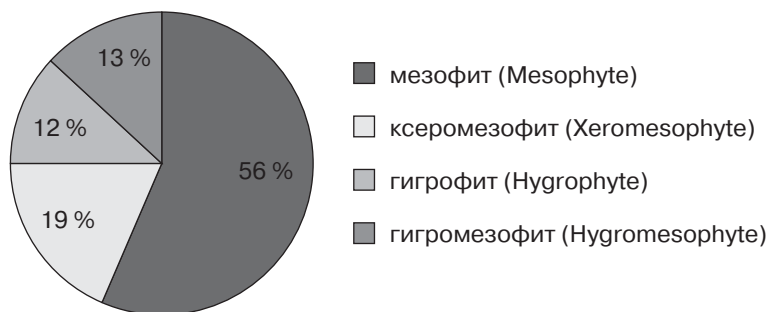


Рис. 2. Соотношение экологических групп растений и влажности для растений с высокой встречаемостью на песчаных карьерах

[Figure 2.] Ratio of plants ecological groups in relation to humidity for plants with high occurrence on sand pits



Рис. 3. Спектр жизненных форм растений песчаных карьеров по К. Раункиеру
[Figure 3.] Spectrum of life forms according to the system of K. Raunkiaer on different habitats

Любопытно, что хамефиты полностью отсутствуют в большинстве карьеров, кроме Дзержинского. Подобные особенности, скорее всего, связаны с видовым разнообразием растительности, спонтанно складывающимся в каждом карьере. Стоит обратить внимание на довольно высокую долю геофитов в целом, что зависит от неблагоприятных условий, например засушливости субстрата [8].

Далее проводилась классификация жизненных форм по И.Г. Серебрякову. На основе данной классификации выявляется влияние экологических факторов на изученные растительные сообщества.

В спектре жизненных форм по И.Г. Серебрякову (рис. 4) для всех карьеров было выявлено преобладание травянистых поликарпиков, среди них доминантами являются длиннокорневищные (например, вейник наземный — *Calamagrostis epigeios* L. Roth. и мать-и-мачеха — *Tussilago farfara* L.), стержнекорневые (например, одуванчик лекарственный — *Taraxacum officinale* L. Weber) и короткорневищные (например, полынь обыкновенная — *Artemisia vulgaris* L.) растения.

В условиях песчаных карьеров выявлена высокая доля стержнекорневых растений, что типично для пустынных фитоценозов [9]. Присутствие стержнекорневых растений связано с их приспособленностью к высокой инсоляции местобитаний и устойчивостью к засухе. В целом стоит отметить, что длиннокорневищные и короткокорневищные растения тяготеют к легким почвам и рыхлым субстратам, хотя последние более пластичны к условиям произрастания [10].



Рис. 4. Спектр жизненных форм растений песчаных карьеров по И.Г. Серебрякову:
травянистые монокарпики: МДв — двулетний; МОд — однолетний;
травянистые поликарпики: СК — стержнекорневой; ДК — длиннокорневищный;
 КК — короткокорневищный; РД — рыхлодерновинный; ПОЛЗ — ползучий; КО — корнеотпрысковый;
 HC — надземностолонный; ПК — полукустарничек

[Figure 4. The spectrum of life forms by I.G. Serebryakov on different habitats:
PMp — perennial monocarpic: BMP — biennial monocarpic; Amp — annual monocarpic;
Herbaceous perennial polycarpics: TRPp — tap root polycarpic; LRPp — long rhizome polycarpic;
 SRPp — short rhizome polycarpic; LCPp — loose cespitose polycarpic; CPp — creeping polycarpic;
 RSPp — root sucker polycarpic; OSPp — overground stoloniferous polycarpic; Sp — semishrub]

Среди представленных эколого-ценотических групп растений подмосковных песчаных карьеров преобладают луговые виды (рис. 5). Данная группа складывается из растений, достигающих полного развития лишь в условиях хорошего освещения. Это вполне согласуется с условиями освещения в песчаных карьерах. На сухих песчаных почвах значительна примесь видов, селящихся на местах с нарушенным растительным покровом (сорные, сорно-луговые, сорно-лесолуговые и сорно-лесные виды). Хотя в целом луговые ценозы слагают мезофильные растения, они не представляют однородной экологической группы и их отношение к условиям увлажнения неодинаково.

Среди растений песчаных карьеров доминируют летнезеленые (рис. 6). Это связано с произрастанием в умеренной климатической зоне, для которой характерны длительный зимний период покоя и неблагоприятные условия среды. Остальные группы (летнезимнезеленые и вечнозеленые) представлены незначительно.

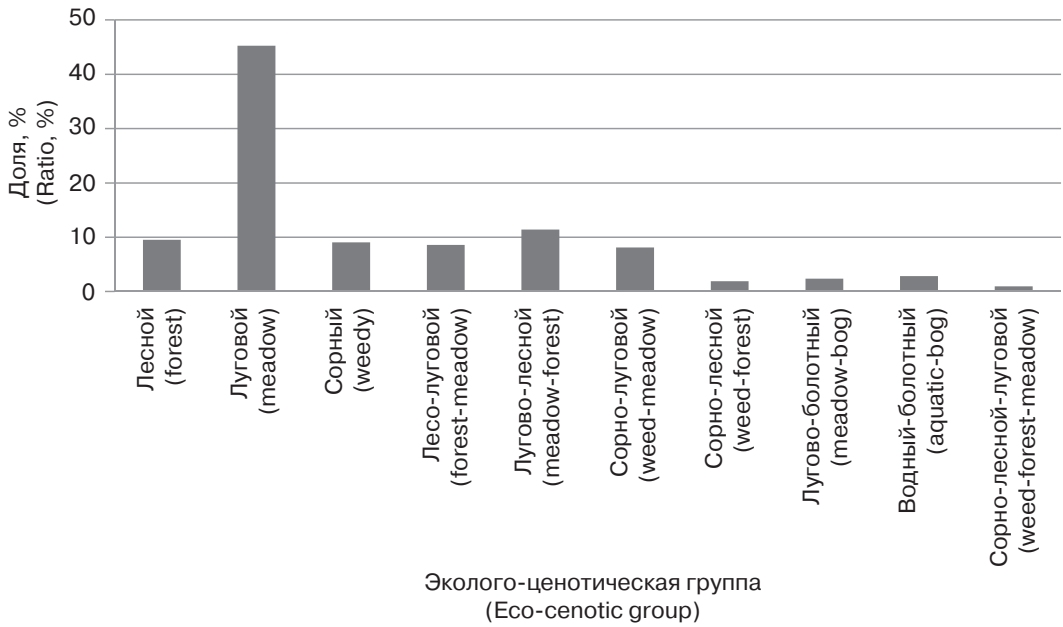


Рис. 5. Соотношение эколого-ценотических групп во флоре песчаных карьеров
[Figure 5. The eco-cenotic groups ratio in the flora of sand pits]

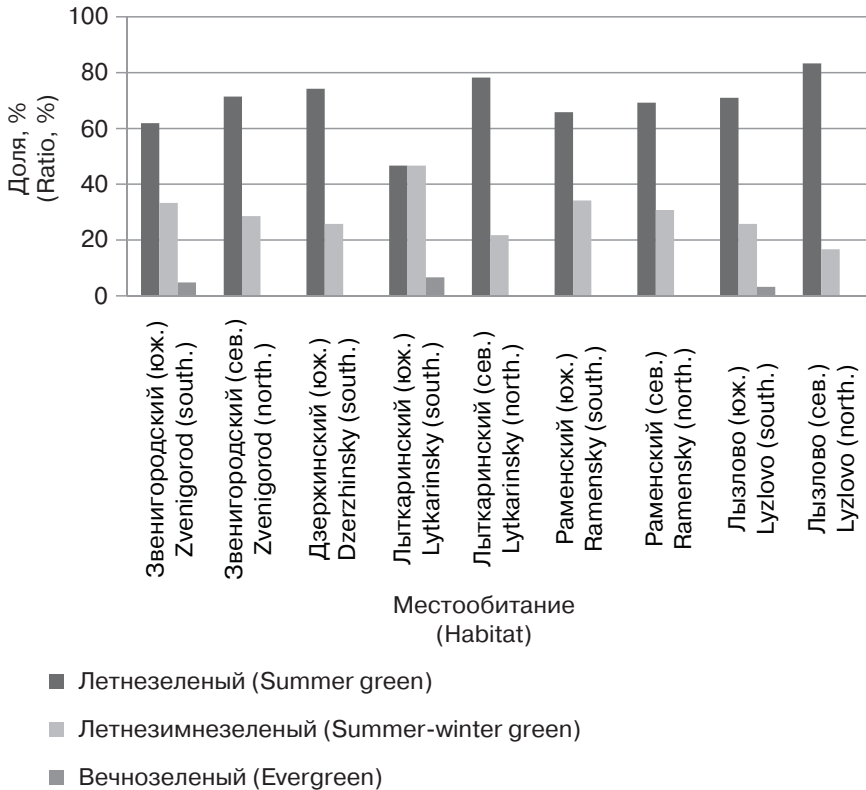


Рис. 6. Ритмы сезонной вегетации растений песчаных карьеров
[Figure 6. Rhythms of sand pits seasonal vegetation]

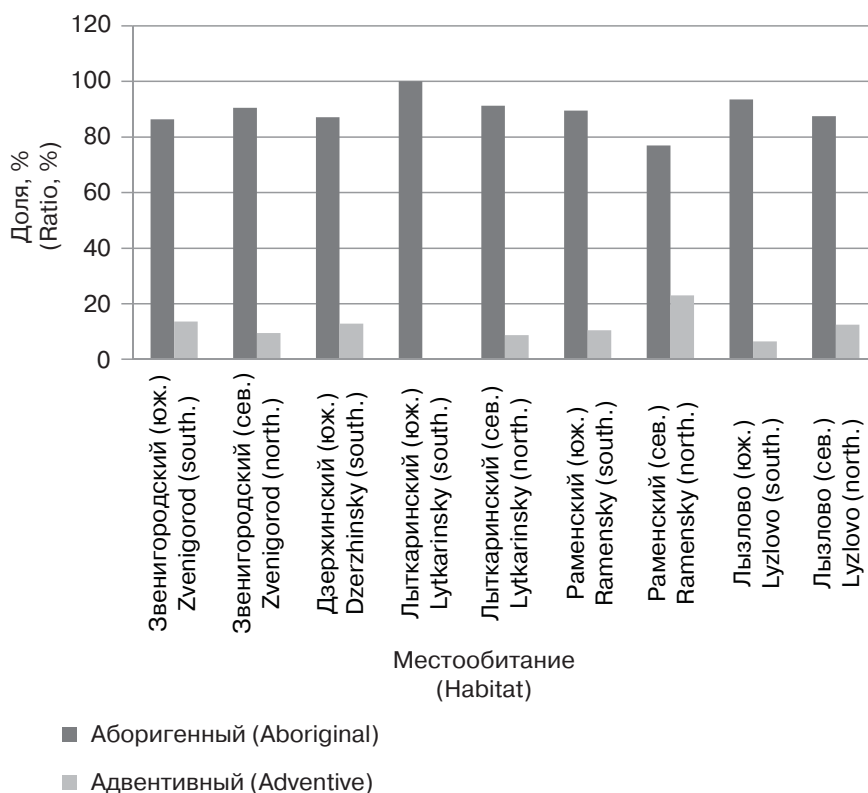


Рис. 7. Соотношение аборигенного и адвентивного компонентов флоры песчаных карьеров
[**Figure 7.** The ratio of aboriginal and adventive components of sandy pits flora]

Среди растений песчаных карьеров доминируют аборигенные (рис. 7). Среди адвентивных растений были встречены: клен американский (*Acer negundo* L.), ромашник непахучий (*Matricaria perforata* (L.) Sch. Bip.), нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare* Lam.).

Выводы

Проведенное исследование растительности песчаных карьеров Подмосквья позволило выявить и подтвердить ряд характерных особенностей формирования ценозов этих сложных по экологическим условиям мест обитания. В частности:

1. Растительный покров песчаных карьеров сильно разрежен (по сравнению с типичными условиями гумидной таежной зоны), проективное покрытие составляет 20–30 %, что в целом является характерным для песчаных ландшафтов и семиаридных зон.

2. В спектре жизненных форм по К. Раункиеру для песчаных карьеров Подмосквья преобладают гемикриптофиты, в спектре жизненных форм по И.Г. Серебрякову для всех карьеров преобладают травянистые поликарпики, среди них доминантами являются длиннокорневищные, стержнекорневые и короткокорневищные растения.

3. Среди растений песчаных карьеров преобладают луговые.

4. Виды аборигенной флоры в песчаных карьерах доминируют над адвентивными.

Растения песчаных карьеров обладают рядом особенностей. Они переносят засыпание песком, так как у них повышенная способность образовывать придаточные корни или вегетативные побеги, обладают диффузной или глубоко расположенной корневыми системами, большой устойчивостью к засухе и механическим повреждениям. Эти свойства позволяют использовать данные виды для связывания сыпучего песчаного субстрата с целью предотвращения или уменьшения его подвижности, увеличения сопротивляемости ветровой эрозии, улучшения состава почвы. Поэтому рекомендуется использовать именно эти виды для восстановления растительности песчаных карьеров при их рекультивации.

Список литературы

- [1] *Быков Б.А.* Основные экобиоморфы пустынных растений Туранской низменности (краткий обзор) // Эколого-физиологические исследования пустынных фитоценозов. Алмата: Наука, 1987. С. 5—23.
- [2] *Алейникова А.М., Ванисова Е.А., Васильева Е.Ю. и др.* Изучение природных экосистем. М.: РУДН, 2015. 147 с.
- [3] *Алексеев Ю.Е., Жмылёв П.Ю., Карпухина Е.А.* Растения города Дубна. М.: Международный университет природы, общества и человека «Дубна», 2014. 91 с.
- [4] *Жмылёв П.Ю., Жмылёва А.П., Карпухина Е.А., Карпухина Е.В., Уланская Ю.В.* Определение условий среды по растительности (экологические шкалы и эколого-ценотические группы): учебно-методическое пособие для студентов-экологов. М.: ИД «Энергия», 2013. 49 с.
- [5] *Казакова М.В.* Флора Рязанской области. Рязань: Русское слово, 2004. 388 с. 39 карт.
- [6] *Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н.* Определитель сосудистых растений центра Европейской России. 2-е изд., дополн. и перераб. М.: Аргус, 1995. 560 с.
- [7] *Коронатова Н.Г.* Развитие почвенно-растительного покрова на песчаных карьерах в Северной тайге Западной Сибири: дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2004.
- [8] *Березина Н.А., Афанасьева Н.Б.* Экология растений. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 400 с.
- [9] *Абакумов Е.В.* Накопление и трансформация органического вещества на разновозрастных отвалах песчаного карьера // Почвоведение. 2008. № 8. С. 955—963.
- [10] *Гайрабеков Х.Т., Мацаев С.Б., Героева М.В.* Экологический анализ псаммофитов Терско-Кумской низменности // Вестник КрасГАУ. 2012. № 4. С. 128—133.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 22.02.2018

Дата принятия к печати: 20.09.2018

Для цитирования:

Даббаг А. Изучение свойств растений песчаных карьеров Московской области для восстановления растительности песчаных карьеров // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 299—308. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-299-308

Сведения об авторе:

Даббаг Алаа — аспирантка кафедры геоэкологии Российского университета дружбы народов. Контактная информация: e-mail: alaa_dabbagh@hotmail.com

A study on Moscow region sand pits' plants properties for the restoration of sand pits vegetation

A. Dabbagh

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

Processes of plant regeneration and restoration of destroyed ecosystems, naturally occurring, in such areas are very slow. Considering sand pits as a man-made form of relief necessitates a comprehensive study of the features of sand pits vegetation, which helps stop the movement of sandy slopes, stabilize sands, and land reclamation. We have studied the slopes of the northern and southern exposition in some sand quarries (Zvenigorodsky, Dzerzhinsky, Ramensky (GOK), Lytkarinsky, Lyzlovo). Geobotanical descriptions, performed according to a standard method on the experimental areas of 5×5 square meters, are the basis of our work. The article shows that all the 93 species which we have found in the surveyed area were species of vascular plants. In this case the number of species is not only determined by the smooth running development of the landscape (taking into account the fact that the interference was rude and had a man-made factors), but by other factors such as steep slopes, light, moisture, and richness of the soil. The projective cover of sand pits constitutes 20—30 % which, in general, is a typical characteristic of sandy terrain [3]. Plants overwhelming majority in the spectrum of life forms according to K. Raunkiaer, are Hemicryptophytes, which is typical for the phytocoenosis of the Central Russia. It can be noted that the Chamaephytes are absent in most quarries, except for Dzerzhinsky. According to the classification of life forms by I.G. Serebryakov, sand slopes are dominated by herbaceous perennial polycarpics, among which long and short rhizome plants and tap rooted plants are in majority. Meadow plants are dominant in ecological-coenotic group. This group consists of fully developed plants, only, under conditions of good lighting. The rate of adventive species is low.

Keywords: sand pits, biodiversity, life forms, eco-coenotic groups, exposure of slopes

References

- [1] Bykov BA. Osnovnye ekobiomorfy pustynnyh rastenij Turanskoj nizmennosti (kratkij obzor) [Main ecobiomorphs of Turan lowland's desert plants (an overview)]. *Ekologo-fiziologicheskie issledovanija pustynnyh fitocenočov*. Alma-Ata: Nauka Publ.; 1987: 5—23. (In Russ.)
- [2] Aleynikova AM, Vanisov EA, Vasilyeva EYu. *Izuchenie prerođnikh ecosystem* [Study of natural ecosystems]. Moscow: RUDN Publ.; 2015. 147 p. (In Russ.)
- [3] Alekseev YuE, Zhmylov PYu, Karpukhina EA. *Rastenya gorada Dubna* [Plants of the city of Dubna]. M.: International University of Nature, Society and Man "Dubna" Publ.; 2014. 91 p. (In Russ.)
- [4] Zhmyljov PJu, Zhmyljova AP, Karpukhina EA, Karpukhina EV, Ulanskaja YuV. *Opređelenie uslovij sredi po rastitel'nosti* [Determination of environmental conditions by vegetation]. M.: Energija Publ.; 2013. 49 p. (In Russ.)
- [5] Kazakova MV. *Flora Rjazanskoj oblasti* [The Flora of Ryazan' region]. Rjazan': Russkoe slovo Publ.; 2004. 388 p. (In Russ.)
- [6] Gubanov IA, Kiseleva KV, Novikov VS, Tihomirov VN. *Opređelitel' sosudistyh rastenij centra Evropejskoj Rossii* [The vascular plants' guidebook of the center of the European part of Russia]. M.: Argus Publ.; 1995. 560 p. (In Russ.)
- [7] Koronatova NG. *Razvitie pochvenno-rastitel'nogo pokrova na peschanyh kar'erah v Severnoj tajge Zapadnoj Sibiri* [The development of soil and vegetation on the sand pits in the Northern Taiga of Western Siberia]. Novosibirsk; 2004. (In Russ.)
- [8] Berezina NA, Afanas'eva NB. *Ekologija rastenij* [Plant ecology]. M.: Akademija Publ.; 2009. 400 p. (In Russ.)

- [9] Abakumov EV. Nakoplenie i transformacija organičeskogo veshchestva na raznovozrastnyh otvalah peschanogo kar'era [The accumulation and transformation of organic matter on uneven piles of sand pits]. *Pochvovedenie [Pedology]*. 2008;8: 955—963. (In Russ.)
- [10] Gajrabekov HT, Macaev SB, Geroeva MV. Ekologičeskij analiz psammofitov Tersko-Kumskoj nizmennosti [Ecological analysis of Terek-Kuma lowland's psammophytes]. *Vestnik KrasGAU*. 2012;4: 128—133. (In Russ.)

Article history:

Received: 22.02.2018

Revised: 20.09.2018

For citation:

Dabbagh A. A study on Moscow region sand pits' plants properties for the restoration of sand pits vegetation. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3): 299—308. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-299-308

Bio Note:

Alaa Dabbagh — student of postgraduate study, Department of Geoecology of Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information:* e-mail: alaa_dabbagh@hotmail.com



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-309-314

УДК 502:005.936.2

Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела

И.С. Прохоров, К.В. Корнеевец, С.А. Бычков

Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела
Российская Федерация, 123242, Москва, пер. Капранова, д. 3, стр. 3

В 2017 г., прошедшем под эгидой Года экологии, свой 100-летний юбилей отметил первый в стране Баргузинский государственный природный биосферный заповедник. Сегодня в Российской Федерации функционируют 302 особо охраняемые природные территории (ООПТ) федерального значения. Это 105 заповедников, 55 национальных парков, 58 заказников, 17 памятников природы и 67 дендрологических парков и ботанических садов общей площадью более 70 млн га. В 2018 г. будут созданы еще 2 национальных парка в Республике Дагестан и Челябинской области, а также 6 ООПТ на территории Республики Крым.

В рамках Концепции развития системы ООПТ федерального значения на период до 2020 года был создан научно-методический центр (ФГБУ «Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела» Минприроды России), среди задач которого: экологическое просвещение (проект «Письма животным»), развитие экологического туризма и сохранение биоразнообразия (проект «Дикая природа России: сохранить и увидеть»), охрана территорий (проект «Заповедный спецназ»), развитие научных исследований (проект «Летопись природы Евразии» и др.), а также повышение квалификации сотрудников заповедной системы (проект «Учебный центр ООПТ»).

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, заповедник, национальный парк, экопросвещение и экотуризм, биоразнообразие, охрана, научные исследования, повышение квалификации

Летом 2017 г. создано федеральное государственное бюджетное учреждение «Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела» (Росзаповедцентр), подведомственное Министерству природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Основными задачами центра определены экологическое просвещение, развитие экологического туризма и сохранение биоразнообразия, защита особо охраняемых природных территорий (ООПТ), развитие научных исследований, а также повышение квалификации сотрудников заповедной системы Российской Федерации.

В октябре 2017 г. стартовал межрегиональный социально-образовательный проект «Письма животным». В ходе этого проекта воспитанникам школ и детских садов предлагается вступить в переписку с любым интересующим их диким жи-

© Прохоров И.С., Корнеевец К.В., Бычков С.А., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

вотным. Сотрудники эколого-просветительских центров ООПТ и педагоги организуют специальные почтовые уголки для сбора корреспонденции, а затем методисты и волонтеры отвечают на каждое полученное письмо от имени животного, которому оно адресовано, включая в ответ интересную информацию об образе жизни данного вида, его поведении, местах обитания. Научные понятия и примеры объясняются детям в доступной для них форме.

Цель проекта — формирование бережного отношения к окружающему миру и представления важности роли особо охраняемых природных территорий России — заповедников и национальных парков — в сохранении популяции диких животных. Реализация проекта в дошкольных образовательных учреждениях и школах стимулирует интерес к живой природе, представителям фауны своих регионов.

Проект «Письма животным» интересен детям в качестве игрового формата, но в то же время он позволяет вовлечь в решение проблем сохранения биоразнообразия и привлечь внимание к ООПТ родителей и других членов семей, т.е. разные категории населения. Вместе с детьми родители, а также старшие братья и сестры ищут необходимую информацию, для того чтобы правильно определить «адрес» (местообитание) того или иного вида, выяснить его «профессию» (экологическую нишу).

По итогам первого этапа проекта, затронувшего 17 ООПТ, выпущена книга «Здравствуй, соболек, как живешь?» с лучшими письмами, написанными животным. В рамках второго этапа, который продлится в течение лета 2018 г., к проекту подключатся еще 38 ООПТ. Лучшие письма, полученные за это время, будут изданы во 2-й части книги. Осенью 2018 г. состоится подведение итогов проекта «Письма животным» и награждение его участников.

Цель проекта «Дикая природа России: сохранить и увидеть» — определение и апробация механизмов сохранения, восстановления и устойчивого использования биологического и ландшафтного разнообразия, включая развитие экотуризма на базе 22 ООПТ, с увеличением количества посетителей до 4 000 000 чел. к 2020 г.

В числе участников проекта государственные заповедники: Алтайский, Тебердинский, Кавказский, Даурский, Северо-Осетинский, Дагестанский, Сохондинский, Убсунурская котловина, Черные земли, Брянский лес, Калужские засеки, Окский, Приокско-Террасный, Оренбургский, Земля леопарда, Лазовский, а также национальные парки «Зов тигра», «Заповедное Прибайкалье»; «Заповедное Подлеморье», «Сочинский», «Сайлюгемский», «Кисловодский», «Русская Арктика», «Куршская коса», «Орловское полесье», «Смоленское Поозерье» и «Лосиный остров».

В проект включено два приоритетных направления: «Развитие экотуризма» и «Сохранение редких видов». Реализация первого направления в 2018 г. по результатам обследования запланирована на 7 пилотных территориях: государственный природный заповедник «Тебердинский», национальные парки «Прибайкальский», «Сочинский», «Русская Арктика», «Лосиный остров», «Куршская коса» и «Кисловодский».

Сформирована экспертная группа с привлечением высококвалифицированных зарубежных экспертов международного уровня, при участии которых разработа-

ны Методические указания по формированию программ развития особо охраняемых природных территорий федерального значения в сфере экологического туризма, требования к инвесторам при реализации проектов развития экологического туризма на особо охраняемых природных территориях, форма соглашения о сотрудничестве с инвестором.

В состав направления «Сохранение редких видов», реализуемого на 21 ООПТ, включены следующие виды животных: переднеазиатский леопард (*Panthera pardus ciscaucasica*), дальневосточный леопард (*Panthera pardus orientalis*), лошадь Пржевальского (*Equus przewalskii caballus*), зубр, включая зубра европейского (*Bison bonasus*) и зубра-бизона (*Bison bonasus caucasicus*), сайгак (*Saiga tatarica*), дзерен, или зобастая антилопа (*Procapra gutturosa*), и аргали, или алтайский горный баран, или архар (*Ovis ammon*).

Реинтродукция — переселение/заселение диких животных модельного вида на территорию, где они ранее обитали, но откуда по каким-либо причинам исчезли, для создания новой и устойчивой популяции.

Реакклиматизация — восстановление численности особей и исходного ареала данного вида организмов после временного (на более или менее длительный срок) их сокращения в результате хозяйственной деятельности человека.

Создание кормовой базы — комплекс мероприятий, осуществляемых после реинтродукции животного, с целью обеспечения его питательными элементами. Для парнокопытных млекопитающих — обустройство подкормочных площадок, заготовка солонцов, солодей, оставление озимых полей, для хищных кошек — зимняя подкормка копытных, являющихся основной кормовой базой.

Охрана — комплекс мероприятий, направленных на сохранение имеющихся редких видов, включающий в себя: разделение стада (в частности, зубров), ограничение свободы передвижения животных (в частности, лошадей Пржевальского), создание трансграничных коридоров (в частности, для активно мигрирующих аргали и дзеренов), а также маркировка особей и принятие мер по противодействию браконьерству. При этом охраны требует и сама среда обитания животных, поэтому немаловажным мероприятием является борьба с лесными пожарами, которая также влияет напрямую и косвенно на численность видов.

В 2017—2018 гг. проводится комплекс биотехнических мероприятий и мероприятий по охране среды обитания животных, направленных на увеличение численности популяции редких видов животных. В результате этой работы достигнуты следующие показатели. Переднеазиатский леопард (5 особей) отмечен в Дагестанском и Кавказском заповедниках. Дальневосточный леопард (90 особей) распространен в национальном парке «Земля леопарда». Лошадь Пржевальского (36 особей) реинтродуцирована в Оренбургский заповедник (Предуральская степь). Зубр, включая зубра европейского и зубра-бизона (1760 особей), распространен в заповедниках «Брянский лес», «Калужские засеки», Приокско-Террасном, Окском, Кавказском, Северо-Осетинском и Тебердинском, а также в национальных парках «Орловское полесье», «Смоленское Поозерье» и «Угра». Сайгак (6000 особей) отмечен на территории заповедника «Черные земли». Дзерен (10 500 особей) распространен в Даурском и Сохондинском заповедниках. Арга-

ли (720 особей) отмечены в национальном парке «Сайлюгемский», Алтайском заповеднике и Убсунурской котловине.

Цель проекта «Заповедный спецназ» — распространение передового опыта высококвалифицированных государственных инспекторов по охране природы, которые смогли на своих территориях (Прибайкалье, Хакассия, Алтайский край и др.) в короткие сроки принять эффективные меры по противодействию браконьерству и незаконному обороту природных ресурсов.

Проект «Летопись природы Евразии» был организован совместно с Университетом Хельсинки в рамках специального гранта Европейского Союза. Он посвящен обработке огромного массива данных фенологических наблюдений, которые ведутся всеми ООПТ федерального значения в рамках основной деятельности по методике «Летопись природы». Это ежегодные наблюдения за естественным ходом процессов в природе, которые повторяются на одном и том же месте в одно и то же время. Возможность обработки данных, построение моделей развития экосистем, а главное, публикация материалов в высокорейтинговых научных журналах позволят придать высокий статус научным исследованиям ООПТ.

В 2018 г. на базе Росзаповедцентра создан **Учебный центр**, который призван распространять наилучшие практики заповедной системы и способствовать их внедрению на ООПТ федерального значения. Среди задач Учебного центра организация конференций, совещаний, семинаров, круглых столов как для популяризации деятельности ООПТ, так и для получения их сотрудниками новых знаний от ведущих российских и зарубежных ученых, экспертов и практиков.

Благодарности:

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания № 051-00038-18-00 от 25.12.2017.

Список литературы

- [1] Прохоров И.С., Корнеевец К.В. Новые направления развития особо охраняемых природных территорий // *Агрохимический вестник*. 2018. № 2. С. 68—70.
- [2] Прохоров И.С., Корнеевец К.В. Перспективные направления развития особо охраняемых природных территорий федерального значения // *Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник научных трудов XIX Международной научно-практической конференции*. Москва, 26—28 сентября 2018 г. М.: РУДН, 2018. С. 23—27.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 22.02.2018

Дата принятия к печати: 20.09.2018

Для цитирования:

Прохоров И.С., Корнеевец К.В., Бычков С.А. Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2018. Т. 26. № 3. С. 309—314. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-309-314

Сведения об авторах:

Проخورов Илья Сергеевич — кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель Учебно-го центра ООПТ ФГБУ «Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела». *Контактная информация:* e-mail: nauka-iac@mail.ru; eLIBRARY SPIN-код: 5236-1199

Корнеевец Константин Владимирович — начальник отдела организации научных исследований ФГБУ «Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела». *Контактная информация:* e-mail: nauka-iac@mail.ru

Бычков Сергей Александрович — заместитель начальника отдела организации научных исследований ФГБУ «Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела». *Контактная информация:* e-mail: nauka-iac@mail.ru

Information-Analytical Center for Natural Specially Protected Areas Support

I.S. Prokhorov, K.V. Korneevets, S.A. Bychkov

Information-Analytical Center for Specially Protected Natural Areas Support
3 Kapranova Lane, Moscow, 123242, Russian Federation

In 2017, which was held in the Russian Federation under the aegis of the Year of Ecology, its 100th anniversary marked the first Barguzin State Natural Biosphere Reserve. Currently, there are 302 specially protected natural areas (PAs) of federal significance in the Russian Federation. There are 105 nature reserves, 55 national parks, 58 sanctuaries and 17 natural monuments and 67 dendrology parks and botanic gardens with a total area of more than 70 million hectares. In 2018, 2 more national parks in Dagestan Republic and Chelyabinsk region and 6 PAs will be created on the territory of the Republic of Crimea.

Within the framework of the Concept for the Development of the System of Naturally Specially Protected Areas of Federal Significance for the Period to 2020 the Scientific and Methodological Center (FSBI “Information-Analytical Center for Specially Protected Natural Areas Support” of Ministry for Natural Resources and Ecology of the Russian Federation) at once two projects in the field of environmental education “Letters to animals” and in the field of development of ecological tourism and biodiversity conservation “Wild Nature of Russia: to Preserve and to Watch”, protection of areas “Immediate Response Unit”, development of scientific researches “European Chronicle of Nature” and “Educational Centre”.

Keywords: natural specially protected areas, reserve, national park, ecoeducation and ecotourism, biodiversity, protection, scientific researches, life-long learning

References

- [1] Prokhorov IS, Korneevets KV. New directions in development of specially protected natural areas. *Agrochemical Bulletin*. 2018;(2): 68–70.
- [2] Prokhorov IS, Korneevets KV. Perspective directions in development of specially protected natural areas of federal importance. *Actual problems of ecology and nature management: collection of scientific works of the XIX International scientific-practical conference*. Moscow, 26–28 September 2018. Moscow: RUDN Publ.; 2018: 23–27.

Acknowledgements:

The article was prepared in the framework of the state task No. 051-00038-18-00 of 25.12.2017.

Article history:

Received: 22.02.2018

Revised: 20.09.2018

For citation:

Prokhorov IS, Korneevets KV, Bychkov SA. Information-Analytical Center for Natural Specially Protected Areas Support. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3): 309—314. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-309-314

Bio Note:

Ilya Sergeevich Prokhorov — Candidate of Agricultural Sciences, head of the Training center, Information-Analytical Center for Natural Specially Protected Areas Support. *Contact information:* e-mail: nauka-iac@mail.ru; eLIBRARY SPIN-code: 5236-1199

Konstantin Vladimirovich Korneevets — head of Research Organization Department, Information-Analytical Center for Natural Specially Protected Areas Support. *Contact information:* e-mail: nauka-iac@mail.ru

Sergei Aleksandrovich Bychkov — deputy of Research Organization Department, Information-Analytical Center for Natural Specially Protected Areas Support. *Contact information:* e-mail: nauka-iac@mail.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-315-325

УДК 574.24+544.431.7

Влияние засухи на антиоксидантную активность кукурузы из различных почвенно-климатических регионов

А.Р. Сукиасян

Национальный политехнический университет Армении
Армения, 0009, Ереван, ул. Терьяна, 105

Изучена антиоксидантная активность однолетнего растения — сахарной кукурузы армянской популяции, которая произрастала в различных почвенно-климатических регионах Армении. Антиоксидантную активность определяли по четырем биохимическим показателям, количественные изменения которых оценивались в условиях моделируемой засухи (умеренной и сильной). В качестве биологического контроля в экспериментах использовали кукурузу инбредной линии В73. В ходе экспериментов было установлено, что ушакертские образцы растений обладают повышенным значением концентрации малонового диальдегида и флавоноидов. В биологическом материале кукурузы из Техута обнаружены высокие концентрационные значения по восстановлению антиоксидантами железа и полифенолов. Определено, что повышение засухи от умеренной до сильной как у образца кукурузы биологического контроля В73, так и у армянских образцов кукурузы вызвало активацию антиоксидантной системы защиты по всем четырем показателям. Благодаря этому возможно расширение в использовании кукурузы в качестве растения-индикатора, а также ее можно считать функциональным продуктом питания, так как она является хорошим источником естественных антиоксидантов.

Ключевые слова: кукуруза, засуха, антиоксидант, малоновый диальдегид, восстановленное железо, полифенолы, флавоноиды

Введение

Окружающая среда постоянно подвергается воздействию абиотического стресса, что негативно сказывается в целом на экономической ситуации и в частности на сельском хозяйстве. Эволюционное развитие растений в сухих условиях сопровождалось экстремальными температурными диапазонами [1]. Впоследствии процесс окультуривания сельскохозяйственных растений происходил в благоприятных условиях [2]. Фактически возникала потребность в создании таких сортов растений, у которых стрессовые факторы не влияли бы на продуктивность [3].

На сегодняшний день человечество сталкивается в основном с двумя истощающимися во времени ресурсами — почвой и водой. В этом контексте прогнозируется ситуация с дальнейшим драматическим развитием, поскольку глобальное

© Сукиасян А.Р., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

повышение температуры и увеличение углекислого газа влекут за собой изменение локального микроклимата, что приводит непосредственно к снижению урожайности сельскохозяйственных культур [4].

Исходя из вышесказанного возникает необходимость проведения стратегически необходимых исследований, направленных на разработку и изучение генетически модифицированных растений, полученных на основе анализа гиперэкспрессии генотипов с целью повышения их толерантности к абиотическим стрессам [5; 6]. Анализ экспрессии генов растений в ответ на абиотические стрессы показывает, что наибольшая часть генома может быть разрушена за счет непосредственного отклика (отражаясь) на защитные реакции [7]. Сложность ответных реакций самого растительного организма на разрушающие факторы абиотического стресса в тандеме с его генетической конституцией выражается в слаженной работе морфофизиологических и биохимических механизмов [8].

Именно при исследовании последних можно определить основные принципы работы адаптационных механизмов, которые и приводят к экспрессии толерантности и адаптации в окружающей среде. В представленной работе изучена ответная реакция на засуху антиоксидантной системы защиты однолетнего растения — сахарной кукурузы и проведено его сравнение с контрольным генно-модифицированным образцом кукурузы инбредной линии В73.

Материалы и методы

В качестве объекта исследований были выбраны сорта армянской популяции ползубовидной кукурузы, распространенной в Лорийском районе Армении близ реки Дебет (Шнох — 41°08'52" с.ш., 44°50'16" в. д., Техут — 41°07'05" с.ш., 44°50'45" в. д.) и кукурузы В73 (Iowa Stiff Stalk Synthetic) в качестве биологического контроля [9].

Моделирование засухи. Моделирование абиотической засухи осуществлялось согласно методике, описанной в работе [24]. С целью определения основных показателей антиоксидантной системы срезывался пятый лист кукурузы на третий день его роста. Затем зона роста листа (10 см от основания листа) разделялась по 1 см, полученные образцы помещались в специальную кювету в условиях -80°C (жидкий азот) для использования во всех экспериментах.

Определение концентрации 2-тиобарбирутовой кислоты (ТБК) — активных продуктов. Образцы растений экстрагировались в 2 мл 80%-го этанола. Затем измерялась интенсивность образования интенсивной розовой окраски проб в присутствии ТБК по методике [11]. Количество малонового диальдегида (МДА) рассчитывали по формуле

$$[6,45 \times (A_{532} - A_{600}) - 0,56 \cdot A_{440}] / 0,478.$$

Определение железовосстановительной активности плазмы (FRAP). Железавосстановительная активность плазмы позволяет устанавливать антиоксидантную активность растительного экстракта [12]. Экстракты растения готовились на основе 80%-го этанола, затем смешивались в 0,3 М ацетатном буфере (рН = 3,6), содержащем 10 мМ 2,4,6 трис (2 пиридил) s-триазин (ТПТЗ) и 200 мМ FeCl₃.

Оптическая плотность измерялась при 600 нм на планшетном спектрофотометре. В качестве стандарта (контроля) использовалась 6-гидро-2,5,7,8-тетра метилхром-2-карбоксильная кислота (троксол).

Определение полифенолов. Растительный материал экстрагировался в водном растворе 80%-го этанола с помощью реактива Фолина — Чаколтеу, и определялась концентрация полифенолов [13]. Оптическая плотность измерялась при 765 нм, а галловая кислота (ГК) использовалась в качестве стандарта (контроля).

Определение флавоноидов. Для определения концентрации общих флавоноидов были приготовлены экстракты растительной ткани на основе 10%-го хлорида алюминия и 1 М ацетата калия [14]. После 30-минутной инкубации при комнатной температуре в темноте измерялась оптическая плотность при 415 нм, в качестве стандарта (контроля) использовался кверцетин.

Статистическая обработка. Все проведенные эксперименты имели 10 биологических и до 5 технических повторностей. Концентрации всех биохимических показателей представлены в соответствующий единицах, приведенных к грамму свежего веса биологического материала (г СВ). Результаты были обработаны с помощью программы MatLab с учетом t-критерия Стьюдента. Наблюдаемые различия статистически значимы, так как при уровне значимости $p < 0,05$ рассчитанные значения критерия были больше критического [15; 16].

Результаты и их обсуждение

Растения часто сталкиваются с широким спектром абиотических стрессов, включая высокую температуру, засоление, засуху, озон и т.п. Среди перечисленных стресс-факторов засуха является серьезной угрозой для поддержания продовольственной безопасности с учетом прогнозов глобальных климатических изменений в ближайшем будущем. Растительный организм в определенной степени способен выдерживать ограниченность в доступности воды. Но в ответ на засуху для большинства культивируемых растений в качестве ответной реакции зафиксирована широкая генотипическая изменчивость [17]. Ограничение поступающей в растение воды приводит к необратимым изменениям в физиологических процессах, включая и антиоксидантный аппарат защиты растения [18].

В наших предыдущих работах были исследованы изменения некоторых физиологических параметров роста кукурузы при модулируемой засухе [24]. В частности, было установлено, что ограниченное поступление воды включает адаптационные механизмы, вызывает определенные физиологические изменения в высших растениях, замедляя их рост и продуктивность. При этом адаптационные механизмы растений регулируют вызванные изменением степени засухи с поверхности листьев (транспирация). Изучение кинетических параметров роста растения в условиях моделируемой засухи показало, что величина транспирации может быть использована в качестве критерия при оценке последствий абиотического стресса на ряд физиологических показателей роста растения [25].

В данном контексте возникла необходимость исследований по выявлению механизмов регулирования действия засухи на антиоксидантную систему кукурузы по количественным изменениям некоторых ее показателей. На начальной

стадии экспериментов были выявлены концентрационные изменения ТБК-активных продуктов окисления. Согласно полученным результатам (см. таблицу), у образцов из населенного пункта Ушакерт концентрация МДА была в два раза больше по сравнению с контрольным образцом В73. Концентрация вторичного продукта окисления липидсодержащих структур биологического образца из Техута превышала значения того же параметра у контрольного образца на 50 %. При исследовании образцов из населенных пунктов Шнох и Одзун изменения значения МДА были в пределах среднеквадратического. Умеренная засуха вызвала активацию в защитных механизмах, что выразилось в повышении концентрации МДА у биологического контроля более чем в три раза. Аналогичное повышение численного значения МДА наблюдается соответственно у образцов из Одзуна и Техута на 19 %, у биологического материала из Ушакерта — на 47 %, а в случае образцов из населенного пункта Шнох концентрационные изменения МДА были выше более чем в два раза.

Снижение относительной влажности почвы до 34 % позволило смоделировать сильную засуху. Дефицит поливочной воды вызвал резкое повышение концентрации МДА у биологического контроля В73 (почти в пять раз). Соответствующие изменения в липидсодержащих структурах исследуемого биологического материала кукурузы наблюдались и у остальных образцов. Так, при сильной засухе концентрация МДА, по сравнению с контрольным значением, увеличилась у всех образцов кукурузы армянской популяции в среднем в 2,5 раза.

Таблица

Концентрация биохимических показателей антиоксидантной активности кукурузы при моделируемой засухе

Вариант засухи	Техут	Шнох	Одзун	Ушакерт	В73
МДА (мкМоль/г СВ)					
Контроль	3,733 ± 0,203	2,366 ± 0,047	2,382 ± 0,059	4,662 ± 0,818	2,372 ± 0,079
Умеренная засуха	4,476 ± 0,561	5,455 ± 0,046	2,853 ± 0,141	6,888 ± 1,465	7,707 ± 0,225
Сильная засуха	8,416 ± 2,118	6,435 ± 0,035	6,543 ± 0,296	10,486 ± 1,721	11,669 ± 0,125
FRAP (мкл Троксол/г СВ)					
Контроль	3005,186 ± 38,238	1930,249 ± 48,0194	1042,218 ± 12,763	1532,627 ± 12,527	1250,237 ± 12,228
Умеренная засуха	4645,731 ± 10,724	3402,707 ± 10,535	1123,674 ± 17,786	2082,828 ± 14,873	2636,328 ± 16,308
Сильная засуха	8371,859 ± 24,963	4363,721 ± 11,160	3023,069 ± 20,017	1811,548 ± 15,814	2945,556 ± 15,737
Полифенолы (мг ГК/г СВ)					
Контроль	148,25 ± 5,444	122,452 ± 4,237	116,347 ± 2,686	126,928 ± 1,983	90,554 ± 3,836
Умеренная засуха	181,454 ± 4,289	177,759 ± 1,666	108,881 ± 7,134	122,62 ± 1,488	210,120 ± 2,262
Сильная засуха	391,261 ± 3,533	316,945 ± 4,736	324,154 ± 3,380	147,885 ± 2,271	281,302 ± 2,227
Флавоноиды (мг Кверцетина/г СВ)					
Контроль	208,72 ± 2,037	240,281 ± 1,997	218,255 ± 2,819	318,703 ± 2,254	233,946 ± 1,508
Умеренная засуха	263,8 ± 3,868	422,828 ± 2,347	216,798 ± 1,246	441,055 ± 3,810	520,036 ± 1,483
Сильная засуха	605,996 ± 56,560	630,219 ± 13,408	538,201 ± 3,061	435,211 ± 3,403	606,820 ± 25,518

The concentration of biochemical parameters of the antioxidant activity of maize under drought stress

Drought type	Tekhut	Shnogh	Odzun	Hushakert	B73
MDA ($\mu\text{mol/g FW}$)					
Control	3.733 \pm 0.203	2.366 \pm 0.047	2.382 \pm 0.059	4.662 \pm 0.818	2.372 \pm 0.079
Mild stress	4.476 \pm 0.561	5.455 \pm 0.046	2.853 \pm 0.141	6.888 \pm 1.465	7.707 \pm 0.225
Severe stress	8.416 \pm 2.118	6.435 \pm 0.035	6.543 \pm 0.296	10.486 \pm 1.721	11.669 \pm 0.125
FRAP ($\mu\text{Trolox/g FW}$)					
Control	3005.186 \pm 38.238	1930.249 \pm 48.0194	1042.218 \pm 12.763	1532.627 \pm 12.527	1250.237 \pm 12.228
Mild stress	4645.731 \pm 10.724	3402.707 \pm 10.535	1123.674 \pm 17.786	2082.828 \pm 14.873	2636.328 \pm 16.308
Severe stress	8371.859 \pm 24.963	4363.721 \pm 11.160	3023.069 \pm 20.017	1811.548 \pm 15.814	2945.556 \pm 15.737
Polyphenols (mg GA/g FW)					
Control	148.25 \pm 5.444	122.452 \pm 4.237	116.347 \pm 2.686	126.928 \pm 1.983	90.554 \pm 3.836
Mild stress	181.454 \pm 4.289	177.759 \pm 1.666	108.881 \pm 7.134	122.62 \pm 1.488	210.120 \pm 2.262
Severe stress	391.261 \pm 3.533	316.945 \pm 4.736	324.154 \pm 3.380	147.885 \pm 2.271	281.302 \pm 2.227
Flavonoids (mg QA/g FW)					
Control	208.72 \pm 2.037	240.281 \pm 1.997	218.255 \pm 2.819	318.703 \pm 2.254	233.946 \pm 1.508
Mild stress	263.8 \pm 3.868	422.828 \pm 2.347	216.798 \pm 1.246	441.055 \pm 3.810	520.036 \pm 1.483
Severe stress	605.996 \pm 56.560	630.219 \pm 13.408	538.201 \pm 3.061	435.211 \pm 3.403	606.820 \pm 25.518

Исследуемые образцы армянской популяции сахарной кукурузы отличались по ареалу произрастания, в том числе по концентрации железа в почвенном покрове [26]. Исходя из вышесказанного целью работы было выявление концентрационных изменений по восстановлению низкомолекулярного антиоксидантами железа (ferric reducing/antioxidant power — FRAP) [27] (см. таблицу).

Так, значение FRAP у образца кукурузы из Техута было в 2,4 раза выше, а у биологического материала кукурузы из Одзуна — на 17 % ниже. Умеренная засуха вызвала повышение концентрации FRAP у биологического контроля в 2,1 раза, а у всех образцов армянской популяции кукурузы — почти в 1,5 раза. При усилении режима водного дефицита почти вдвое сильная засуха привела к незначительным концентрационным изменениям восстановленного железа. У контрольного биологического образца сильная засуха увеличила значение концентрации FRAP в 2,4 раза, а в случае с образцами из населенных пунктов Одзун, Шнох и Техут — в среднем в 2,7 раза. Лишь образцы из Ушакерта имели сравнительно незначительные концентрационные изменения (увеличение в 1,8 раза).

Полифенолы по своей природе являются сильными поглотителями свободных радикалов. Исходя из этого, в последующих экспериментах исследовалась динамика концентрационных изменений полифенолов в биологическом материале кукурузы (см. таблицу). Все образцы растений армянской популяции имели большее содержание общих полифенолов по сравнению с контрольным образцом В73. Но умеренная засуха вызвала ответную реакцию у биологического контроля повышением концентрации полифенолов в 2,3 раза. В случае же с армянскими образцами с учетом дефицита поливочной воды ожидаемое концентрационное повышение антиоксиданта оказалось незначительным и составило для всех образцов в среднем 15 %. При снижении относительной влажности почвы произрастания кукурузы до 34 % у биологического контрольного образца концентрация полифенолов увеличилась в 3,1 раза. Но концентрационные изменения полифе-

нолов у образцов армянской популяции оказались неоднозначными. Так, в биологическом материале из населенных пунктов Техут, Шнох и Одзун отмечено повышение общих полифенолов в 2,7 раза, а в случае с Ушакертом — лишь на 15 %.

Флавоноиды, особенно производные кверцетина, в значительной степени влияют на движение ауксина на внутриутробном и межклеточном уровнях и, следовательно, жестко регулируют развитие отдельных органов и всего растения [30]. С этой точки зрения практический интерес представляет исследование влияния абиотического стресса, вызванного дефицитом воды на антиоксидантную систему растительного образца по концентрациям флавоноидов. Проведенные эксперименты показали, что во всех биологических материалах численное значение флавоноидов было почти одинаковым, что составляло в среднем около 225 мг Кверцетина/г СВ, за исключением одного из них (см. таблицу). В этом случае ушакертский биологический материал кукурузы содержал на 15 % больше флавоноидов. Вследствие умеренной засухи дефицит воды приводит к повышению содержания флавоноидов у биологического образца В73 в 2,2 раза, а у образцов армянской популяции из населенных пунктов Ушакерт, Шнох, Техут — в полтора раза.

Для исследуемого образца из Одзуна установлено, что концентрационные изменения флавоноидов находились в пределах допустимого отклонения от показателя среднего. Как и в предыдущих случаях, здесь также проведено исследование влияния сильной засухи на концентрационные изменения флавоноидов в биологическом материале. Согласно полученным результатам, ответная реакция образцов выражалась в повышении концентрации флавоноидов в них. У биологического контроля В73 сильная засуха приводит к повышению концентрации флавоноидов в 2,6 раза. У исследуемых образцов армянской популяции из населенных пунктов Одзун, Шнох и Техут отмечено увеличение концентрации флавоноидов в среднем в 2,7 раза, а для образцов из Ушакерта — в 1,4 раза.

Фактически низкомолекулярные антиоксиданты приводят к повреждению структуры и функции клеток за счет наличия неспаренных электронов в валентной оболочке кислорода. Растительные клетки непрерывно продуцируют АФК даже в нормальных условиях, поддерживая стабильный баланс между производством АФК и защитными механизмами от окислительных повреждений. Абиотический стресс, в первую очередь, нарушает этот баланс, способствуя неконтролируемому всплеску внутриклеточной АФК [31; 32]. Но растительный организм с целью контролирования скорости производства последних «разработал» эффективные ответные механизмы дезактивации АФК, регулирующие такие процессы, как рост растения.

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что антиоксидантная активность в целом у армянских образцов выше, чем у контрольного образца В73. При моделируемой засухе у всех образцов антиоксидантная активность повышается по схожему сценарию: чем сильнее засуха, тем больше кон-

центрационные значения всех биохимических показателей. Наблюдаемое отличие в ряду сравнения может быть обусловлено отличием почвенно-климатических регионов произрастания растения.

Список литературы

- [1] *Wheeler T., Von Braun J.* Climate change impacts on global food security // *Science*. 2013. Vol. 341. Pp. 508–513. doi: 10.1126/science.1239402
- [2] *Yoshida T., Mogami J., Yamaguchi-Shinozaki K.* ABA-dependent and ABA-independent signaling in response to osmotic stress in plants // *Current opinion in plant biology*. 2014. Vol. 21. Pp. 133–139. doi: 10.1016/j.pbi.2014.07.009
- [3] *Pereira A.* Plant Abiotic Stress Challenges from the Changing Environment // *Frontiers in plant science*. 2016. Vol. 7. P. 1123. doi: 10.3389/fpls.2016.01123
- [4] *Rosenzweig C., Elliott J., Deryng D., Ruane A.C., Müller C., Arneth A. et al.* Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014. Vol. 111. Pp. 3268–3273. doi: 10.1073/pnas.1222463110
- [5] *Des Marais D.L., Hernandez K.M., Juenger T.E.* Genotype by environment interaction and plasticity: exploring genomic responses of plants to the abiotic environment // *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2013. Vol. 44. Pp. 5–29. doi: 10.1146/annurev-ecolsys-110512-135806
- [6] *Todaka D., Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K.* Recent advances in the dissection of drought-stress regulatory networks and strategies for development of drought-tolerant transgenic rice plants // *Frontiers in plant science*. 2015. Vol. 6. Pp. 84. doi: 10.3389/fpls.2015.00084
- [7] *Kumar V., Singh A., Mithra S.A., Krishnamurthy S.L., Parida S.K., Jain S. et al.* Genome-wide association mapping of salinity tolerance in rice (*Oryza sativa*) // *DNARes*. 2015. Vol. 22. Pp. 133–145. doi: 10.1093/dnares/dsu046
- [8] *Atteya A.M.* Alteration of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress // *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 2003. No. 29. Pp. 63–76.
- [9] *Schnable P.S., Ware D., Fulton R.S., Stein J.C., Wei F., Pasternak S., Liang C.* The B73 maize genome: complexity, diversity, and dynamics // *Science*. 2009. Vol. 326. Pp. 1112–1115.
- [10] *Сукиасян А.Р., Тадевосян А.В., Симонян Г.С., Пирумян Г.П.* Влияние абиотического стресса на рост растений // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 7. С. 168–172.
- [11] *Hodges D., De Long J., Forney C. et al.* Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds // *Planta*. 1999. Vol. 207. No. 4. Pp. 604–611. <https://doi.org/10.1007/s004250050524>
- [12] *Benzie I.F., Strain J.J.* The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay // *Anal Biochemistry*. 1996. Vol. 239. No. 1. Pp. 70–76.
- [13] *Gálvez M., Martín-Cordero C., Houghton P.J., Ayuso M.J.* Antioxidant activity of methanol extracts obtained from *Plantago* species // *Journal agriculture food chemistry*. 2005. Vol. 53. No. 6. Pp. 1927–1933.
- [14] *Chang C.C., Yang M.H., Wen H.M., Chern J.C.* Estimation of total flavonoids content in propolis by two complementary colorimetric methods // *Journal of food and drug analysis*. 2002. No. 10. Pp. 178–182.
- [15] *Киракосян А.А., Сукиасян А.Р.* Использование языка MATLAB в качестве экспресс-метода оценки экспериментальных результатов // *Информационные технологии: Материалы международной молодежной конференции*. Ереван, 23–25 июня, 2005. Ереван, 2005. С. 34–37.
- [16] *Коросов А.В., Горбач В.В.* Компьютерная обработка биологических данных. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2017. 97 с.
- [17] *Lobell D.B., Banziger M., Magorokosho C., Vivek B.* Nonlinear heat effects on African maize as evidenced by historical yield trials // *Nature Climate Change*. 2011. No. 1. Pp. 42–45. doi: 10.1038/nclimate1043

- [18] *Cruzde Carvalho M.H.* Drought stress and reactive oxygen species: production, scavenging and signaling // *Plant Signaling & Behavior*. 2008. No. 3. Pp. 156—165. doi:10.4161/psb.3.3.5536
- [19] *Cornic G.* Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture — not by affecting ATP synthesis // *Trends plant science*. 2000. No. 5. Pp. 187—188.
- [20] *Hoekstra F.A., Golovina E.A., Buitink J.* Mechanisms of plant desiccation tolerance // *Trends plant science*. 2001. No. 6. Pp. 431—438.
- [21] *Noctor G., Veljovic-Jovanovic S., Driscoll S., Novitskaya L., Foyer C.H.* Drought and oxidative load in the leaves of C3 plants: a predominant role for photorespiration? // *Annals of Botany*. 2002. No. 89. Pp. 841—850.
- [22] *Smirnov N.* The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation // *New Phytologist*. 1993. No. 125. Pp. 27—58.
- [23] *Biehler K., Fock H.* Evidence for the contribution of the Mehler peroxidase reaction in dissipating excess electrons in drought stressed wheat // *Plant physiology*. 1996. No. 112. Pp. 265—272.
- [24] Сукиасян А.Р., Тадевосян А.В., Нагдалян А.Г., Багдасарян Т.С. Транспирация как критерий оценки абиотического стресса // Вестник национального политехнического университета Армении: гидрология и гидротехника. 2015. № 2. С. 9—14.
- [25] Сукиасян А.Р., Тадевосян А.В., Симонян Г.С., Пирумян Г.П. Влияние абиотического стресса на рост растений // Успехи современного естествознания. 2016. № 7. С. 168—172.
- [26] *Sukiasyan A.R.* Antioxidant capacity of maize corn under drought stress from the different zones of growing // *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. 2016. Vol. 10. No. 8. Pp. 413—416. doi: 10.1999/1307-6892/10005083
- [27] *Benzie I.F., Strain J.J.* The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay // *Analytical Biochemistry*. 1996. Vol. 239. Pp. 70—76.
- [28] *Szydłowska-Czerniak A., Dianoczki C., Recseg K. et al.* Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods // *Talanta*. 2008. Vol. 76. No. 4. Pp. 899—905.
- [29] *Loo A.Y., Jain K., Darah I.* Antioxidant and radical scavenging activities of the pyroligneous acid from a mangrove plant, *Rhizophora apiculata* // *Food Chemistry*. 2007. Vol. 104. No. 1. Pp. 300—307.
- [30] *Brunetti C., Di Ferdinando M., Fini A., Pollastri S., Tattini M.* Flavonoids as antioxidants in plants under abiotic stresses // *International Journal of Molecular Sciences*. 2013. Vol. 14. No. 2. Pp. 3540—3555.
- [31] *Schopfer P.* Hydrogen peroxide-mediated cell-wall stiffening in vitro in maize coleoptiles // *Planta*. 1996. No. 199. Pp. 43—49. doi: 10.1007/BF00196879
- [32] *Tsukagoshi H., Busch W., Benfey P.N.* Transcriptional regulation of ROS control transition from proliferation to differentiation in the root // *Cell*. 2010. No. 143. Pp. 606—616. doi: 10.1016/j.cell.2010.10.020

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 14.11.2018

Дата принятия к печати: 30.11.2018

Для цитирования:

Сукиасян А.Р. Влияние засухи на антиоксидантную активность кукурузы из различных почвенно-климатических регионов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 315—325. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-315-325

Сведения об авторе:

Сукиасян Астгик Рафиковна — кандидат биологических наук, доцент факультета химических технологий и природоохранной инженерии Национального политехнического университета Армении. Контактная информация: e-mail: sukiasyan.astghik@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-5549-3146

Effect of drought on the antioxidant activity of corn from various soil and climatic regions

A.R. Sukiasyan

National Polytechnic University of Armenia
105 Teryan St., 0009, Yerevan, Armenia

The antioxidant activity of an annual plant Maize *Zea* of the Armenian population, which grew in various soil-climatic regions of Armenia, was studied. Antioxidant activity by four biochemical parameters was evaluated, the quantitative changes of which under conditions of simulated drought (mild and severe) were determined. Maize *Zea* of the inbred line B73 was used as the biological control in the experiments. During the experiments, it was found that the Hushakert plant samples have an increased concentration of malonic dialdehyde and flavonoids. In the biological material of corn from Teghut, high concentration values for the restoration of iron and polyphenols by antioxidants are established. The increase in drought from a moderate to the severe biological control of B73 as well as from Armenian maize samples caused the activation of an antioxidant protection system in all four indices was established. This makes it possible to expand the use of maize as a plant indicator, and can be considered as functional foods, as they are a good source of natural antioxidants.

Keywords: maize, drought, antioxidant, malonic dialdehyde, ferric reducing/antioxidant power – FRAP, polyphenols, flavonoids

References

- [1] Wheeler T, Von Braun J. Climate change impacts on global food security. *Science*. 2013;341: 508–513. doi: 10.1126/science.1239402
- [2] Yoshida T, Mogami J, Yamaguchi-Shinozaki K. ABA-dependent and ABA-independent signaling in response to osmotic stress in plants. *Current opinion in plant biology*. 2014;21: 133–139. doi: 10.1016/j.pbi.2014.07.009
- [3] Pereira A. Plant Abiotic Stress Challenges from the Changing Environment. *Frontiers in plant science*. 2016;7: 1123. doi: 10.3389/fpls.2016.01123
- [4] Rosenzweig C, Elliott J, Deryng D, Ruane AC, Müller C, Arneth A et al. Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014;111: 3268–3273. doi: 10.1073/pnas.1222463110
- [5] Des Marais DL, Hernandez KM, Juenger TE. Genotype by environment interaction and plasticity: exploring genomic responses of plants to the abiotic environment. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2013;44: 5–29. doi: 10.1146/annurev-ecolsys-110512-135806
- [6] Todaka D, Shinozaki K, Yamaguchi-Shinozaki K. Recent advances in the dissection of drought-stress regulatory networks and strategies for development of drought-tolerant transgenic rice plants. *Frontiers in plant science*. 2015;6: 84. doi: 10.3389/fpls.2015.00084
- [7] Kumar V, Singh A, Mithra SA, Krishnamurthy SL, Parida SK, Jain S et al. Genome-wide association mapping of salinity tolerance in rice (*Oryza sativa*). *DNARes*. 2015;22: 133–145. doi: 10.1093/dnares/dsu046
- [8] Atteya AM. Alteration of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 2003;29: 63–76.
- [9] Schnable PS, Ware D, Fulton RS, Stein JC, Wei F, Pasternak S, Liang C. The B73 maize genome: complexity, diversity, and dynamics. *Science*. 2009;326: 1112–1115.
- [10] Sukiasyan AR, Tadevosyan AV, Simonyan GS, Pirumyan GP. The influence of abiotic stress on the growth of plants. *Advances in modern natural science*. 2016;7: 168–172. (In Russ.)

- [11] Hodges D, De Long J, Forney C et al. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*. 1999;207(4): 604—611. <https://doi.org/10.1007/s004250050524>
- [12] Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal Biochemistry*. 1996;239(1): 70—76.
- [13] Gálvez M, Martín-Cordero C, Houghton PJ, Ayuso MJ. Antioxidant activity of methanol extracts obtained from *Plantago* species. *Journal agriculture food chemistry*. 2005;53(6): 1927—1933.
- [14] Chang CC, Yang MH, Wen HM, Chern JC. Estimation of total flavonoids content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*. 2002;10: 178—182.
- [15] Kirakosyan AA, Sukiasyan AR. Ispol’zovaniye yazyka MATLAB v kachestve ekspress-metoda otsenki eksperimental’nykh rezul’tatov [Using MATLAB as an express method for evaluating experimental results]. *Informatsionnyye tekhnologii: materialy Mezhdunarodnoy molodezhnoy konferentsii, Yerevan, 23—25 iyunya, 2005 [Information technology: Proceeding of International Conference, Yerevan, 23—25 June 2005]*. Yerevan, 2005; pp. 34—37. (In Russ.)
- [16] Korosov AV, Gorbach VV. *Komp’yuternaya obrabotka biologicheskikh dannykh [Computer processing of biological data]*. Petrozavodsk: PetrGU Publ.; 2017. 97 s.
- [17] Lobell DB, Banziger M, Magorokosho C, Vivek B. Nonlinear heat effects on African maize a sevidenced by historical yield trials. *Nature Climate Change*. 2011;1: 42—45. doi: 10.1038/nclimate1043
- [18] Cruzde Carvalho MH. Drought stress and reactive oxygen species: production, scavenging and signaling. *Plant Signaling & Behavior*. 2008;3: 156—165. doi: 10.4161/psb.3.3.5536
- [19] Cornic G. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture — not by affecting ATP synthesis. *Trends plant science*. 2000;5: 187—188.
- [20] Hoekstra FA, Golovina EA, Buitink J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends plant science*. 2001;6: 431—438.
- [21] Noctor G, Veljovic-Jovanovic S, Driscoll S, Novitskaya L, Foyer CH. Drought and oxidative load in the leaves of C3 plants: a predominant role for photorespiration? *Annals of Botany*. 2002;89: 841—850.
- [22] Smirnoff N. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist*. 1993;125: 27—58.
- [23] Biehler K, Fock H. Evidence for the contribution of the Mehler peroxidase reaction in dissipating excess electrons in drought stressed wheat. *Plant physiology*. 1996;112: 265—272.
- [24] Sukiasyan AR, Tadevosyan AV, Nagdalyan AG, Baghdasaryan SS. Transpiration as a criterion for assessing abiotic stress. *Vestnik natsionalnogo politekhnicheskogo universiteta Armenii: gidrologiya i gidrotekhnika*. 2015;2: 9—14. (In Russ.)
- [25] Sukiasyan AR, Tadevosyan AV, Simonyan GS, Pirumyan GP. The influence of abiotic stress on the growth of plants. *Uspekhi sovremennoy estestvoznaniya*. 2016;7: 168—172. (In Russ.)
- [26] Sukiasyan AR. Antioxidant capacity of maize corn under drought stress from the different zones of growing. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. 2016;10(8): 413—416. doi: 10.1999/1307-6892/10005083
- [27] Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 1996;239: 70—76.
- [28] Szydłowska-Czerniak A, Dianoczki C, Recseg K et al. Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods. *Talanta*. 2008;76(4): 899—905.
- [29] Loo AY, Jain K, Darah I. Antioxidant and radical scavenging activities of the pyroligneous acid from a mangrove plant, *Rhizophora apiculata*. *Food Chemistry*. 2007;104(1): 300—307.
- [30] Brunetti C, Di Ferdinando M, Fini A, Pollastri S, Tattini M. Flavonoids as antioxidants in plants under abiotic stresses. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013;14(2): 3540—3555.
- [31] Schopfer P. Hydrogen peroxide-mediated cell-wall stiffening in vitro in maize coleoptiles. *Planta*. 1996;199: 43—49. doi: 10.1007/BF00196879
- [32] Tsukagoshi H, Busch W, Benfey PN. Transcriptional regulation of ROS control transition from proliferation to differentiation in the root. *Cell*. 2010;143: 606—616. doi: 10.1016/j.cell.2010.10.020

Article history:

Received: 14.11.2018

Revised: 30.11.2018

For citation:

Sukiasyan AR. Effect of drought on the antioxidant activity of corn from various soil and climatic regions. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3): 315–325. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-315-325

Bio Note:

Astghik Rafikovna Sukiasyan — Candidate of Biological Science, Assistant Professor of Faculty of Chemical Technology and Environmental Engineering National Polytechnic University of Armenia. *Contact information:* e-mail: sukiasyan.astghik@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-5549-3146



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-326-334

УДК 504.06

Деструкция гербицида атразина солнечным излучением в системе фото-Фентона

К.М. Загибалова, Г.Г. Матафонова, В.Б. Батоев

Байкальский институт природопользования СО РАН
Российская Федерация, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6

В работе исследована эффективность солар-индуцированной деструкции гербицида атразина в природной воде и водных вытяжках из пахотной и целинной почв в системе фото-Фентона. Во всех водных матрицах достигнуто разложение 80–90 % атразина. При использовании ксеноновой лампы как симулятора солнечного излучения найдено, что скорость деструкции атразина в водных почвенных вытяжках выше, чем в природной воде. Вместе с тем значимых различий в динамике его деструкции в природной воде и почвенных вытяжках под воздействием естественного солнечного света не выявлено. Это, возможно, обусловлено более высоким уровнем генерации гидроксильных радикалов при более высокой интенсивности УФ-излучения Солнца.

Ключевые слова: атразин, деструкция, природная вода, водная вытяжка из почв, фото-Фентон, солнечное излучение

Введение

Атразин (2-хлор-4-этиламино-6-изопропиламино-1,3,5-триазин, АТЗ) является доступным и широко используемым в сельском хозяйстве селективным гербицидом из группы симм-триазинов для борьбы с широколиственными сорняками в посевах кукурузы на зерно, силос и зеленый корм. В растения АТЗ проникает преимущественно через корни и ингибирует процесс фотосинтеза [1]. АТЗ связывается почвой, но с обильными осадками, талыми водами и при орошении его остаточные количества в составе почвенных вод могут выщелачиваться и поступать в поверхностные и грунтовые воды, вызывая их загрязнение. В РФ АТЗ относится к 3 классу опасности и нормируется в воде водных объектов рыбохозяйственного значения с ПДК 5 мкг/л [2]. Вместе с тем даже при относительно низких обнаруживаемых концентрациях в природных поверхностных и грунтовых водах (в основном до 2 мкг/л [3]), АТЗ вызывает хронические токсические эффекты главным образом поражая эндокринную систему водных организмов. Известно, что АТЗ нарушает онтогенез земноводных и вызывает их феминизацию, представляя опасность для живых организмов, в том числе и человека. Поэтому,

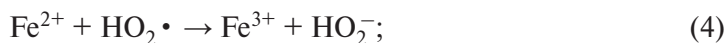
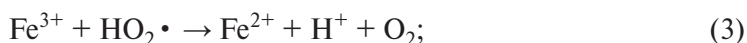
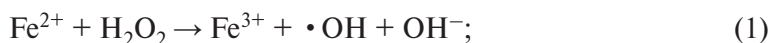
© Загибалова К.М., Матафонова Г.Г., Батоев В.Б., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

поскольку АТЗ достаточно устойчив к разложению, проблема минимизации загрязнения подобными гербицидами водных экосистем, включая водоисточники, остается актуальной.

Попав в природные воды, органические загрязняющие вещества, как известно, подвергаются фотохимической и биологической деструкции. Известно, что при облучении воды ультрафиолетовым (УФ) светом в присутствии окислителей или катализаторов, кроме прямого фотолиза, органическое вещество окисляется образующимися активными формами кислорода, в первую очередь гидроксильными радикалами ($\text{OH}\cdot$) с константами скорости ($k_{\text{OH}\cdot}$) порядка $\sim 10^9 \text{ M}^{-1} \text{ c}^{-1}$ [4]. Гидроксильные радикалы в естественных условиях могут генерироваться при облучении воды УФ-светом в присутствии фотоактивного растворенного органического вещества (РОВ), пероксида водорода (H_2O_2) или ионов железа (II, III). Так, содержание $\text{OH}\cdot$ в природных поверхностных водах варьирует в пределах 10^{-18} – 10^{-15} M [5], а концентрация H_2O_2 может достигать 10^{-5} M [6]. В результате по радикально-цепному механизму могут протекать реакции Фентона ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) и фото-Фентона ($\text{УФ}/\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) (1–5):



Окисление АТЗ в системе фото-Фентона с использованием солнечного излучения и других УФ-источников в ультрачистых водах изучено достаточно полно, тогда как в природных водах малоисследовано. Поверхностные природные воды образуются в результате осадков, т.е. в реки попадает вода, стекающая с поверхности почв, а также вода, дренировавшая через почву. Поэтому природная поверхностная вода реки несет отпечаток преобладающих почв своего бассейна. В связи с этим фотохимическая деструкция АТЗ в почвенных вытяжках и в природной воде, а также влияние РОВ, содержащихся в этих водных матрицах, на эффективность деструкции атразина представляет научный и практический интерес.

Целью работы явилось установление закономерностей деструкции гербицида атразина в природной воде и водных почвенных вытяжках в системе фото-Фентона $\{\text{УФ}/\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2\}$ под воздействием естественного и симулированного солнечного излучения.

Материалы и методы

В работе использованы атразин (99,1 %, Sigma-Aldrich), гептагидрат сульфата железа (II) пероксид водорода («Химреактивснаб», г. Иркутск). Все рабочие растворы были приготовлены с использованием деионизованной воды (Simplicity®UVsystem, Millipore, 18,2 МΩ см).

Природная вода была отобрана в реке Селенге, главном притоке озера Байкал (N51°43'; E107°27', WGS 84), отфильтрована через фильтр «синяя лента» (размер пор 3—5 мкм) и целлюлозные фильтры (размер пор 0,45 мкм). Образцы целинной и пахотной почв отобраны на территории полигона ФГБНУ «Бурятский НИИСХ» в п. Иволгинск Республики Бурятия (N51°73'; E107°24'). Почва каштановая, мучнисто-карбонатная, среднемощная, легкосуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 1,0—1,5 %. Образцы почв были просеяны от посторонних включений и доведены до воздушно-сухого состояния. Далее по методике [7] из целинной и пахотной почв были получены водные вытяжки с содержанием растворенного органического углерода (РОУ) 34,8 и 28,1 мг/л соответственно. РОУ определяли на анализаторе Shimadzu TOC-L CSN. Концентрация РОУ в природной воде составила 7,2 мг/л. Все пробы для экспериментов предварительно разбавляли до 5 мг/л РОУ. Для оценки влияния фоновой неорганической матрицы в водных пробах также определены основные анионы, способные генерировать или связывать генерируемые радикалы, с использованием стандартных методик (табл. 1).

Таблица 1

Гидрохимические характеристики проб природной поверхностной воды и водных почвенных вытяжек после разбавления до РОУ 5 мг/л

Показатель	Природная вода	Водная вытяжка из пахотной почвы	Водная вытяжка из целинной почвы
pH	7,2	6,7	6,6
NH ₄ ⁺ , мг/л	< 0,05	0,72 ± 0,14	0,64 ± 0,13
Общее Fe, мг/л	0,08 ± 0,02	0,17 ± 0,03	0,23 ± 0,05
HCO ₃ ⁻ , мг/л	84,7 ± 14,6	12,20 ± 2,6	18,30 ± 3,84
CO ₃ ²⁻ , мг/л	6,3 ± 1,9	<6,0	<6,0
NO ₃ ⁻ , мг/л	< 0,1	0,5 ± 0,06	<0,1
NO ₂ ⁻ , мг/л	< 0,1	<0,1	<0,1
SO ₄ ²⁻ , мг/л	8,9 ± 1,7	1,1 ± 0,1	1,0 ± 0,1
Cl ⁻ , мг/л	1,3 ± 0,2	0,7 ± 0,1	0,97 ± 0,13
PO ₄ ³⁻ , мг/л	< 0,1	<0,1	<0,1
ХПК, мгО/л	7,6 ± 2,7	31,0 ± 4,7	33,0 ± 4,9

Table 1

Hydrochemical characteristics of natural surface water and aqueous soil extracts after dilution to DOC 5 mg/L

Parameter	Natural water	Aqueous extract from agrogenic soil	Aqueous extract from unbroken soil
pH	7.2	6.7	6.6
NH ₄ ⁺ , mg/L	< 0.05	0.72 ± 0.14	0.64 ± 0.13
Общее Fe, mg/L	0.08 ± 0.02	0.17 ± 0.03	0.23 ± 0.05
HCO ₃ ⁻ , mg/L	84.7 ± 14.6	12.20 ± 2.6	18.30 ± 3.84
CO ₃ ²⁻ , mg/L	6.3 ± 1.9	<6.0	<6.0
NO ₃ ⁻ , mg/L	< 0.1	0.5 ± 0.06	<0.1
NO ₂ ⁻ , mg/L	< 0.1	<0.1	<0.1
SO ₄ ²⁻ , mg/L	8.9 ± 1.7	1.1 ± 0.1	1.0 ± 0.1
Cl ⁻ , mg/L	1.3 ± 0.2	0.7 ± 0.1	0.97 ± 0.13
PO ₄ ³⁻ , mg/L	< 0.1	<0.1	<0.1
ХПК, mgO/L	7.6 ± 2.7	31.0 ± 4.7	33.0 ± 4.9

Эксперименты по деструкции АТЗ в природной воде и водных вытяжках из почв проведены в системе фото-Фентона {УФ/Fe²⁺/H₂O₂} при воздействии естественного солнечного излучения при ясных метеоусловиях в летний период 2017 года и симулированного солнечного излучения с использованием ксеноновой лампы 6000КН1 (MaxLight, Южная Корея). Темновые контрольные эксперименты осуществлены при тех же условиях, но без облучения (система Fe²⁺/H₂O₂). Водную матрицу, содержащую АТЗ (1 мг/л), подвергали облучению солнечным светом в присутствии H₂O₂ и Fe²⁺ при различных рН среды в статическом фотореакторе при постоянном перемешивании на магнитной мешалке (IKA®Color Squid, 300 об/мин). Интенсивность падающего солнечного излучения измеряли с помощью радиометра ТКА-ПКМ-06 (НТП «ТКА», г. Санкт-Петербург). В ходе каждого эксперимента пробы отобраны через определенные промежутки времени облучения, отфильтрованы через ПЭТФ-фильтры после доведения рН до 8,0–8,5 и далее проанализированы на содержание остаточного АТЗ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Съемку проводили в изократическом режиме со скоростью элюирования 0,5 мл/мин на хроматографе Agilent 1260 Infinity с УФ-детектором. В качестве подвижной фазы использовали ацетонитрил («Криохром», г. Санкт-Петербург) и 75 мМ СН₃СООН («Химреактивснаб», г. Иркутск) в соотношении 60:40. Результаты графически представлены в виде зависимостей соотношения остаточной (С) и начальной концентрации (С₀) атразина (степени деструкции) от продолжительности облучения.

Результаты и их обсуждение

На начальном этапе установлены эффективные концентрации окислителя H₂O₂ и Fe²⁺ в деионизованной и природной воде для деструкции 1 мг/л АТЗ естественным солнечным светом. Исходная концентрация H₂O₂ (0,2 мМ или 6,8 мг/л) была взята на основе полученных ранее результатов для деструкции 1 мг/л АТЗ в системе УФ/H₂O₂ [8]. Из табл. 2 следует, что наибольшая эффективность деструкции АТЗ в деионизованной и природной водах достигается при концентрации Fe²⁺ 2 мг/л в кислой среде при рН 4,4–4,6. Последующие эксперименты в водных почвенных вытяжках проведены при данных условиях.

Таблица 2

Table 2

Эффективность деструкции атразина (X) в системе фото-Фентона при облучении естественным солнечным светом в течение 15 мин; [H₂O₂]₀ = 6,8 мг/л

Efficiency of atrazine destruction (X) in photo-Fenton system under natural solar light exposure for 15 min; [H₂O₂]₀ = 6,8 mg/L

[Fe ²⁺] ₀ , мг/л	рН	X, %
Деионизованная вода		
1	5,5	80
2	4,6	96
Природная вода		
1	7,2	20
1	4,8	45
2	4,4	90

[Fe ²⁺] ₀ , mg/L	pH	X, %
Deionized water		
1	5.5	80
2	4.6	96
Natural water		
1	7.2	20
1	4.8	45
2	4.4	90

Как видно из рис. 1, после внесения Fe(II) наблюдалось снижение содержания АТЗ на ~60 % за счет темновой реакции во всех водных матрицах, далее концентрация гербицида оставалась постоянной. При облучении солнечным светом водных вытяжек, полученных как из целинных, так и из пахотных почв, в течение 15 мин наблюдалось разложение ~90 % АТЗ (как и в природной воде). В деионизованной воде, в отсутствие фоновой органической и неорганической матрицы, эффективность деструкции гербицида была выше и достигала 90 % уже через 5 мин облучения (рис. 1).

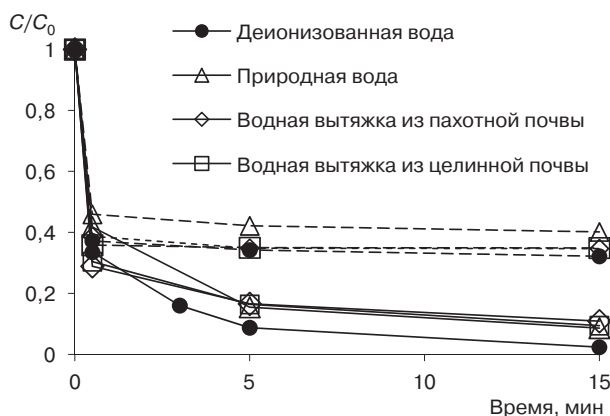


Рис. 1. Динамика деструкции атразина в природной воде и водных почвенных вытяжках естественным солнечным излучением в системе фото-Фентона; $[H_2O_2]_0 = 6,8$ мг/л, $[Fe^{2+}]_0 = 2$ мг/л, pH = 4,4. Пунктирные кривые соответствуют темновым экспериментам
[Figure 1.] Dynamics of atrazine destruction in natural water and aqueous soil extracts under natural solar light exposure in photo-Fenton system; $[H_2O_2]_0 = 6.8$ mg/L, $[Fe^{2+}]_0 = 2$ mg/L, pH = 4.4. Dashed lines correspond to dark experiments]

Далее были проведены эксперименты по деструкции АТЗ в различных водных матрицах с использованием ксеноновой лампы как источника симулированного солнечного излучения. Выявлено, что при исходной концентрации Fe^{2+} 2 мг/л (pH = 4,4) и 3 мг/л (pH = 4,2) и той же концентрации H_2O_2 (6,8 мг/л) в деионизованной воде процесс фото-Фентона малоэффективен в силу более низкой интенсивности УФ-излучения ксеноновой лампы. Так, средняя интенсивность падающего излучения ксеноновой лампы в УФ-диапазоне (А+В) составила 7,6 Вт/м², тогда как средняя интенсивность естественного солнечного излучения была выше в 3 раза и в дни с высокой инсоляцией достигала 40 Вт/м². При повышении же исходной концентрации Fe^{2+} до 4 мг/л и снижения pH до 3,7–3,8 через 2 мин облучения достигнуто разложение около 90 % АТЗ, причем за счет темновой реакции разложилось 50 % АТЗ (рис. 2).

Последующие эксперименты с природной водой и почвенными вытяжками были проведены при вышеуказанных условиях. Результаты показали, что скорость деструкции АТЗ как при облучении, так и в темновом варианте в природной воде ниже, чем в обоих почвенных вытяжках (рис. 3).

После разбавления данных водных матриц до РОУ 5 мг/л содержание сульфатов в природной воде составило 8,9 мг/л, что значительно выше, чем в обоих по-

чвенных вытяжках. В связи с этим более низкая эффективность разложения АТЗ в природной воде, возможно, обусловлена мешающим влиянием сульфатов, реагирующих с $\text{OH}\cdot$ радикалами ($k = 1,5 \times 10^8 \text{ M}^{-1} \text{ c}^{-1}$) [9]. Напротив, химическое потребление кислорода (ХПК) водных вытяжек из почв было в ~4 раза выше, чем природной воды (табл. 1). Тем не менее фоновое растворенное органическое вещество почвенных вытяжек, не содержащее углерод (по показателю ХПК), способствует генерации $\text{OH}\cdot$ радикалов. При этом, как и в случае естественного солнечного облучения, скорости деструкции АТЗ в водных вытяжках из пахотной и целинной почв были одинаковыми ($k = 0,6 \text{ мин}^{-1}$), что связано с их близким гидрохимическим составом.

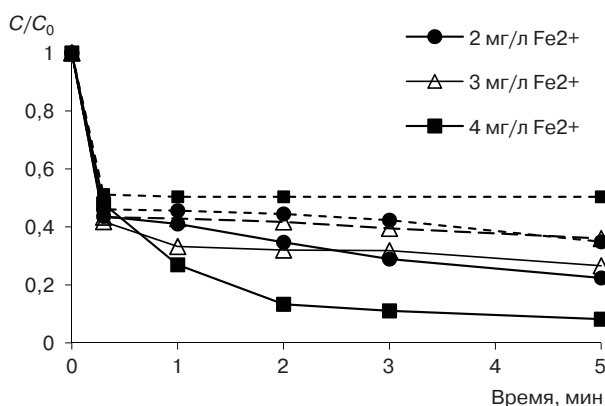


Рис. 2. Динамика деструкции атразина в деионизованной воде симулированным солнечным излучением в системе фото-Фентона при различных исходных концентрациях Fe^{2+} ; $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 6,8 \text{ мг/л}$. Пунктирные кривые соответствуют темновым экспериментам
[Figure 2. Dynamics of atrazine destruction in deionized water under simulated solar light exposure in photo-Fenton system at different initial Fe^{2+} concentrations; $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 6.8 \text{ mg/L}$. Dashed lines correspond to dark experiments]

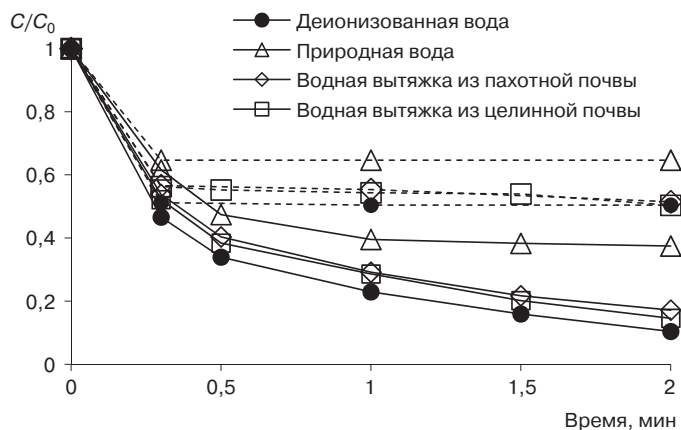


Рис. 3. Динамика деструкции атразина в природной воде и водных почвенных вытяжках симулированным солнечным излучением в системе фото-Фентона; $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 6,8 \text{ мг/л}$, $[\text{Fe}^{2+}]_0 = 4 \text{ мг/л}$, $\text{pH} = 3,8$. Пунктирные кривые соответствуют темновым экспериментам
[Figure 3. Dynamics of atrazine destruction in natural water and aqueous soil extracts under simulated solar light exposure in photo-Fenton system; $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 6.8 \text{ mg/L}$, $[\text{Fe}^{2+}]_0 = 4 \text{ mg/L}$, $\text{pH} = 3.8$. Dashed lines correspond to dark experiments]

Заключение

В результате проведенного исследования установлена высокая эффективность (80—90 %) солар-индуцированного окисления гербицида атразина в природной воде и водных почвенных вытяжках в системе фото-Фентона. Показано, что скорость разложения атразина в почвенных вытяжках с использованием ксеноновой лампы выше, чем в природной воде. Вместе с тем значимых различий в динамике деструкции атразина в природной воде и водных почвенных вытяжках под воздействием естественного солнечного света не выявлено, что, возможно, обусловлено более высоким уровнем генерации $\text{OH} \cdot$ радикалов при более высокой интенсивности УФ-излучения Солнца.

Благодарности:

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН (проект № 0339-2018-0005).

Авторы выражают благодарность кандидату биологических наук А.С. Билтуеву (БГСХА имени В.Р. Филиппова) за помощь в проведении исследования.

Участие авторов:

Загибалова К.М. — выполнение эксперимента и обработка данных; Матафонова Г.Г. — сбор и анализ результатов; Батоев В.Б. — концепция и дизайн исследования, обсуждение результатов.

Список литературы

- [1] Куликова Н.А., Лебедева Г.Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения. М.: Либроком, 2010. 152 с.
- [2] Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Приказ Минсельхоза РФ от 13 декабря 2016 года. URL: <http://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minselkhoza-Rossii-ot-13.12.2016-N-552/> (дата обращения: 06.06.2018).
- [3] Atrazine and its metabolites in drinking water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization, 2011. URL: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/antrazine.pdf (дата обращения: 06.06.2018).
- [4] Buxton G.V., Greenstock C.L., Helman W.P., Ross W.P. Critical review of rate constants for reactions of hydrated electrons, hydrogen atoms and hydroxyl radicals in aqueous solution // J. Phys. Chem. Ref. Data. 1988. Vol. 17. Pp. 513—886.
- [5] Скурлатов Ю.И. Определяющая роль окислительно-восстановительных процессов в формировании качества природной водной среды // Успехи химии. 1991. Вып. 3. С. 575—580.
- [6] Mostofa K.M.G., Liu C.-Q., Sakugawa H., Vione D., Minakata D., Wu F. Photoinduced and microbial generation of hydrogen peroxide and organic peroxides in natural waters // Photobiogeochemistry of Organic Matter. Principles and Practices in Water Environments. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. Pp. 139—207.
- [7] ГОСТ 26423—85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки; введ. с 01.01.1986 (попр. от 03.06.2011). М.: Стандартинформ, 2011. 8 с.
- [8] Matafonova G., Batoev V. Comparison of energy requirements for removal of organic micropollutants from lake water and wastewater effluents by direct UV and UV/H₂O₂ using excilamp // Desal. Wat. Treat. 2017. Vol. 85. Pp. 92—102.
- [9] Grčić I., Vujević D., Koprivanac N. Modeling the mineralization and discoloration in colored systems by (US)Fe²⁺/H₂O₂/S₂O₈²⁻ processes: A proposed degradation pathway // Chem. Eng. J. 2010. Vol. 157. Pp. 35—44.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 22.02.2018

Дата принятия к печати: 20.09.2018

Для цитирования:

Загибалова К.М., Матафонова Г.Г., Батоев В.Б. Деструкция гербицида атразина солнечным излучением в системе фото-Фентона // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 326–334. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-326-334

Сведения об авторах:

Загибалова Кристина Михайловна — магистрант, инженер 2 категории, Лаборатория инженерной экологии, Байкальский институт природопользования СО РАН. Контактная информация: e-mail: kristina-lapohcka@mail.ru

Матафонова Галина Георгиевна — доктор химических наук, старший научный сотрудник, Лаборатория инженерной экологии, Байкальский институт природопользования СО РАН. Контактная информация: e-mail: g.matafonova@gmail.com; ngal@binm.ru; ORCID ID: 0000-0001-7383-9788; eLIBRARY SPIN-код: 3674-8648

Батоев Валерий Бабудоржиевич — доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Лаборатория инженерной экологии, Байкальский институт природопользования СО РАН. Контактная информация: e-mail: vbat@binm.ru; ORCID ID: 0000-0002-9548-2975; eLIBRARY SPIN-код: 5998-3356

Destruction of herbicide atrazine by solar radiation in photo-Fenton system

C.M. Zagibalova, G.G. Matafonova, V.B. Batoev

Baikal Institute of Nature Management of SB RAS
6 Sakhyanovoy St., Ulan-Ude, 670047, Russian Federation

The efficiency of solar-induced destruction of herbicide atrazine in natural water and aqueous extract from agrogenic and unbroken soil by using photo-Fenton system was studied in this work. 80–90 % atrazine was removed in all water matrices. Using xenon lamp as a solar simulator, the rate of atrazine destruction was found to be higher in aqueous soil extracts than that observed in natural water. However, no significant difference was found between the destruction dynamics in natural water and soil extracts, exposed to natural solar light. This could be attributed to the higher hydroxyl radical exposure under the higher UV irradiance of the Sun.

Keywords: atrazine, destruction, natural water, aqueous soil extract, photo-Fenton, solar radiation

References

- [1] Kulikova NA, Lebedeva GF. *Gerbicydy i ehkologicheskie aspekty ih primeneniya*. M.: Librokom Publ.; 2010.
- [2] *Normativy kachestva vody vodnyh ob"ektov rybohozyajstvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyh koncentracij vrednyh veshchestv v vodah vodnyh ob"ektov rybohozyajstvennogo znacheniya*. Prikaz Minsel'hoza RF ot 13 dekabrya 2016 goda. <http://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minselhoza-Rossii-ot-13.12.2016-N-552/>
- [3] *Atrazine and its metabolites in drinking water*. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization, 2011. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/antrazine.pdf

- [4] Buxton GV, Greenstock CL, Helman WP, Ross WP. Critical review of rate constants for reactions of hydrated electrons, hydrogen atoms and hydroxyl radicals in aqueous solution. *J. Phys. Chem. Ref. Data*. 1988;17: 513—886.
- [5] Skurlatov YI. Opredelyayushchaya rol' oksiditel'no-vosstanovitel'nykh processov v formirovanii kachestva prirodnoy vodnoy sredy. *Uspekhihimii*. 1991;3: 575—580.
- [6] Mostofa KMG, Liu C-Q, Sakugawa H, Vione D, Minakata D, Wu F. Photoinduced and microbial generation of hydrogen peroxide and organic peroxides in natural waters. *Photobiogeochemistry of Organic Matter. Principles and Practices in Water Environments*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2013: 139—207.
- [7] GOST 26423—85. *Pochvy. Metody opredeleniya udel'noj ehlektricheskoy provodimosti, pH i plotnogo ostatka vodnoy vytyazhki*; vved. s 01.01.1986 (popr. ot 03.06.2011). M.: Standartinform Publ.; 2011.
- [8] Matafonova G, Batoev V. Comparison of energy requirements for removal of organic micropollutants from lake water and wastewater effluents by direct UV and UV/H₂O₂ using excilamp. *Desal. Wat. Treat.* 2017;85: 92—102.
- [9] Grčić I, Vujević D, Koprivanac N. Modeling the mineralization and discoloration in colored systems by (US)Fe²⁺/H₂O₂/S₂O₈²⁻ processes: A proposed degradation pathway. *Chem. Eng. J.* 2010;157: 35—44.

Acknowledgements:

The work was carried out within the framework of the state task of Baikal Institute of Nature Management, Siberian branch of the Russian Academy of Sciences (project No. 0339-2018-0005). The authors thank PhD (Biology) A.S. Biltueva (V.R. Filippov Buryat State Academy of Agriculture) for assistance in the study.

The participation of the authors:

C.M. Zagibalova — experiment execution and data processing; G.G. Matafonova — the collection and analysis of results; V.B. Batoev — conception and design of the study, discussion of the results.

Article history:

Received: 22.02.2018

Revised: 20.09.2018

For citation:

Zagibalova CM, Matafonova GG, Batoev VB. Destruction of herbicide atrazine by solar radiation in photo-Fenton system. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3): 326—334. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-326-334

Bio Note:

Christina Mikhailovna Zagibalova — undergraduate student, engineer of the 2nd category, Laboratory of Engineering Ecology, Baikal Institute of Nature Management, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (BINM SB RAS). *Contact information:* e-mail: kristinalapohcka@mail.ru

Galina Georgievna Matafonova — Doctor of Chemical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Engineering Ecology, Baikal Institute of Nature Management, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (BINM SB RAS). *Contact information:* e-mail: g.matafonova@gmail.com; ngal@binm.ru; ORCID ID: 0000-0001-7383-9788; eLIBRARY SPIN-code: 3674-8648

Valery Babudorzhevich Batoev — Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Laboratory of Engineering Ecology, Baikal Institute of Nature Management, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (BINM SB RAS). *Contact information:* e-mail: vbat@binm.ru; ORCID ID: 0000-0002-9548-2975; eLIBRARY SPIN-code: 5998-3356

DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-335-345

УДК 58.01/.07

Оценка жизненного состояния древесных растений по индексу асимметрии листьев на территории кампуса

Р.Х. Мамаджанов

Российский университет дружбы народов

Российская Федерация, 113093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5

В работе впервые предложен метод оценки жизненного состояния растений по суммарному индексу асимметрии листьев, включающему измерение асимметрии листьев по семи морфологическим параметрам, а также приведены результаты замеров 18 морфологических параметров листьев у 5 видов древесных растений *Tilia cordata*, *Quercus robur* L., *Betula pendula*, *Tilia platyphyllos*, *Castanea sativa*, произрастающих на трех пробных площадках, размещенных вблизи и за пределами автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая, оценено возможное влияние этих объектов на морфологические параметры листьев.

Ключевые слова: биоиндикация, биомониторинг, морфологические параметры листьев, жизненное состояние растений, индекс асимметрии листьев, древесные растения, экологический мониторинг, негативное воздействие, окружающая природная среда

Введение

В настоящее время прекращение процесса утраты биоразнообразия — одна из целей устойчивого развития, решаемая на самом высоком уровне. Так, в послании Генерального секретаря Организации Объединенных Наций (ООН) по случаю празднования Дня биологического разнообразия отмечена необходимость сохранения биоразнообразия и уменьшения доли обезлесенных земель в индустриально развитых городах и странах [1]. Однако не всегда такие задачи являются целесообразными, особенно когда объекты окружающей природной среды находятся в условиях интенсивного антропогенного воздействия и демографического роста [2].

С целью контроля и оценки состояния растительности в крупных мегаполисах и урбанизированных центрах разработаны специальные методы биоиндикации. Одним из таких методов является метод оценки жизненного состояния растений по индексу асимметрии листовой пластинки [3–5].

О целесообразности и перспективах применения индекса листовой асимметрии при оценке состояния окружающей среды на урбанизированных территориях высказывались известные ученые и специалисты в этой области: М.С. Ги-

© Мамаджанов Р.Х., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ляров [6], Ю.А. Урманцев [7], В.М. Захаров [8], Д.Б. Гелашвили и др. [9], А. Palmer [10].

Нужно отметить, что именно показатель флуктуирующей асимметрии является главной характеристикой изменения гомеостаза по внешним признакам [3]. Флуктуирующая асимметрия (далее — асимметрия) — показывает ненаправленные, или случайные, изменения морфологических параметров левой и правой стороны листа/части тела у растений или животных [5].

Необходимо подчеркнуть, что разработанные на сегодняшний день индексы асимметрии листьев включают не более трех-четырёх показателей и зачастую не в полной мере отражают состояние растительного покрова и качество окружающей природной среды [10; 11].

Разработанная нами методика оценки жизненного состояния включает изучение 18 морфологических параметров листьев и вычисление суммарного индекса асимметрии по семи морфологическим параметрам. Учитывая вышесказанное, настоящее исследование приобретает дополнительную актуальность и практическую значимость.

Целью исследования является оценка жизненного состояния древесных растений по суммарному индексу асимметрии листьев на территории кампуса Российского университета дружбы народов (РУДН).

Материалы и методы

Исследования проводились в мае 2017 года на территории кампуса РУДН.

Выбор исследуемой территории обусловлен, во-первых, наличием двух антропогенных объектов — автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая, проходящих в непосредственной близости от рекреационного лесопарка «Юго-Западный», во-вторых, расположением социально-значимых объектов — учебных корпусов и корпусов общежитий РУДН вблизи автомобильных дорог.

Отбор листьев растений происходил на территории трех пробных площадок (см. рисунок).

При выделении пробных площадок учитывали расстояние до антропогенных объектов — автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая, географическое положение участков опробования, климатические параметры на момент проведения исследований, почвенные условия.

Первая пробная площадка расположена на территории лесопарковой зоны кампуса РУДН на расстоянии чуть более 300 м от автомобильной дороги улицы Миклухо-Маклая и 700 м — от Ленинского проспекта. Вторая пробная площадка находится в непосредственной близости от автомобильной дороги улицы Миклухо-Маклая, третья — вблизи Ленинского проспекта. Площадь каждой площадки — 100 м².

Необходимо подчеркнуть, что во время проведения исследований на территории трех площадок были отмечены повышенные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и поверхностном слое почвы, в том числе для таких макрокомпонентов, как диоксид углерода (CO₂) и азота (NO₂).



Рисунок. Пробные площадки на территории кампуса РУДН (масштаб 1 см: 200 м):
— граница кампуса; ■ — пробные площадки для отбора листьев
[Figure. Sample plots on the RUDN University campus (scale 1 cm: 200 m):
— campus boundary; ■ — sampling sites (1,2,3)]

При определении видов деревьев использовались определители растений С.К. Черепанова [12], Ю.В. Рычина [13] и И.А. Губанова [14]. Отбор листьев проводился по методу А.С. Боголюбова [15], с разных сторон света на высоте 1,5–2 м.

С целью сохранения популяций деревьев с каждого дерева взяли по 10 листьев, всего было собрано 120 листьев растений.

Морфологические параметры (длины, ширины) листьев измерялись при помощи линейки. Углы между жилками листьев — с помощью транспортира. Толщину листа — при помощи микрометра. При измерении площади контур листа обводили карандашом на миллиметровой бумаге, затем вычисляли площадь в см^2 . Всего было исследовано 18 морфологических параметров: длина (см), ширина (см), толщина (мкм), площадь (см^2), длина первой жилки слева (см), длина второй жилки слева (см), длина первой жилки справа (см), длина второй жилки справа (см), длина от вершины листа до конца четвертой жилки слева (см), длина от вершины листа до конца четвертой жилки справа (см), длина левой половины листа от второй жилки слева (см), длина левой половины листа от второй жилки справа (см), ширина левой половины листа (см), ширина правой половины листа (см), расстояние между концами жилок слева (см), расстояние между концами жилок справа (см), угол между второй и главной жилкой слева ($^\circ$), угол между второй и главной жилкой справа ($^\circ$).

Индекс асимметрии листьев ($As_{1,2,3...7}$) определяли по семи параметрам: длина первой и второй жилки ($As_{1,2}$) соответственно, длина листа от верхушки до конца четвертой жилки (As_3), длина второй жилки (As_4), ширина листа (As_5), расстояние

между концами первой и второй жилок (As_6), угол между второй и главной жилками (As_7) (1).

$$As_{1,2,3...7} = \frac{(x - y)}{(x + y)}, \quad (1)$$

где x — исследуемый показатель слева; y — исследуемый показатель справа.

Чем больше индекс асимметрии отличался от нуля, тем больше была асимметрия левой и правой стороны листа.

По полученным данным вычисляли среднее арифметическое значение ($As_{cp1,2,3...7}$) для каждого показателя.

Суммарный индекс асимметрии (As_{total}) для каждого вида растения на каждой площадке определяли по формуле (2).

$$As_{total} = \frac{\sum As_{1,2,3...7}}{N}, \quad (2)$$

где N — общее число показателей асимметрии.

Необходимо отметить, что метод оценки жизненного состояния растений по суммарному индексу асимметрии листьев, включающему семь морфологических параметров, нами разработан впервые, при этом за основу принимали балльную шкалу оценки жизненного состояния по флуктуирующей асимметрии, разработанную Д.А. Криволицким [12].

Жизненное состояние по суммарному индексу асимметрии оценивали в баллах от 1 до 3. Так, при As_{total} от 0,01 до 0,029 состояние растений оценивалось как «хорошее» (1 балл); при As_{total} от 0,030 до 0,049 — как «удовлетворительное» (2 балла), при $As_{total} \geq 0,05$ — как «критическое» (3 балла).

Для проверки нулевой гипотезы распределения суммарного индекса асимметрии на трех пробных площадках использовали Х-критерий Б.Л. ван дер Вардена [13].

Результаты

Результаты измерения морфологических параметров листьев растений представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что морфологические параметры левой и правой сторон листьев у растений на трех пробных площадках отличаются друг от друга и постоянно изменяются. Об этом свидетельствуют значения дисперсии (σ^2) и стандартного отклонения (σ), которые на всех трех площадках для каждого вида растения отличались и практически всегда были больше нуля. Это можно объяснить, во-первых, особенностями морфологического строения каждой отдельно взятой особи (в природе невозможно встретить два абсолютно одинаковых по морфологическим параметрам живых организма), во-вторых, воздействием на окружающую природную среду кампуса антропогенных объектов — автомобильных дорог, проходящих в непосредственной близости от кампуса.

Таблица 1 / Table 1

Морфологические параметры листьев древесных растений на территории кампуса РУДН
[The morphological parameters of leaves of trees species on the sampling sites in the RUDN University campus]

№ №	Показатель [Indicator]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		Первая пробная площадка [First site]																	
I	min	6,79	4,94	0,19	21,1	1,99	1,52	2,03	1,38	1,92	1,63	3,21	2,73	2,49	2,52	0,75	0,52	38	42
	cp	7,71	5,96	0,15	29,6	2,38	1,85	2,69	1,82	3,23	3,04	3,84	3,84	3,09	3,25	0,75	0,96	52	56
	max	8,49	6,49	0,21	32,1	2,82	1,93	2,81	1,82	3,23	3,04	3,86	4,23	3,14	3,36	1,01	1,04	53	58
	σ^2	0,72	0,62	0,00	33,2	0,17	0,05	0,18	0,06	0,57	0,66	0,14	0,61	0,13	0,21	0,02	0,08	70	76
	σ	0,85	0,79	0,03	5,77	0,42	0,22	0,42	0,25	0,76	0,81	0,37	0,78	0,36	0,46	0,15	0,28	8	8
II	min	11,4	6,69	0,21	42,9	0,23	0,28	0,24	0,27	8,61	9,19	0,63	0,64	3,64	3,16	0,29	0,32	18	24
	cp	12,8	6,83	0,27	45,1	0,28	0,34	0,32	0,35	10,4	10,6	0,77	0,78	4,01	3,91	0,39	0,50	29	39
	max	14,7	10,7	0,32	74,8	0,32	0,43	0,39	0,44	13,0	12,7	0,93	1,12	5,09	4,98	0,73	0,73	39	81
	σ^2	2,7	5,20	0,00	317	0,00	0,00	0,00	0,00	4,90	3,10	0,00	0,10	0,60	0,80	0,10	0,00	110	873
	σ	1,7	2,30	0,10	17,8	0,00	0,10	0,10	0,10	2,20	1,80	0,20	0,20	0,80	0,90	0,20	0,20	11	30
III	min	5,41	3,53	0,13	9,87	0,21	0,48	0,18	0,66	1,72	1,79	2,68	2,91	1,63	1,96	0,75	0,85	18	27
	cp	6,02	4,19	0,20	12,9	0,35	0,78	0,41	0,76	2,54	2,64	2,94	3,16	2,03	2,19	1,09	1,02	36	40
	max	6,48	4,82	0,24	16,0	0,47	0,91	0,63	0,87	3,31	3,32	3,41	3,46	2,52	2,52	1,74	1,19	49	51
	σ^2	0,29	0,42	0,00	9,39	0,02	0,05	0,05	0,01	0,63	0,59	0,14	0,08	0,20	0,08	0,25	0,03	242	144
	σ	0,54	0,65	0,06	3,07	0,13	0,22	0,23	0,11	0,80	0,77	0,37	0,28	0,45	0,28	0,50	0,17	15	12
IV	min	14,9	9,56	0,23	73,2	0,49	0,29	0,52	0,41	10,8	10,8	0,52	1,23	4,87	4,43	0,51	0,62	34	47
	cp	16,7	11,1	0,32	101	0,70	0,62	0,59	0,54	12,8	12,9	1,41	1,48	5,56	5,65	0,77	0,69	47	62
	max	19,9	13,6	0,38	145	0,91	0,96	0,72	0,63	16,0	15,8	1,97	1,98	6,73	6,85	0,93	0,82	82	79
	σ^2	6,41	4,16	0,01	1310	0,04	0,11	0,01	0,01	6,88	6,30	0,53	0,15	0,88	1,46	0,04	0,01	616	256
	σ	2,53	2,04	0,08	36,2	0,21	0,34	0,10	0,11	2,62	2,51	0,73	0,38	0,94	1,21	0,21	0,10	25	16
Вторая пробная площадка [Second site]																			
V	min	5,97	5,47	0,23	22,0	1,83	1,31	1,72	1,16	3,04	2,71	2,81	2,73	2,72	0,55	1,07	42,1	42	39
	cp	7,31	7,09	0,28	36,5	2,26	1,82	2,18	1,41	3,72	3,84	3,74	3,76	3,45	1,16	1,39	51,8	51	57
	max	9,27	9,31	0,34	53,6	2,92	2,27	3,07	1,72	4,86	4,63	4,51	5,17	4,26	1,69	2,23	61,1	61	76
	σ^2	2,75	3,72	0,00	250	0,30	0,23	0,47	0,08	0,85	0,93	0,72	1,50	0,59	0,33	0,36	90,2	90	342
	σ	1,66	1,93	0,06	15,8	0,55	0,48	0,69	0,28	0,92	0,97	0,85	1,22	0,77	0,57	0,60	9,50	9,5	18
VI	min	4,77	4,96	0,13	19,0	0,94	1,21	0,91	1,16	2,25	2,96	3,27	2,64	2,22	0,62	0,61	0,78	39	48
	cp	5,79	5,44	0,18	27,2	1,16	1,43	1,15	1,30	2,90	3,36	3,55	2,84	2,82	0,96	0,96	1,02	49	57
	max	6,62	5,91	0,20	27,3	1,39	1,56	1,33	1,42	3,56	3,73	4,19	2,91	3,06	1,18	1,21	1,16	57	73
	σ^2	0,86	0,23	0,00	17,5	0,05	0,03	0,04	0,02	0,43	0,15	0,22	0,02	0,19	0,08	0,09	0,04	81	160
	σ	0,93	0,48	0,04	4,19	0,23	0,18	0,21	0,13	0,66	0,39	0,47	0,14	0,43	0,28	0,30	0,19	9	12

№ №	Показатель [Indicator]	Третья пробная площадка [Third site]																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
VII	min	5,94	4,96	0,21	16,5	1,72	0,99	1,51	0,59	3,54	3,52	2,22	2,49	2,52	2,68	0,78	0,78	43	52
	cp	7,89	6,31	0,27	28,1	2,47	1,37	2,26	1,33	4,44	4,52	3,27	3,39	3,37	3,39	1,06	0,97	52	56
	max	10,9	8,89	0,39	59,2	4,02	2,12	3,58	2,49	5,71	6,32	3,98	4,32	4,57	4,29	1,92	1,22	59	62
	σ^2	6,24	3,99	0,01	487	1,38	0,33	1,10	0,92	1,19	2,01	0,78	0,84	1,06	0,65	0,35	0,05	64	25
	σ	2,50	2,00	0,09	22,0	1,17	0,58	1,05	0,96	1,09	1,42	0,89	0,92	1,03	0,81	0,59	0,22	8	5
VIII	min	7,63	7,02	0,22	35,0	1,49	1,52	1,48	1,49	3,81	3,87	4,09	4,07	3,52	3,32	0,99	1,43	47	51
	cp	10,3	8,56	0,24	59,4	2,33	2,12	2,28	2,21	4,76	4,71	5,11	5,20	4,34	4,33	1,17	1,79	65	68
	max	12,2	9,73	0,25	78,5	2,71	2,49	2,73	2,67	5,66	5,31	5,62	6,10	4,97	5,12	1,34	2,42	78	82
	σ^2	5,27	1,85	0,00	475	0,39	0,24	0,40	0,35	0,86	0,52	0,61	1,03	0,53	0,81	0,03	0,25	242	241
	σ	2,30	1,36	0,02	21,8	0,62	0,49	0,63	0,59	0,93	0,72	0,78	1,02	0,73	0,90	0,18	0,50	15	15
IX	min	7,37	7,28	0,22	35,9	1,93	1,52	1,92	1,51	4,02	3,89	3,41	3,62	3,43	3,62	0,83	1,22	37	31
	cp	8,63	8,59	0,28	54,6	2,36	1,93	2,52	1,94	4,55	4,55	4,88	4,91	4,47	4,11	1,35	1,36	50	46
	max	9,43	9,33	0,31	63,5	3,02	1,52	3,03	2,22	5,31	6,12	5,92	5,43	4,82	4,48	1,83	1,51	62	71
	σ^2	1,08	1,08	0,00	198	0,30	0,06	0,31	0,13	0,42	1,31	1,59	0,87	0,52	0,19	0,25	0,02	156	408
	σ	1,04	1,04	0,05	14,0	0,55	0,24	0,56	0,36	0,65	1,15	1,26	0,93	0,72	0,43	0,50	0,15	12	20
X	min	14,2	5,89	0,20	44,6	0,52	0,28	0,46	0,29	12,1	11,9	0,46	0,32	2,73	3,14	0,27	0,34	76	66
	cp	16,9	6,73	0,22	62,3	0,89	0,34	0,77	0,40	14,3	14,3	0,54	0,50	3,30	3,51	0,35	0,40	79	77
	max	18,5	7,42	0,25	74,6	1,02	0,41	0,93	0,66	15,6	15,8	0,73	0,81	3,82	3,74	0,41	0,43	84	83
	σ^2	4,72	0,59	0,00	227	0,07	0,00	0,06	0,04	3,13	3,87	0,02	0,06	0,30	0,09	0,00	0,00	16	74
	σ	2,17	0,77	0,03	15,1	0,26	0,07	0,24	0,19	1,77	1,97	0,14	0,25	0,55	0,30	0,07	0,05	4	8

Примечания: I — *Tilia cordata*; II — *Quercus robur* L.; III — *Betula pendula*; IV — *Quercus robur* L.; V — *Tilia platyphyllos*; VI — *Tilia cordata*; VII — *Tilia cordata*; VIII — *Tilia cordata*; IX — *Tilia cordata*; X — *Castanea sativa*; 1 — длина (см), 2 — ширина (см), 3 — толщина (мм); 4 — площадь (мм²); 5 — длина первой жилки слева (см); 6 — длина второй жилки слева (см); 7 — длина первой жилки справа (см); 8 — длина второй жилки справа (см); 9 — длина от вершины до конца четвертой жилки слева (см); 10 — длина от вершины до конца четвертой жилки справа (см); 11 — длина левой половины листа от второй жилки слева (см); 12 — длина левой половины листа от второй жилки справа (см); 13 — ширина левой половинки листа (см); 14 — ширина правой половинки листа (см); 15 — расстояние между концами жилок слева (см); 16 — расстояние между концами жилок справа (см); 17 — угол между второй и главной жилкой слева (°); 18 — угол между второй и главной жилкой справа (°); min — минимум; cp — среднее; max — максимум; σ^2 — дисперсия выборки; σ — стандартное отклонение.
[Notifications: I — *Tilia cordata*; II — *Quercus robur* L.; III — *Betula pendula*; IV — *Quercus robur* L.; V — *Tilia platyphyllos*; VI — *Tilia cordata*; VII — *Tilia cordata*; VIII — *Tilia cordata*; IX — *Tilia cordata*; X — *Castanea sativa*; 1 — length (cm); 2 — width (cm); 3 — thickness (mm); 4 — square (cm²); 5 — the length of the first vein of a leaf (the left side) (cm); 6 — the length of the second vein of a leaf (the left side) (cm); 7 — the length of the first vein of a leaf (the right side) (cm); 8 — the length of the second vein of a leaf (the right side) (cm); 9 — the length between the tip of a leaf and the end of the fourth vein of a leaf (the left side) (cm); 10 — the length between the tip of a leaf and the end of the fourth vein of a leaf (the right side) (cm); 11 — the distance between the second vein of a leaf and the blade of a leaf (the left side) (cm); 12 — the distance between the second vein of a leaf and the blade of a leaf (the right side) (cm); 13 — the width between the midrib and the margin of a leaf (the left side) (cm); 14 — the width between the midrib and the margin of a leaf (the right side) (cm); 15 — the distance between first and the second vein of leaf (the left side) (cm); 16 — the distance between first and the second vein of leaf (the right side) (cm); 17 — the angle between the midrib and the second vein of a leaf (the left side) (°); 18 — the angle between the midrib and the second vein of a leaf (the right side) (°); min — minimum; cp — average; max — maximum; σ^2 — variance; σ — standard deviation.]

В свою очередь, минимальные значения дисперсии и стандартного отклонения ($\sigma^2 = 0$; $\sigma = 0$) были отмечены у листьев *Quercus robur L.* на первой пробной площадке по показателям: толщина листа, длина первой и второй жилок слева и справа, длина левой половины листа от второй жилки слева и расстояние между концами жилок справа. Также у листьев каштана посевного *Castanea sativa* на третьей пробной площадке по показателям: толщина, длина второй жилки слева, расстояние между концами жилок слева и справа. Таким образом, можно сказать, что перечисленные морфологические параметры практически не изменяются и менее чувствительны к изменению окружающей природной среды кампуса.

Результаты вычисления индекса асимметрии листьев по семи морфологическим параметрам, а также суммарного индекса асимметрии для каждого вида растения представлены в табл. 2.

Таблица 2/Table 2

Индексы асимметрии листьев древесных растений на территории кампуса РУДН
[The fluctuating asymmetry indexes of trees species in the RUDN University campus]

Вид [Species]	As_{cp1}	As_{cp2}	As_{cp3}	As_{cp4}	As_{cp5}	As_{cp6}	As_{cp7}	As_{total}	Оценка жизненного состояния (баллы) [Life assessment of the tree species (points)]
<i>Первая пробная площадка [First site]</i>									
<i>Tilia cordata</i>	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,05	0,01	1
<i>Quercus robur L.</i>	0,07	0,02	0,01	0,00	0,02	0,13	0,08	0,02	1
<i>Betula pendula</i>	0,06	0,00	0,02	0,04	0,04	0,02	0,07	0,03	2
<i>Quercus robur L.</i>	0,09	0,08	0,00	0,06	0,00	0,03	0,15	0,04	2
<i>Вторая пробная площадка [Second site]</i>									
<i>Tilia platyphyllos</i>	0,02	0,18	0,01	0,01	0,52	0,95	0,04	0,04	2
<i>Tilia cordata</i>	0,00	0,12	0,08	0,11	0,49	0,04	0,07	0,05	3
<i>Третья пробная площадка [Third site]</i>									
<i>Tilia cordata</i>	0,04	0,04	0,00	0,02	0,00	0,02	0,04	0,02	1
<i>Tilia cordata</i>	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,20	0,02	0,03	2
<i>Tilia cordata</i>	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,07	0,03	2
<i>Tilia cordata</i>	0,02	0,02	0,00	0,01	0,06	0,10	0,28	0,01	1
<i>Castanea sativa</i>	0,07	0,07	0,00	0,05	0,03	0,07	0,01	0,01	1

Из табл. 2 видно, что у всех видов растений на трех пробных площадках вычисленный индекс асимметрии больше нуля ($As_{1,2,3...7} > 0$; $As_{total} > 0$). Максимальные значения асимметрии ($As_{2,5,6,7} \geq 0,04$), а также суммарный индекс асимметрии были отмечены на второй пробной площадке у растений *Tilia platyphyllos* и *Tilia cordata* ($As_{total} = 0,04$ и $As_{total} = 0,05$ соответственно).

Максимальные значения индекса асимметрии листьев получены при измерении длины второй жилки (As_2), ширины листа (As_3), расстояния между концами первой и второй жилок (As_6), угла между второй и главной жилками (As_7). Следовательно, можно сказать, что такие показатели наиболее точно отражают изменения левой и правой сторон листа у исследуемых растений, и их можно считать индикаторами при исследовании асимметрии листьев древесных растений.

У растений, произрастающих на второй пробной площадке (табл. 2), жизненное состояние по суммарному индексу асимметрии листьев оценивается как «удов-

летворительное» (2 балла) и «критическое» (3 балла). Такое жизненное состояние можно объяснить тем, что вторая пробная площадка расположена в одном из самых уязвимых с точки зрения антропогенного воздействия месте, вблизи автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая.

Хорошее жизненное состояние отмечено на первой пробной площадке у растений *Tilia cordata*, *Quercus robur L.*, на третьей пробной площадке у *Tilia cordata* и *Castanea sativa*. Значит, данные виды растений можно считать наиболее устойчивыми к воздействию антропогенных объектов — автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая.

Необходимо отметить, что при сравнении распределения суммарного индекса асимметрии на трех пробных площадках по X-критерию ван дер Вардена установлено следующее: распределение суммарного индекса асимметрии на первой и второй пробных площадках оказалось статистически недостоверным $U_{\phi} = 0,06 < U_{st} = 2,30$ при уровне значимости $p = 95 \%$, на второй и третьей площадках — недостоверным при $U_{\phi} = 1,150 < U_{st} = 2,30$ и уровне значимости $p = 95 \%$.

Так как нулевую гипотезу (H_0) отвергнуть нельзя, все площадки являются одинаковыми с точки зрения распределения суммарного индекса асимметрии.

Таким образом, можно предположить, что все растения, произрастающие на трех пробных площадках, находятся в зоне антропогенного воздействия — автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая — и испытывают негативное воздействие, которое проявляется в изменении морфологических параметров и индекса асимметрии у листьев древесных растений.

Выводы

Учитывая вышесказанное, а также тот факт, что во время проведения исследований на территории всех пробных площадок отмечены повышенные концентрации загрязняющих веществ, в том числе таких макрокомпонентов, как диоксид углерода (CO_2) и азота (NO_2), можно сделать вывод о том, что:

— морфологические параметры листьев древесных растений на трех пробных площадках отличаются друг от друга и постоянно изменяются (σ^2 и $\sigma > 0$), за исключением растений *Quercus robur L.* на первой пробной площадке и *Castanea sativa* — на третьей при σ^2 и $\sigma = 0$ соответственно;

— у всех видов растений на трех пробных площадках вычисленный индекс асимметрии больше нуля ($As_{1,2,3...7} > 0$; $As_{total} > 0$). Максимальные значения асимметрии ($As_{2,5,6,7} \geq 0,04$), а также суммарный индекс асимметрии были отмечены на второй пробной площадке у растений *Tilia platyphyllos* и *Tilia cordata* ($As_{total} = 0,04$ и $As_{total} = 0,05$ соответственно);

— среди показателей асимметрии, наиболее точно отражающих изменение левой и правой сторон листьев растений, можно выделить: длину второй жилки (As_2), ширину листа (As_3), расстояние между концами первой и второй жилок (As_6), угол между второй и главной жилками (As_7), значения которых были больше 0,039;

— жизненное состояние растений, произрастающих на второй пробной площадке, по суммарному индексу асимметрии листьев оценивается как «удовлет-

ворительное» (2 балла) и «критическое» (3 балла), так как именно вторая пробная площадка расположена в одном из самых уязвимых с точки зрения антропогенного воздействия мест — вблизи автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая;

— жизненное состояние растений *Tilia cordata*, *Quercus robur* L. на первой пробной площадке и растений *Tilia cordata* и *Castanea sativa* — на третьей характеризовалось как «хорошее». Следовательно, данные виды растений можно считать наиболее устойчивыми к условиям постоянного воздействия антропогенных объектов — автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая.

С целью оценки влияния указанных антропогенных объектов на растения, произрастающие на территории кампуса РУДН, в будущем необходимо продолжить исследования в данном направлении и сравнить имеющиеся результаты с данными, полученными на относительно чистых, то есть расположенных вдали от антропогенных объектов, территориях (садах и парках).

Практические рекомендации

На основании полученных данных об оценке жизненного состояния деревьев необходимо составить ассортимент растений, включающий наиболее устойчивые к антропогенному воздействию виды растений и эдификаторов, способных поддерживать функционирование естественной экосистемы кампуса.

Список литературы

- [1] Послание Генерального секретаря ООН по случаю Международного дня биологического разнообразия. URL: <http://www.unrussia.ru/ru/un-in-russia/news/2018-05-22>
- [2] Никольский А.А., Ронкин В.И., Савченко Г.А. Восстановление биоразнообразия — недостижимая цель устойчивого развития (на примере Украинской степи) // Актуальные проблемы экологии и природопользования: материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф. Москва, 2018. С. 13–22.
- [3] Захаров В.М., Крысанов Е.Ю., Пронин А.В. Методология оценки здоровья среды // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. М.: Наука, 2007. С. 78–86.
- [4] Криволицкий Д.А., Степанов А.М., Тихомиров Ф.А., Федоров Е.А. Экологическое нормирование на примере радиоактивного и химического загрязнения экосистем // Методы биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. М.: Наука, 1988. С. 4–16.
- [5] Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б., Иудин И.Д. Фрактальная организация экосистем: нужно ли это нам? // Экологические проблемы заповедных территорий России. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. С. 61–68.
- [6] Гиляров М.С. О функциональном значении симметрии организмов // Зоологический журнал. 1944. Т. 23. № 5. С. 213–215.
- [7] Урманцев Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии. М.: Мысль, 1974. 229 с.
- [8] Захаров В.М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987. 161 с.
- [9] Гелашвили Д.Б., Солдатов Е.Н., Чупрунов Е.В. Меры сходства и разнообразия в оценке флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков // Поволжский экологический журнал. 2004. № 2. С. 132–143.
- [10] Мамаджанов Р.Х. Оценка жизненного состояния растений в районах размещения полигонов ТБО Чеченской Республики // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. 2016. № 1. С. 28–35.

- [11] *Palmer A.R., Strobeck C.* Fluctuating Asymmetry Analyses Revisited. URL: [http://www.biology.ualberta.ca/palmer.hp/pubs/03BookChapt/Palmer StrobeckChapt.pdf](http://www.biology.ualberta.ca/palmer.hp/pubs/03BookChapt/Palmer%20StrobeckChapt.pdf)
- [12] *Черепанов С.К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
- [13] *Рычин Ю.В.* Деревья и кустарники лесов, парков, садов и полезащитных лесонасаждений средней полосы европейской части СССР: определитель / под ред. проф. С.С. Станкова. М.: Государственное учебно-педагогическое издательство Министерства Просвещения РСФСР, 1950. 188 с.
- [14] *Губанов И.А.* Иллюстрированный определитель растений Средней России. М.: Т-во научных изданий КМК, 2003. 473 с.
- [15] *Боголюбов А.С.* Изучение вертикальной структуры леса. URL: <http://karpolya.ru>
- [16] *Криволицкий Д.А.* Биоиндикация и биомониторинг. М.: Наука, 1991. 288 с.
- [17] *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 22.02.2018

Дата принятия к печати: 20.09.2018

Для цитирования:

Мамаджанов Р.Х. Оценка жизненного состояния древесных растений по индексу асимметрии листьев на территории кампуса РУДН // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2018. Т. 26. № 3. С. 335—345. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-335-345

Сведения об авторе:

Мамаджанов Роман Хасанович — кандидат биологических наук, старший преподаватель экологического факультета Российского университета дружбы народов. *Контактная информация:* e-mail: Daddy_roma@mail.ru

Plant life assessment by the total fluctuating asymmetry index in the RUDN University campus

R.Kh. Mamadzhanov

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
8 Podolskoye Shosse, bldg. 5, Moscow, 113093, Russian Federation

The article proposes a new method of plant life assessment by the total fluctuating asymmetry index that includes seven asymmetry parameters of leaves growing in three experimental areas near the Leninsky Prospekt and Miklukho-Maklaya highways. The data on 18 morphological parameters of leaves of the tree species growing in these experimental areas has been presented. The potential impact of the Leninsky Prospekt and Miklukho-Malkaya highways on the morphological parameters of leaves has been estimated.

Keywords: bioindication, biomonitoring, morphological parameters of leaves, plant life assessment, fluctuating asymmetry index of leaves, tree species, environmental monitoring, anthropogenic impact, environment

References

- [1] *The message from the UN Secretary-General on the occasion of International Day of the Biological Diversity*. <http://www.unrussia.ru/ru/un-in-russia/news/2018-05-22>
- [2] Nikolsky AA, Ronkin VI, Savchenko GA. Restoration of access is an unachievable goal of sustainable development (on the example of the Ukrainian steppe). *Actual problems of ecology and nature management: materials of the XIX International. scientific-practical conf.* Moscow; 2018: 13–22.
- [3] Zakharov VM, Krysanov EYu, Pronin AV. Methodology for assessing the health of the environment. *Bioindication of the ecological status of lowland rivers*. Moscow: Science Publ.; 2007: 78–86.
- [4] Krivolutsky DA, Stepanov AM, Tikhomirov FA, Fedorov EA. Ecological rationing on the example of radioactive and chemical retention. *Methods of bioindication of the environment in areas of nuclear power plants*. Moscow: Science Publ.; 1988: 4–16.
- [5] Rosenberg GS, Gelashvili DB, Iudin ID. Fractal organization: do we need it? *Environmental problems of protected areas of Russia*. Tolyatti: IESB RAS; 2003: 61–68.
- [6] Gilyarov MS On the functional significance of the symmetry of organisms. *Zool. Journals*. 1944;23(5): 213–215.
- [7] Urmantsev YuA. *Symmetry of nature and nature of symmetry*. Moscow: Thought Publ.; 1974.
- [8] Zakharov VM. *Asymmetry of animals*. Moscow: Science Publ.; 1987.
- [9] Gelashvili DB, Soldatov EN, Chuprunov EV. Measures of similarity and diversity in the assessment of the fluctuating asymmetry of bilateral signs. *Volga eco journals*. 2004;2: 132–143.
- [10] Mamadzhanov RKh. Estimation of the vital state of plants in areas where solid waste landfills of the Chechen Republic are located. *Vestnik MGOU: Series of Natural Sciences*. 2016;1: 28–35.
- [11] Palmer AR, Strobeck K. *Oscillatory asymmetric analyzes*. <http://www.biology.ualberta.ca/palmer.hp/pubs/03BookChapt/PalmerStrobeckChapt.pdf>
- [12] Cherepanov SK. *Vascular plants of Russia and adjacent states (within the former USSR)*. Saint Petersburg: Peace and Family Publ.; 1995.
- [13] Rychin YuV. *Trees and shrubs of the forest, parks, gardens and shelter forests*. Moscow: State Pedagogical Publishing House of the Ministry of Enlightenment of the RSFSR; 1950.
- [14] Gubanov IA. *Illustrated determinant of plants in Central Russia*. Moscow: Scientific community Publ.; 2003.
- [15] Bogolyubov AS. *The study of the vertical structure of the forest*. <http://karpolya.ru>
- [16] Krivolutsky DA. *Bioindication and biomonitoring*. Moscow: Science Publ.; 1991.
- [17] Lakin GF. *Biometrics*. Moscow: Higher school Publ.; 1990.

Article history:

Received: 22.02.2018

Revised: 20.09.2018

For citation:

Mamadzhanov RKh. Plant life assessment by the total fluctuating asymmetry index in the RUDN University campus. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3): 335–345. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-335-345

Bio Note:

Roman Khasanovich Mamadzhanov — Candidate of Biological Sciences, senior lecturer, Faculty of Ecology, Environmental Department, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information*: e-mail: Daddy_roma@mail.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-346-353

УДК 504.5.06

Геозкологические аспекты гражданского строительства на песках

Т.И. Аверкина

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

Гражданское строительство часто осуществляется на песках, которые широко распро-странены в верхней части геологического разреза. Эти грунты обычно служат надежным основанием инженерных сооружений, но при определенных условиях могут вызывать серьезные осложнения и даже создавать угрозу безопасности жизнедеятельности. Анализ и обобщение существующего опыта строительства позволяет выделить три группы проблем, которые необходимо своевременно выявлять и устранять. Больше всего проблем связано с водоносными песками. Водопритоки, прорывы напорных вод и пьезунов — очень распространенные явления, затрудняющие проходку строительных котлованов и устройство подземных сооружений. Для защиты от подземных вод часто применяют водопонижение, которое в условиях плотной городской застройки может нарушить устойчивость окружающих зданий. Вторая группа проблем связана с процессом суффозии. Наиболее опасным его проявлением являются суффозионные провалы, приводящие к аварийным ситуациям, а иногда и к разрушению сооружений. Третья группа проблем обусловлена специфической реакцией песков на динамические воздействия, в частности разжижением водонасыщенных песчаных грунтов. Последствия такой реакции могут быть очень серьезными: погружение сооружения в грунт, выпор свай или мостовых опор, всплытие подземных емкостей, выпор разжиженных грунтов из-под фундамента вплоть до образования крена или опрокидывания сооружения.

Ключевые слова: гражданское строительство, пески, водоносные пески, суффозия, разжижение песков, инженерная защита

Введение

В гражданском строительстве последних лет можно отметить несколько общих тенденций. Прежде всего, наблюдается увеличение этажности надземных и подземных частей зданий, то есть города «растут вверх и вниз». Широко используются различные виды свайных фундаментов, а также методы улучшения свойств и искусственного закрепления грунтов. Из-за ограниченности свободного пространства в городах многие новые объекты приходится возводить в условиях плотной застройки, а это может причинить вред окружающим сооружениям. С другой стороны, под новостройки стали отводить земли, ранее считавшиеся неудобными или даже непригодными для строительства — поймы рек, склоны, подрабо-

© Аверкина Т.И., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

тантные территории и т.д. В таких условиях требуются специальная дорогостоящая предварительная подготовка строительных площадок и мероприятия по инженерной защите объектов.

На наиболее освоенных равнинных территориях гражданское строительство очень часто осуществляется на песках. Они широко распространены в верхней части геологического разреза и в большинстве случаев выступают как достаточно надежные основания инженерных сооружений. Однако даже такие грунты при определенных условиях могут создавать серьезные проблемы и осложнения, которые необходимо знать и учитывать для обеспечения рационального природопользования.

Проблемы, связанные с водоносными песками

Самые распространенные явления, связанные с водоносными песками, — водопритоки, прорывы напорных вод и пльвунов, которые затрудняют проходку котлованов и строительство подземных сооружений. Для защиты от подземных вод применяют водопонижение, устройство противодиффузионных завес или комбинацию этих методов.

Водопонижение осуществляется с помощью открытого водоотлива или глубинного водопонижения. В условиях плотной городской застройки обезвоживание массивов не всегда удается провести без ущерба для близлежащих зданий и сооружений. Так, в Москве в 1930-е годы при строительстве первых линий метро туннели проходили открытым способом под защитой контурного дренажа, и это в ряде случаев негативно сказалось на окружающей застройке. Например, в долине р. Неглинки осушение толщи аллювиальных песков вызвало их уплотнение, сопровождавшееся неравномерной осадкой и повреждением некоторых зданий исторического центра, в том числе Большого и Малого театров. Деформация последнего была столь существенна, что даже поднимался вопрос о его сносе.

В 1980-е годы, когда в центре столицы вели работы по строительству станции метро «Боровицкая», этот негативный опыт пытались учесть, и проходку наклонного эскалаторного туннеля осуществляли под защитой замораживания. Однако это лишь частично облегчило ситуацию. Кроме туннеля был вырыт котлован глубиной 10 м для наземного павильона, соорудили новый наземный вестибюль станции «Библиотека имени Ленина» и подземный переход от станции «Боровицкая» к станции «Арбатская», создавалась система траншей для подводки сетей и коммуникаций. В результате проведения этих масштабных мероприятий избежать деформации существующих сооружений не удалось.

Строительные работы потребовали откачки подземных вод из четвертичного, ратмировского и перхуровского водоносных горизонтов, для чего были пробурены 36 водозаборных скважин. Суммарный объем воды, отобранной из ратмировского горизонта с февраля 1982 по июнь 1985 г., составил 5,6 млн м³, из перхуровского — 3,0 млн м³, из четвертичных отложений — 7,1 млн м³. Откачка воды продолжалась до апреля 1986 г. [1]. Проведенные работы спровоцировали осадку поверхности и деформацию почти всех зданий Государственной библиотеки имени В.И. Ленина (ГБЛ) и исторической застройки в районе улицы Волхонки (рис. 1). Появились трещины в несущих конструкциях шириной от нескольких

миллиметров до нескольких сантиметров, наблюдались отколы бетона консолей и концов балок, перекосы оконных переплетов, растрескивание и выпадение стекол. Особенно сильно пострадало книгохранилище, здание типографии пришлось взять в каркас. Потребовалось провести большой объем ремонтных и восстановительных работ.

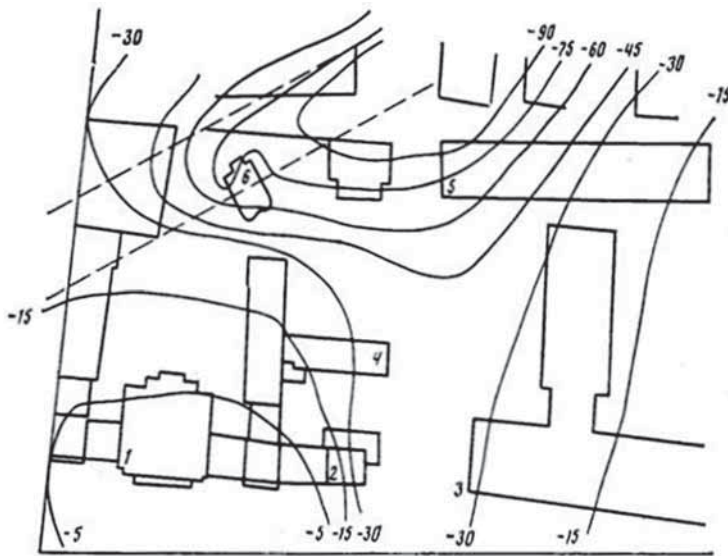


Рис. 1. Карта суммарной осадки реперов (мм) на территории ГБЛ в феврале 1982 — июле 1986 гг. [1]: ширина зоны осадок — 190 м; максимальная величина осадки реперов — 122 мм;

максимальная скорость — 11 мм/мес; 1 — Дом Пашкова; 2 — северный флигель Дома Пашкова;

3 — корпус ГБЛ; 4 — здание типографии; 5 — корпус ГБЛ; 6 — Храм святителя Николая Мирликийского

[Figure 1. A map of the total subsidence of reference marks (mm) on the territory of GBL in February 1982 — July 1986 [1]:

wideness of the subsidence zone — 190 m; maximum of the subsidence of reference marks — 122 mm;

maximum speed is 11 mm/month; 1 — the Pashkov House; 2 — north wing of the Pashkov House;

3 — campus building of the Lenin State Library; 4 — building of the printing-office;

5 — campus building of the Lenin State Library; 6 — Church of St. Nicholas]

Для защиты глубоких котлованов и подземных сооружений от водопритоков вместо глубинного водоотлива довольно широко используют уже упоминаемый метод *искусственного замораживания грунтов*. Однако и в этом случае могут возникать осложнения. Главным образом они связаны с неравномерными осадками при промораживании и последующем оттаивании массивов. Например, в Санкт-Петербурге после окончания строительства некоторых станций метро и оттаивания замороженных грунтов были зафиксированы случаи, когда пришлось разбирать или восстанавливать многие аварийные дома — в окрестностях станций «Невский проспект», «Маяковская», «Василеостровская», «Площадь мира» и др. Пострадали и памятники архитектуры — здания Адмиралтейства (в продольных стенах образовались зияющие трещины), здание бывшей городской Думы возле станции «Гостинный двор», Собор Александро-Невской лавры (трещины в куполе) [2].

Очень интересен опыт строительства высотного здания у Красных ворот в Москве. Основание этого здания имеет следующий разрез (сверху вниз): 1) флювиогляциальные пески мощностью 10—11 м с модулем деформации $E = 11—13$ МПа;

2) глинистые пески волжского яруса с $E = 11$ МПа; 3) юрские глины мощностью 6–7 м с $E = 15$ МПа; 4) прочные каменноугольные известняки. Когда велось строительство высотки, под ней под защитой замораживания осуществлялась проходка наклонного эскалаторного туннеля станции метро «Красные ворота». Была угроза того, что после оттаивания замороженных грунтов может произойти неравномерная осадка здания, выстроенного в форме буквы «П», и, что особенно опасно, закроются осадочные швы между отдельными его корпусами. Чтобы этого избежать, было принято смелое решение — построить здание с небольшим наклоном, чтобы после оттаивания грунтов оно приняло вертикальное положение. Расчет себя оправдал. Наблюдения показали, что сначала (при промораживании) произошло выпучивание дна котлована на 5 см, затем была отмечена неравномерная осадка с разностью в 8 см (от 9,5 до 17,5 см), а потом здание выровнялось. При этом конечная осадка оказалась значительно меньше расчетной — 13,4 см вместо 28 см [2].

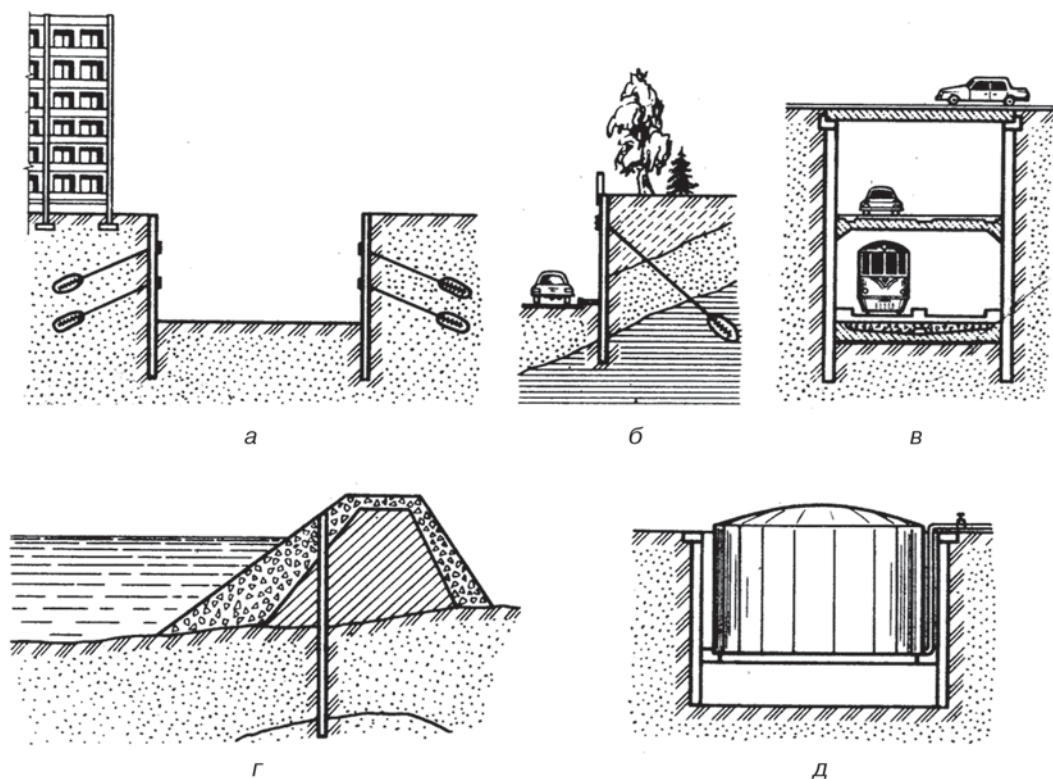


Рис. 2. Конструкции, сооружаемые способом «стена в грунте» [3]:
а — котлованы в городских условиях; б — подпорные стенки; в — туннели;
г — противодиффузионные диафрагмы; д — подземные резервуары

[Figure 2. Structures by soil mix wall method [3]:
а — excavation pit in an urban setting; б — headwalls; в — tunnels;
г — impervious diaphragm; д — underground reservoirs]

В последние годы широкое распространение получил способ защиты строительных объектов от подземных вод под названием «стена в грунте». Он используется при создании фундаментов под тяжелые сооружения, возведении подзем-

ных частей и конструкций промышленных и гражданских зданий и т.д. Заглубление стен в водоупорные грунты позволяет полностью отказаться от водоотлива, глубинного водопонижения и замораживания и дает возможность сравнительно безопасно создавать глубокие котлованы вблизи существующих строений, что особенно важно при строительстве в стесненных городских условиях. На рис. 2 приведены примеры некоторых конструкций, построенных с использованием стены в грунте.

Проблемы, связанные с процессом суффозии

Наиболее опасным проявлением процесса суффозии, осложняющим строительство и эксплуатацию объектов, возведенных на песках, считаются суффозионные провалы. На обжитых территориях они чаще всего связаны с техногенными факторами — неудовлетворительным состоянием объектов инфраструктуры или грубыми нарушениями в процессе строительных работ. В разных городах отмечались аварийные ситуации, обусловленные развитием суффозии при утечках из водонесущих коммуникаций, инфильтрации из искусственных водотоков и водоемов, строительном водопонижении и т.д.

В Санкт-Петербурге в качестве одной из типичных причин деформации старых зданий В.М. Улицкий и А.Г. Шашкин называют разрушение деревянных элементов и суффозионное разуплотнение песков под подушкой фундаментов. Особенно часто такие явления наблюдаются в неоднородных насыпных грунтах, мощность которых доходит до 4—7 м, и пылеватых дельтовых песках на участках, где грунтовые воды гидравлически связаны с реками и каналами либо подпитываются утечками из коммуникаций. Установлено, что для дельтовых песков опасен гидравлический градиент, превышающий 0,1 [4]. Авторы описали несколько характерных аварийных ситуаций. Одна из них — строительство подземного перехода под площадью Труда (бывшей Благовещенской), расположенной в пойме р. Невы. Под техногенными грунтами мощностью 2—3 м здесь залегают дельтовые пески мелкие и пылеватые (5—6 м), ниже — мягкопластичные морские суглинки (12—16 м), под ними вскрываются тугопластичные моренные суглинки. Уровень грунтовых вод залегал на глубине 1,7 м от поверхности. Работа в котловане глубиной 5,8 м велась с открытым водоотливом и под защитой шпунтовой стенки (14 м), которая была выполнена не очень качественно и пропускала воду. За 4 года существования котлована вокруг него образовалась депрессионная воронка, в которую попали окружающие здания, грунтовые воды опустились ниже уровня воды в Неве и рядом расположенных каналах. За счет развившейся суффозии произошли дополнительные неравномерные осадки и появились трещины в несущих конструкциях у одного из прилегающих домов. Чтобы исправить ситуацию и завершить работы по строительству перехода, потребовались мероприятия инженерной защиты. Под фундаментом деформированной части старого здания провели закрепление разуплотненных песков методом цементации, а по контуру подземного перехода выполнили противофильтрационную завесу глубиной 10 м с врезанием в водоупорные мягкопластичные суглинки [4].

Существуют описания многочисленных случаев суффозионных провалов на территории Москвы. Один из них — провал, произошедший в 1998 г. при проходке коллекторного тоннеля и вызвавший разрушение двухэтажного дома на Большой Дмитровке. В ходе изыскательских работ была пропущена погребенная долина, заполненная водонасыщенными песками, в которую и «врезался» тоннель [5].

В пределах Москвы, помимо чисто суффозионных провалов, наблюдаются провалы другого типа — карстовые, но суффозия в их формировании тоже участвует. Карстовые провалы в столице происходят реже, чем собственно суффозионные, и, по мнению некоторых специалистов, интенсивность образования первых постепенно снижается, а вторых — столь же постоянно увеличивается [5].

Проблемы, связанные с реакцией песков на динамические воздействия

Песчаные грунты обладают специфической реакцией на динамические воздействия, которая может иметь как положительные, так и отрицательные последствия. Положительный эффект наблюдается, когда с помощью вибрационных и виброударных машин производится *уплотнение рыхлых песков* для повышения их несущей способности. Трамбовку выполняют при влажности, близкой к оптимальной, иногда проводится уплотнение подводными взрывами.

Опасной реакцией на динамические воздействия является *разжижение водонасыщенных песчано-пылеватых грунтов*. Его могут вызвать землетрясения, движущийся транспорт, взрывы при экскавациях, работа тяжелых машин, ветровые и волновые нагрузки и т.д. Последствия разжижения бывают очень серьезными [6]: 1) повреждение объектов за счет значительных неравномерных осадок; 2) погружение сооружения в разжиженный грунт по мере его уплотнения либо, наоборот, — всплытие трубопроводов или подземных емкостей с углеводородами, газами и т.п.; 3) частичный выпор свай или мостовых опор; 4) выпор разжиженных грунтов из-под фундамента вплоть до образования крена или даже опрокидывания сооружения; 5) разрушение насыпей; 6) смещение пород на склонах.

Еще один пример динамического воздействия на песчаные грунты — устройство *свайных фундаментов*, которые, как уже было отмечено, в настоящее время получили очень широкое распространение. В условиях плотной городской застройки забивка и вибропогружение свай могут вызвать опасное неравномерное уплотнение или, напротив, разжижение песков в основаниях близлежащих сооружений. В такой обстановке сваи либо вдавливают, либо ввинчивают. Опыт строительства в Санкт-Петербурге показал, забивать сваи можно только в пределах контура проектируемого сооружения, а устройство свайного поля в 20-метровой зоне вокруг здания должно выполняться только методом вдавливания [7]. Такие правила целесообразно соблюдать во время строительства и в других городах при аналогичных природных условиях.

Заключение

Анализ и обобщение существующего опыта строительства показывает, что сложности и проблемы, возникающие при строительстве на песчаных грунтах,

связаны главным образом с тремя причинами: 1) водоносными горизонтами, приуроченными к пескам; 2) процессом суффозии; 3) реакцией песков на динамические воздействия. Чтобы эти проблемы не стали угрозой безопасности жизнедеятельности, необходимо их своевременно выявлять и предусматривать мероприятия по инженерной защите территорий и технических объектов.

Список литературы

- [1] Вознесенский Е.А., Коваленко В.Г., Кушнарёва Е.С., Фуникова В.В. Разжижение грунтов при циклических нагрузках. М.: Изд-во МГУ, 2005.
- [2] Инженерная геология СССР. Платформенные регионы Европейской части СССР. Кн. 2. М.: Недра, 1991.
- [3] Подборская В.О. О причинах деформаций памятников архитектуры и зданий исторической застройки территории Государственной библиотеки СССР им. В.И. Ленина // Инженерная геология. 1988. № 1. С. 46—52.
- [4] Улицкий В.М., Шашкин А.Г. Геотехническое сопровождение реконструкции городов. М.: АСВ, 1999.
- [5] Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: СтройИздат Северо-Запад, 2010.
- [6] Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В., Тер-Мартirosян З.Г., Чернышев С.Н. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Высшая школа, 2007.
- [7] Хоменко В.П., Калашников М.А., Потанов И.А. Карстовые и суффозионные провалы в г. Москве: особенности инженерно-геологических изысканий и прогнозирования // Вестник МГСУ. 2010. № 4. С. 158—162.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 06.10.2018

Дата принятия к печати: 20.11.2018

Для цитирования:

Аверкина Т.И. Геоэкологические аспекты гражданского строительства на песках // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 346—353. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-346-353

Сведения об авторе:

Аверкина Татьяна Ивановна — кандидат геолого-минералогических наук, доцент, кафедра инженерной и экологической геологии МГУ имени М.В. Ломоносова. Контактная информация: e-mail: averkinati@yandex.ru

Geocological aspects of civil engineering on the sands

T.I. Averkina

Lomonosov Moscow State University
1 Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation

Civil structures are often built on sands, which are widespread in the upper part of the geological section. These soils usually serve as a reliable basis for engineering structures, but under certain conditions can cause large complications and even endanger the life safety. Analysis and generalization of the

construction experience allows us reduce three groups of problems that need to be identified and addressed timely. Most of the problems are related to water-bearing sands. Water flows, breakthrough of pressure water and quicksand are very common phenomena that complicate the excavation of construction pits and the device of underground structures. To protect against groundwater is often used dewatering, which can disrupt the stability of the surrounding buildings in high-density urban development. The second group of problems is related to the process of suffusion. The most dangerous of its manifestations are suffusion failures, leading to emergency situations and sometimes to the destruction of structures. The third group of problems is caused by specific reaction of sands to dynamic impacts, in particular, by liquefaction of water-saturated sandy soils. The consequences of such a reaction can be very serious: the immersion of the structure in the ground, the uplift of piles or bridge supports, the float up of underground tanks, the uplift of liquefied soils from under the foundation until the formation of a building tilt or overturning of the structure.

Keywords: civil engineering, sands, aquifer sands, suffusion, sand liquefaction, engineering protection

References

- [1] Voznesensky EA, Kovalenko VG, Kushnareva ES, Funikova VV. *Soil liquefaction under cyclic loads*. Moscow: Publishing house of Moscow State University; 2005.
- [2] *Engineering Geology of the USSR. Platform regions of the European part of the USSR. Book 2*. Moscow: Nedra Publ.; 1991.
- [3] Podborskaya VO. On the causes of deformation of architectural monuments and buildings of historical development of the territory of the V.I. Lenin state library of the USSR. *Engineering Geology*. 1988: 46–52.
- [4] Ulitsky VM, Shashkin AG. *Geotechnical support of urban reconstruction*. Moscow: ACB Publ.; 1999.
- [5] Ulitsky VM, Shashkin AG, Shashkin KG. *Geotechnical support of urban development*. Saint Petersburg: StroyIzdat North-West Publ.; 2010.
- [6] Ukhov SB, Semenov VV, Znamensky VV, Ter-Martirosyan ZG, Chernyshev SN. *Soil mechanics and foundation engineering*. Moscow: Vysshaya shkola Publ.; 2007.
- [7] Khomenko VP, Kalashnikov MA, Potapov IA. Karst and suffusion holes in Moscow: features of engineering-geological surveys and forecasting. *Vestnik MGSU*. 2010;(4): 158–162.

Article history:

Received: 06.10.2018

Revised: 20.11.2018

For citation:

Averkina TI. Geocological aspects of civil engineering on the sands. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3): 346–353. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-346-353

Bio Note:

Tatyana Ivanovna Averkina — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Department of Engineering and Environmental Geology, Lomonosov Moscow State University. *Contact information:* e-mail: averkinati@yandex.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-354-366

УДК 57.049

Прогнозирование экологических последствий загрязненности воздуха свалочным газом в жилой застройке

А.В. Сауц

Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики
Российская Федерация, 190103, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр., д. 44, лит. А

В статье выполнено прогнозирование экологических последствий загрязненности компонентами свалочного газа воздуха в жилой застройке, расположенной на территории вблизи полигонов захоронения отходов. Предложена методика расчета рассеивания свалочного газа с учетом влияния застройки, основанная на численном решении уравнений диффузии, теплообмена, Рейнольдса, показательного распределения, дополненных соответствующими моделями турбулентности, начальными и граничными условиями. Методика позволяет учитывать пространственную неоднородность полигонов и свалок как источников загрязняющего вещества, а также процесс проникновения загрязненного воздуха в помещения. Выполнена программная реализация и верификация методики на примере полигона «Новоселки» (г. Санкт-Петербург) и прилегающих к нему складских зданий и жилого комплекса для наиболее неблагоприятного ветрового режима территории с учетом осреднения по времени. Проведен эколого-токсикологический анализ свалочного газа с точки зрения основных его компонентов, а также анализ канцерогенного и неканцерогенного рисков при хроническом воздействии на абстрактного человека, проживающего в помещении, в которое проникает загрязненный свалочным газом воздух. Результаты работы могут быть использованы для определения величины предельно допустимого выброса компонентов свалочного газа, размеров санитарно-защитных зон полигонов и свалок, выявления наиболее загрязненных мест на улице и в помещении, оценки риска для здоровья жильцов в результате хронического действия ядовитых веществ, синдрома «больного здания», вызванного проникновением загрязненного воздуха в помещения через неплотности ограждающих конструкций, при решении прикладных задач экологической безопасности строительства, жилищно-коммунального хозяйства и общественного здравоохранения.

Ключевые слова: свалочный газ, полигоны захоронения отходов, синдром «больных зданий», канцероген, хронический риск

Введение. Свалочный газ представляет собой газовую смесь, образующуюся в результате разложения на полигонах и свалках твердых бытовых и промышленных отходов (ТБО и ПО), представляющую опасность для окружающей среды. В составе свалочного газа помимо метана и углекислого газа могут присутствовать аммиак, бензол, сероводород, бенз(а)пирен, фенол, ксилол, диоксины, меркаптаны, эфиры, алкинбензолы и другие экотоксиканты. В условиях уплотнительной

© Сауц А.В., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

городской застройки расположение зданий, в том числе жилых и торговых комплексов, нередко оказывается в зоне негативного влияния полигонов и свалок. На практике соблюдение границ санитарно-защитных зон часто не обеспечивает соблюдение требований к качеству воздуха в застройке. В результате в зоне влияния полигонов создается неблагоприятная экологическая обстановка. Стандартная методика [1], действующая в настоящее время на территории РФ, а также ее прототип ОНД-86, реализованные в программном комплексе УПРЗА «Эколог», не учитывают процесс проникновения загрязненного воздуха в помещения, не предназначены для расчета рассеивания загрязняющих веществ от пространственно-неоднородных источников и прогнозирования экологических последствий загрязненности воздуха.

Цель исследования — прогнозирование экологических последствий загрязненности воздуха свалочным газом в жилой застройке.

Методы и результаты исследования. Расчет диффузии пассивной примеси концентрацией c , мг/м³, производится по уравнению

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \nabla(c\vec{V} - k_{xyz} \nabla c) - \frac{\partial(\vec{w}_s c)}{\partial z} = I, \quad (1)$$

где t — время, с; $\vec{V} = \vec{V}(u; v; w)$ — вектор скорости движения воздуха, м/с; I — эмиссия вещества, мг/(м²с); $k_{xyz} = \text{diag}\{k_x; k_y; k_z\}$ — кинематическая турбулентная вязкость, м²/с; \vec{w}_s — скорость оседания или подъема примеси в воздухе, м/с.

При расчете поля скоростей движения наружного воздуха приняты допущения, что среда является изотермической и несжимаемой. Для расчетов применяются следующие подходы.

1. При большом удалении полигона от здания используется система уравнений Навье — Стокса для несжимаемой вязкой жидкости:

$$\begin{cases} \rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \rho(\vec{V} \cdot \nabla)\vec{V} = \nabla \left[\eta(\nabla \vec{V} + \nabla \vec{V}^T) - p \right], \\ \nabla \vec{V} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

где ρ — плотность, кг/м³; η — динамическая вязкость, Па·с; p — давление, Па.

Для определения турбулентной структуры потока система (2) дополняется метеорологической моделью турбулентности Дж. Смагоринского:

$$\begin{cases} k_x = k_y = \Delta x \Delta y k_{\text{баз}} / \Delta^2 \\ k_z = k_{\text{баз}} \Delta z^2 / \Delta^2 \end{cases}, \quad (3)$$

где Δ — масштаб ячейки, м; $k_{\text{баз}}$ — базовый коэффициент турбулентной вязкости, м²/с, определяемый по формулам

$$k_{\text{баз}} = \begin{cases} k_\phi + \varepsilon \Delta^2 |Def| \sqrt{1 - Ri} / \sqrt{2}, & Ri < 1 \\ k_\phi, & Ri \geq 1 \end{cases}. \quad (4)$$

Масштаб Δ прямоугольных ячеек размерами Δx , Δy , Δz определяется как:
– при умеренной анизотропии сетки

$$\Delta = \sqrt[3]{\Delta x \Delta y \Delta z}; \quad (5)$$

– при сильной анизотропии сетки

$$\Delta = \max\{\Delta x; \Delta y; \Delta z\}, \quad (6)$$

где $k_\phi = 1-15 \text{ м}^2/\text{с}$; $\varepsilon = 0,1-0,4$ – константа Смагоринского; Def – диссипативная или деформационная функция:

$$Def = \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z}\right)^2 + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 \right]}; \quad (7)$$

Ri – критерий Ричардсона, определяемый по формуле

$$Ri = g \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{T}{T_\phi} + [\gamma_\phi(z) - \gamma_a] \right) / [Def]^2, \quad (8)$$

где $\gamma_\phi(z) = -dT_\phi/dz$ – градиент фоновой температуры, $^\circ/\text{м}$; T – температура воздуха в расчетной точке, К; T_ϕ – фоновая температура, К; $\gamma_a = 0,01 \text{ }^\circ/\text{м}$ – адиабатический градиент; $Ri \approx 0$ при $T \approx T_\phi$.

2. При проведении аэродинамических расчетов непосредственно вблизи застройки модель Смагоринского может давать ложные результаты. В связи с этим вблизи препятствий формируются дополнительные расчетные подобласти (рис. 1), в которых для расчетов используется уравнение Рейнольдса, дополненное моделью турбулентности « k - ε »:

$$\begin{cases} \rho_0 \frac{\partial \bar{V}}{\partial t} + \rho_0 (\bar{V} \cdot \nabla) \bar{V} = \nabla \left[(\eta + \eta_t) (\nabla \bar{V} + \nabla \bar{V}^T) - p \right] \\ \nabla \bar{V} = 0 \\ \rho_0 \frac{\partial k}{\partial t} + \rho_0 \bar{V} \nabla k - \nabla [(\eta + \eta_t / \sigma_k) \nabla k] = 0,5 \eta_t (\nabla \bar{V} + \nabla \bar{V}^T)^2 - \rho_0 \varepsilon \\ \rho_0 \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \rho_0 \bar{V} \nabla \varepsilon = \nabla [(\eta + \eta_t / \sigma_\varepsilon) \nabla \varepsilon] = 0,5 C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \eta_t (\nabla \bar{V} + \nabla \bar{V}^T)^2 - \rho_0 C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} \\ \eta_t = \rho_0 C_\mu k^2 / \varepsilon \end{cases}, \quad (9)$$

где k – кинетическая энергия турбулентности; ε – скорость диссипации турбулентности; $C_\eta = 0,09$; $C_{\varepsilon 1} = 1,44$; $C_{\varepsilon 1} = 1,92$; $\sigma_k = 1$; $\sigma_\varepsilon = 1,3$.

Кинематическая турбулентная вязкость определяется по выражению

$$k_{xyz} = \eta_t / \rho_0. \quad (10)$$

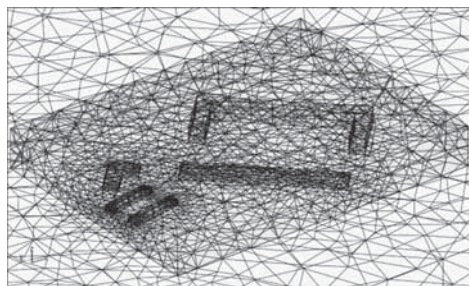


Рис. 1. Построение дополнительной расчетной подобласти вблизи зданий
[**Figure 1.** The construction of additional settlement subareas in close proximity to buildings]

В помещениях зданий расчет вентиляционных течений производится с помощью системы уравнений Навье — Стокса и теплопроводности в приближении Буссинеска — Обербека:

$$\begin{cases} \rho_0 \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \rho_0 (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} = \nabla \left[\eta (\nabla \vec{V} + \nabla \vec{V}^T) - p \right] + \rho_0 \vec{g} [\beta_T (T - T_0) - 1] \\ \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla (\lambda \nabla T) + \rho c_p \vec{V} \nabla T = Q \\ \nabla \vec{V} = 0 \end{cases}, \quad (11)$$

где ρ_0 — плотность воздуха, кг/м³, при некоей равновесной температуре T_0 , К; β_T — коэффициент термического расширения воздуха, К⁻¹; \vec{g} — ускорение свободного падения, м/с²; c_p — изобарная теплоемкость, Дж/(кг К); λ — коэффициент теплопроводности Вт/(м·К); Q — источник или сток тепла, Вт/м².

Для численного решения приведенных дифференциальных уравнений задаются соответствующие начальные и граничные условия.

Влияние полигона или свалки как источника примеси определяется с помощью уравнения [2]

$$I = 11574,07 m Z / (T_{\text{тепл}} V_{\text{пол}}), \quad (12)$$

где m — эмиссия свалочного газа, т/год (рассчитывается по методике АКХ имени К.Д. Памфилова); Z — высота массива отходов, м; $T_{\text{тепл}}$ — период года, дней, во время которого $T_{\text{ф}} > 273,15$ К; $V_{\text{пол}}$ — объем полигона или свалки, м³.

Эмиссию веществ, поступающих в помещение за счет неплотности ограждающей конструкции (оконный блок), можно найти как [2]

$$I = \gamma c_{\text{прит}} \Delta p / (\rho_n R_u), \quad (13)$$

где γ — коэффициент пересчета разовой концентрации в среднесуточную [3]; $c_{\text{прит}}$ — разовая концентрация загрязняющего вещества в приточном воздухе, мг/м³; Δp — перепад давлений воздуха между наружной и внутренней поверхностями ограждающих конструкций, Па; ρ_n — плотность наружного воздуха, кг/м³; R_u — сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций, кг/(м² с).

Эмиссию загрязняющих веществ, поступающих в помещение через открытое окно или вентиляционный клапан, можно найти как

$$c = \gamma c_{\text{прит}} \quad (14)$$

На входной границе наружной расчетной области профиль скорости ветра задается уравнением Кармана:

$$u = u^* \ln[(z - H_{\text{ср}} + z_0/C)/z_0]/\zeta, \quad (15)$$

где u^* — скорость ветра, м/с; $H_{\text{ср}}$ — средняя высота препятствий на пути ветра, м; z_0 — шероховатость поверхности, м; $\zeta = 0,4$ — коэффициент Кармана; C — коэффициент сопротивления, м.

Скорость поступления приточного воздуха принимается равномерной по всей площади оконного блока и определяется как

$$V_i = \Delta p / (\rho_n R_u). \quad (16)$$

Постановка задачи принята стационарной, ее решение выполняется с использованием метода установления. Программная реализация модели выполнена в среде Comsol Multiphysics 3.5a для наиболее неблагоприятного метеорежима для полигона «Новоселки» (г. Санкт-Петербург), на расстоянии 500 м от которого расположен автомобильный завод «Ниссан Мэнүфэкчуринг Рус», а на расстоянии 5 км — жилой комплекс «Дом на Нижне-Каменской улице» (рис. 2).



Рис. 2. Расположение полигона «Новоселки», завода «Ниссан Мэнүфэкчуринг Рус» и жилого комплекса «Дом на Нижне-Каменской улице»

[**Figure 2.** The location of the “Novoselki” landfill, plant “Nissan Manufacturing Rus” and residential complex “Apartment house on the Nizhne-Kamenskaya street”]

Полученные результаты и их обсуждение. На рис. 3 приведены результаты расчетов концентраций аммиака и бензола в зоне влияния полигона «Новоселки».

Более детальный результат расчетов концентраций аммиака и бензола вблизи жилого комплекса приведен на рис. 4.

Расчеты загрязнения воздуха аммиаком и бензолом также произведены для помещений здания на первом этаже жилого дома с наветренной и подветренной сторон (рис. 5). Результаты расчетов приведены на рис. 6 и 7.

Результаты расчетов концентраций сравнивались с замерами, произведенными с газоанализатором УГ-2. В табл. 1 сравнение разовых приземных концентраций в наружном воздухе приведено в долях ПДК максимальной разовой (ПДК_{МР}), в табл. 2 — среднесуточных концентраций в центре помещения с наветренной стороны в долях ПДК среднесуточной (ПДК_{СС}).

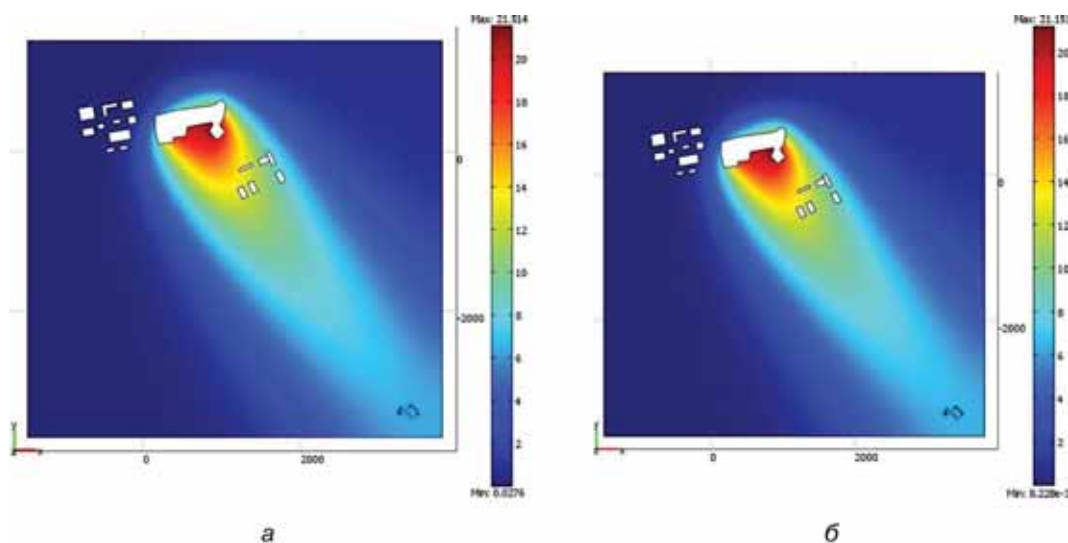


Рис. 3. Поле разовых приземных концентраций аммиака (а) и бензола (б), мг/м³, в районе полигона «Новоселки» (11.03.2014)
[Figure 3. Field of single surface concentrations ammonia (a) and benzene (b), mg per m³, near the landfill “Novoselki” (11.03.2014)]

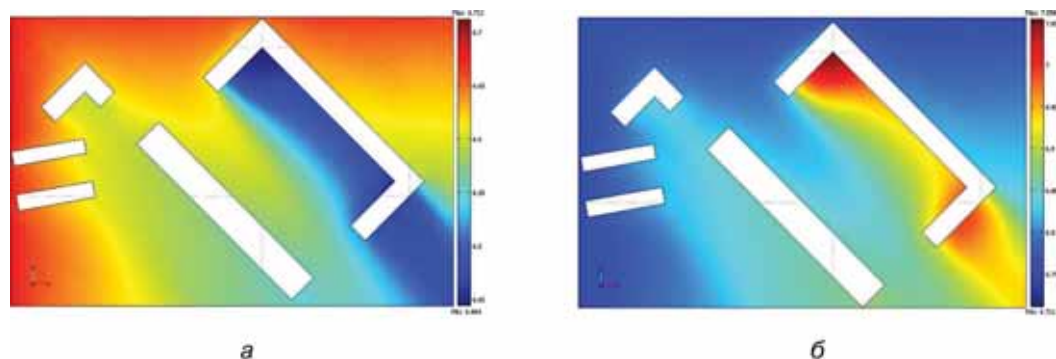


Рис. 4. Поле разовых приземных концентраций аммиака (а) и бензола (б), мг/м³, вблизи жилого комплекса (11.03.2014)
[Figure 4. Field of single ground level concentrations ammonia (a) and benzene (b), mg per m³, near the residential compound (11.03.2014)]



Рис. 5. Места расположения исследуемых помещений в многоквартирном доме:
1 — с наветренной стороны; 2 — с подветренной стороны
[**Figure 5.** Locations of the studied premises in an apartment building:
1 — on the windward side; 2 — on the leeward side]

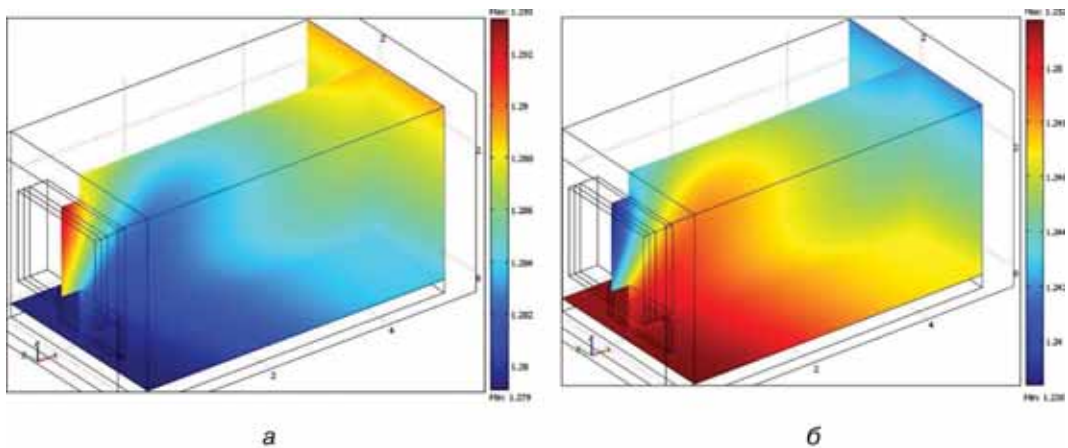


Рис. 6. Поле среднесуточных концентраций аммиака (а) и бензола (б), mg/m^3 ,
в помещении с наветренной стороны (11.03.2014)
[**Figure 6.** Field of average daily concentrations of ammonia (а) and benzene (б), mg/m^3 ,
in the room from the windward side (11.03.2014)]

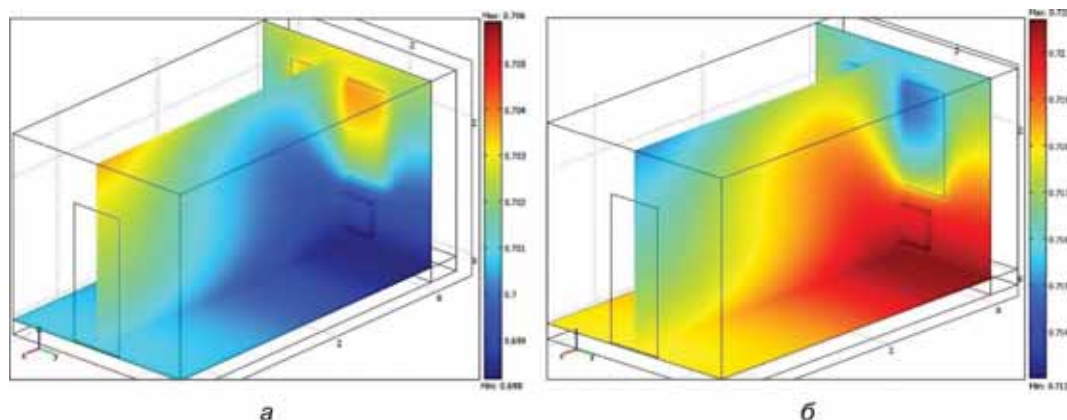


Рис. 7. Поле среднесуточных концентраций аммиака (а) и бензола (б), мг/м³, в помещении с подветренной стороны (11.03.2014)
[Figure 7. Field of average daily concentrations of ammonia (a) and benzene (б), mg per m³, in the room from the leeward side (11.03.2014)]

Таблица 1

Значения разовых приземных концентраций компонентов свалочного газа в наружном воздухе, доли ПДК_{мр}, полученные различными способами

Компонент свалочного газа	ПДК _{мр} [4]	Вблизи складов автомобильного завода		Вблизи жилого комплекса	
		Экспериментальное	Расчетное	Экспериментальное	Расчётное
Аммиак	0,2	61,5 ± 15,4	75,0	24,5 ± 6,1	34,5
Бензол	0,3	39,7 ± 9,9	47,3	16,74 ± 4,2	1,7

Table 1

The value of a single near-surface concentrations of components of landfill gas in the outer air, the share of the maximum single MPC, obtained in different ways

Component of landfill gas	Maximum single MPC [4]	Near the warehouses of the automobile plant		Near the residential complex	
		Experimental	Calculated	Experimental	Calculated
Ammonia	0.2	61.5 ± 15.4	75.0	24.5 ± 6.1	34.5
Benzene	0.3	39.7 ± 9.9	47.3	16.74 ± 4.2	1.7

Таблица 2

Значения среднесуточных концентраций компонентов свалочного газа в воздухе в центре помещения с наветренной стороны, доли ПДК_{сс}, полученные различными способами

Компонент свалочного газа	ПДК _{сс} [4]	Значения, доли ПДК _{сс}	
		Экспериментальное	Расчетное
Аммиак	0,04	32,5 ± 8,1	32,5
Бензол	0,1	10,0 ± 2,5	12,0

Table 2

The average daily concentrations of landfill gas components in the air in the center of the room from the windward side, the proportion of MPC average daily, obtained in various ways

Component of landfill gas	MPC average daily [4]	Values of the share of the average daily MPC	
		Experimental	Calculated
Ammonia	0.04	32.5 ± 8.1	32.5
Benzene	0.1	10.0 ± 2.5	12.0

Теперь проанализируем последствия загрязненности воздуха свалочным газом в застройке. При длительном воздействии на человеческий организм метан способен вызывать асфиксию, изменение кровяного давления и головную боль [5]. Углекислый газ у человека и животных также способен вызывать асфиксию и кроме того возбуждающе действовать на дыхательные центры в головном мозге, что приводит к увеличению частоты и глубины дыхания [6]. Аммиак у людей и животных в больших концентрациях способен вызывать раздражение дыхательных путей, пульмонологические заболевания, тошноту, рвоту, повышенную нервную возбудимость, бессонницу и т.д. Сероводород при длительном вдыхании вызывает головную боль, слезотечение, раздражение в носу, при длительном воздействии — усталость, тошноту, головную боль [5]. Перечисленные симптомы, наблюдаемые у жильцов исследуемого дома, являются наиболее типичными при возникновении синдрома «больного здания». При этом без проведения соответствующих расчетов или замеров будет достаточно трудно установить истинную причину его появления и развития, так как некоторые компоненты свалочного газа не имеют запаха или имеют высокий обонятельный порог чувствительности (кроме аммиака и сероводорода).

Оценить неканцерогенный риск R при хроническом воздействии экотоксикантов можно с помощью беспороговой модели воздействия [4]:

$$R = 1 - 0,84 \frac{bC}{K_3 \text{ПДК}_{cc}}, \quad (17)$$

где C — среднесуточная концентрация загрязняющего вещества, $\text{мг}/\text{м}^3$; b — коэффициент изоэффективности, величина которого зависит от класса опасности вещества ($b = 2,4$ для 1 класса, $b = 1,31$ для 2 класса, $b = 1$ для 3 класса, $b = 0,86$ для 4 класса); K_3 — коэффициент запаса, величина которого зависит от класса опасности вещества ($K_3 = 7,5$ для 1 класса, $K_3 = 6$ для 2 класса, $K_3 = 4,5$ для 3 класса, $K_3 = 3$ для 4 класса).

Некоторые компоненты биогаза, например бензол, обладают канцерогенным действием. Оценить индивидуальный канцерогенный риск CR которых можно, дополнив построенную математическую модель следующим уравнением [5]

$$CR = 1 - e^{-SF \cdot LADD}, \quad (18)$$

где SF — фактор канцерогенного потенциала, $\text{кг день}/\text{мг}$; $LADD$ — среднесуточная доза в течение жизни, $\text{мг}/(\text{кг день})$, определяемая как

$$LADD = \frac{c \cdot CR \cdot ED \cdot EF}{365 BW \cdot AT}, \quad (19)$$

где c — концентрация вещества в загрязненной среде, $\text{мг}/\text{м}^3$; CR — скорость поступления воздействующей среды (воздуха), $\text{м}^3/\text{день}$; ED — продолжительность воздействия, лет; EF — частота воздействия, дней/год; BW — масса тела человека, кг ; AT — период усреднения экспозиции (для канцерогенов $AT = 70$ лет).

Расчет рисков по имеющимся полям концентраций компонентов биогаза выполнен в программной среде Surfer 11. В качестве примера на рис. 8 и 9 приведе-

ны результаты расчетов для исследуемого помещения с наветренной стороны. При этом для расчета канцерогенного риска, вызванного парами бензола при ингаляционном воздействии, рассматривается среднестатистический абстрактный взрослый житель массой 70 кг, вдыхающий 20 м^3 воздуха в день на протяжении 337 дней в году (предполагается, что отпуск жилец проводит вне дома), проживающий в квартире в течение 70 лет.

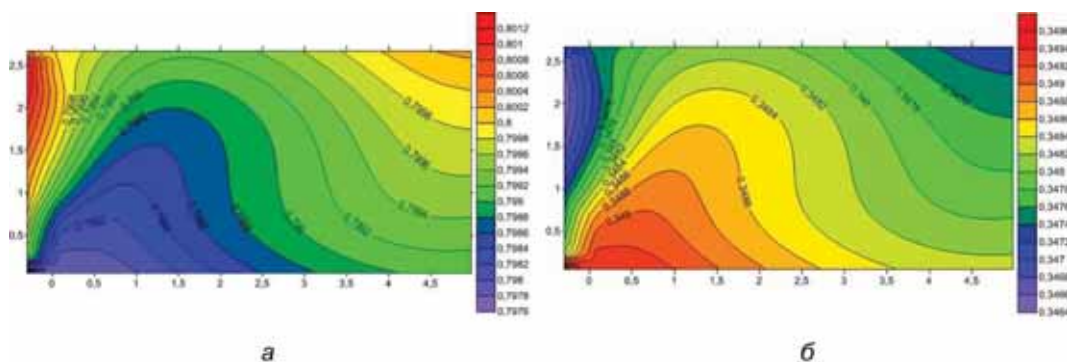


Рис. 8. Распределение неканцерогенного риска при хроническом воздействии аммиака (а) и бензола (б) в помещении с наветренной стороны (центральный разрез вдоль помещения)
[**Figure 8.** Distribution of non-carcinogenic risk in chronic exposure to ammonia (a) and benzene (б) in the room from the windward side (central incision along the room)]

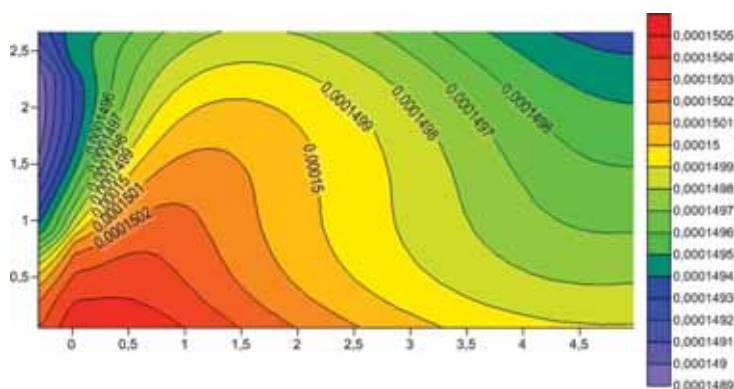


Рис. 9. Распределение канцерогенного риска, вызванного парами бензола при ингаляционном воздействии в помещении с наветренной стороны (центральный разрез вдоль помещения)
[**Figure 9.** Distribution of carcinogenic risk caused by benzene vapors under inhalation exposure in the room from the windward side (central incision along the room)]

В помещении с подветренной стороны диапазон канцерогенного риска допустим для профессиональных групп, но не допустим для жильцов ($10^{-4} < CR < 10^{-3}$) [7]. Диапазон неканцерогенного риска при хроническом воздействии аммиака и бензола не приемлем ни для профессиональных групп, ни для жильцов ($R > 10^{-3}$) [7].

Заключение. В данной работе выполнено прогнозирование экологических последствий загрязненности воздуха свалочным газом в жилой застройке. Использование предложенной методики расчета позволяет выявить наиболее загрязнен-

ные места, выполнить оценку экологических последствий загрязненности воздуха, рассчитать величину предельно допустимого выброса (ПДВ), размеров санитарно-защитных зон, что представляет практическую значимость в решении задач экологической безопасности строительства, ЖКХ, общественного здравоохранения.

Список литературы

- [1] Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 06 июня 2017 г. № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе».
- [2] Сауц А.В. Обеспечение экологически безопасного воздушного режима зданий, расположенных вблизи полигонов твердых бытовых и промышленных отходов: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2014. 140 с.
- [3] Теворовский Е.И., Терновский И.А. Допустимые выбросы радиоактивных и вредных химических веществ в приземный слой атмосферы. М.: Энергоатомиздат, 1980. 240 с.
- [4] ГН 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.
- [5] Балахчина Т.К. Оценка воздействия свалочного газа с полигонов твердых бытовых отходов на человека // Физиология. Медицина. Экология человека. 2012. № 2. С. 41—57.
- [6] Лазарев Н.В., Левина Э.Н. и др. Вредные вещества в промышленности: справочник для химиков, инженеров и врачей. 7-е изд., пер. и доп.: в 3 т. Т. III. Неорганические и элементарноорганические вещества. Ленинград: Химия, 1977. 608 с.
- [7] Плуготаренко Н.К., Чижова В.И., Петров В.В. и др. Применение методик оценки риска для анализа качества окружающей среды // Технологии техносферной безопасности. 2014. № 2 (54). URL: <http://www.agps-2006.narod.ru/ttb/2014-3/30-03-14.ttb.pdf> (дата обращения: 25.03.2018).
- [8] Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 14.06.2018

Дата принятия к печати: 30.07.2018

Для цитирования:

Сауц А.В. Прогнозирование экологических последствий загрязненности воздуха свалочным газом в жилой застройке // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 354—366. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-354-366

Сведения об авторе:

Сауц Артур Валерьевич — кандидат технических наук, доцент кафедры маркетинга и социальных коммуникаций ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики». Контактная информация: e-mail: mining_expert@mail.com; eLIBRARY SPIN-код: 5191-0602

Forecasting the environmental effects of air pollution with landfill gas in residential areas

A.V. Sauts

Saint-Petersburg University of Management Technologies and Economics
44 Lermontovsky prospect, litera A, Saint Petersburg, 190103, Russian Federation

In the article the prediction of ecological consequences of contamination of components of the landfill gas air to a residential building, located on the territory close to the landfill. A method for calculating the dispersion of landfill gas taking into account the influence of the building, based on the numerical solution of differential equations, heat transfer, Reynolds, exponential distribution, supplemented by corresponding models of turbulence, initial and boundary conditions. The technique allows to take into account the spatial heterogeneity of landfills and rolling pins as the source of the pollutant, as well as the process of penetration of polluted air into the interference. Performed software implementation and verification of the method on the example of the range “Novoselki” (Saint Petersburg) and the adjacent warehouse buildings and residential complex for the most unfavourable wind conditions taking into account the averaging over time. The ecological and toxicological analysis of landfill gas taking into account its main components, and also the analysis of carcinogenic and non-carcinogenic risk at chronic influence on the abstract person living in the room in which the air polluted by landfill gas penetrates is carried out. The results can be used to determine the amount of maximum permissible emissions of landfill gas components, the scale moat sanitary protection zones of landfills and dumps, detecting the identification of the most polluted places on the street and indoors, the health risk assessment of residents as a result of chronic action of toxic substances, the syndrome of “sick building” caused by penetration of contaminated air into the room through openings in the walling, the solution of applied problems of ecological safety of construction, housing and communal services and public health.

Keywords: landfill gas, landfill sites, syndrome of “sick buildings”, carcinogen, chronic risk

References

- [1] Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation of June 06, 2017 No. 273 *On approval of calculation methods for dispersion of emissions of harmful (polluting) substances in the atmospheric air.*
- [2] Sauts AV. *Ensuring environmentally safe air regime of buildings located near landfills for solid household and industrial waste* (dissertation of cand. tech. sciences). Saint Petersburg; 2014.
- [3] Teverovsky EI, Ternovsky IA. *Permissible emissions of radioactive and harmful chemicals into the surface layer of the atmosphere.* Moscow: Energoatomizdat Publ.; 1980.
- [4] Hygienic standard GN 2.1.6.3492-17. *Maximum Permissible Concentrations (MPCs) of Pollutants in the Air of Urban and Rural Settlements.*
- [5] Balakhchina TK. Assessment of the impact of landfill gas from solid waste landfills on humans. *Physiology. The medicine. Human ecology.* 2012;(2): 41–57.
- [6] Lazarev N, Levina E et al. Harmful substances in industry. Handbook for chemists, engineers and doctors. 7th ed., trans. and add: in 3 vol. *Vol. III. Inorganic and elemental substances.* Leningrad: Chemistry Publ.; 1977.
- [7] Plugotarenko NK, Chizhova VI, Petrov VV et al. Application of risk assessment techniques for environmental quality analysis. *Technosphere Safety Technologies.* 2014;2(54). <http://www.agps-2006.narod.ru/ttb/2014-3/30-03-14.ttb.pdf> (access date: 25.03.2018).
- [8] Guideline R 2.1.10.1920-04. *Guidelines for assessing the risk to public health from exposed chemicals that pollute the environment.*

Article history:

Received: 14.06.2018

Revised: 30.07.2018

For citation:

Sauts AV. Forecasting the environmental effects of air pollution with landfill gas in residential areas. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3): 354—366. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-354-366

Bio Note:

Arthur Valerevich Sauts — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Marketing and Social Communications Department, Private Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg University of Management Technologies and Economics”. *Contact information:* e-mail: mining_expert@mail.com; eLIBRARY SPIN-code: 5191-0602



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-367-378

UDC 556.3

Groundwater Management Protection Program for Nigeria

N.N. Kalu

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
8 Podolskoe Shosse, bldg. 5, Moscow, 113093, Russian Federation

This article looks into groundwater pollution in Nigeria; groundwater uses and suggests how to go about protection of Nigeria's underground water. There were case studies of wells at different regions; content analysis indicated physical, chemical and organic factors with parameters that surpassed upper boundaries established by World Health Organization. The public full understanding of economic and social importance of underground water will help in Full integration of Comprehensive Regional Groundwater Protection Program for Nigeria.

Keywords: Nigeria, groundwater, quality and quantity, CRGWPP

Introduction

Groundwater protection programs are the point of convergence for a new collaboration and cooperation between Environmental Protection Agencies, various institutions and firms to achieve a more economical, systematic, competent, extensive and infinite approach to protecting groundwater resources. Ground water protection programs are crucial steps in implementing groundwater protection motives and principles.

Environmental Protection overall motive is to thwart, avoid and hinder adverse effects to human health and the environment, and to preserve the environmental integrity and purity of the world's Groundwater. Environmental protection will consider the use, value and vulnerability of the resource, as well as social and economic values. This signals for Groundwater Safeguarding Programs that certify protection of drinking water supplies, sustention and conservation of the environmental integrity of ecosystems related with groundwater. Correspondingly, environmental protection perspective should be defining appropriate prevention and protection policies, plans and approach.

Nigeria is not exempted in adopting a Comprehensive Regional Groundwater Protection Program (CRGWPP). Yearly rainfall fluctuates from over 4000 mm in the south to less than 250 mm in the north, the national average being 1180 mm. Recent years have seen declining rainfall totals in Northern Nigeria and drought is a recurrent problem in the region. The mean yearly temperature in Northern Nigeria is around 25 °C [1].

© Kalu N.N., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Nigeria is divided into 6 regions. Each is made up of different states as Nigeria is made of 36 states. Concerning the wide-ranging use of underground water, high importance, exposure to pollution, social and economic consequences of such exposure to contamination, it is important that groundwater is protected through the collaboration of Government, agencies and public.

Regional Groundwater Protection Objectives

Inhibition of pollution whenever feasible

To avert and avoid adverse effects to human health and environment, inhibit environmental decency, prevention of pollution must be the primary focus of the CRGWPP method.

Inhibition of pollution at any time feasible must be the primary focus of CRGWPP. If prevention of all discharges and pollutants to all groundwater is not possible. This should not be a reason to allow groundwater to be neglected or abandoned. There should be consideration for all groundwater resources. The exposure of the groundwater should help regulate the level of source control measures necessary to prevent pollution. The relative use, value and exposure of groundwater at different regions and location should be well-thought-out in conclusions concerning the siting of facilities or activities. Also, due to limited government personnel and financial resources, the use, value, and exposure of groundwater should be reasons in setting priorities for daily operations of relevant programs.

Discussion and deliberation of the risks and the benefits of activities that may bring about health issues and environmental concerns could result in prevention measures to those regions where groundwater are considered to have certain uses and values that, if not protected and conserved would bring about an unwarranted risk to human health or the environment now or future generations. Regions are encouraged to pursue prevention whenever possible.

Remediation in which is based on both the comparative use and value of groundwater

The prominence of groundwater protection ought to be on the inhibition of pollution. Remediation must be pursued as a final option when inhibition fails or where pollution already exists. Knowing the cost of cleaning up groundwater pollution and the necessity to concentrate on effort and resources on inhibition, National Environmental Standards and Regulations Enforcement Agency (NESREA), Nigeria Hydrological Services Agency (NIHSA) and the regions must take a specific realistic approach to a restoration based on reasonably expected usage of the resources and also that of social and economic values. It is important for the NESREA, NIHSA regions to work together in order to guarantee reliable methods to decide clean-up purposes

Groundwater pollution is a national concern

For many years groundwater was in general considered to be untouched resource. Experts and the public thought that the surface waters were certainly protected by layers of soil and earth and were purified naturally. Pollution was thought to occur results of septic systems operations.

Threats to groundwater

A study on the groundwater pollution from abattoir waste located at Minna state. Carefully examined wells indicated physical, chemical and organic factors and parameters that surpassed upper boundaries established by World Health Organization (WHO). The waters are generally and mostly hard water which contained elevated concentrations of CaCO_3 , MgCO_3 , sulphates, nitrates, phosphates and heavy metals [2]. Overall of 194 kg of solid waste is generated and produced on a daily basis in Nsukka metropolitan abattoir, deprived of any sanitized and clean dumping and discarding or management approach and methodology. There are multiple and increased information of drinking water pollution in Nigeria [3]. As a result of exploration, investigation, examination, news reports, and studies, there has been an awareness that there are so many dangers and threats to groundwater which includes synthetic and artificial chemicals of so many categories and usages, together with synthetic organic compounds; fertilisers; pesticides; wastes from mineral and petroleum exploration, production, transportation, storage and usage; and pollution have all been detected. All these arise from underground storage tanks, surface sites, pesticides storage, mixing, and application sites, septic tanks, underground injection wells and variety of other sources.

Effects and concerns of water pollution in Nigeria

Most important effects and concerns of water contamination and pollution in Nigeria are health, ecological/environmental, socio-ecological problems. Nigerian government is suffering from terrifying and devastating cost inconsistencies. Contaminated or polluted water having residues, deposits and parasites is very costly to purify to wanted requirement for domestic and industrial use. This is also associated with the financial consequences of eliminating related illnesses. There by affecting children and infants, as can be seen from the high infant mortality rate in Nigeria. Adults are not excluded from suffering from poverty. The burden of malaria is vast and overwhelming enough to affect economic and social growth in Nigeria [4].

Water related diseases are the most common causes of illness and death, affecting mainly poor inhabitants in the local communities. Several cases have been reported. In October 2010, 29 115 cases involving 1191 deaths of cholera had been reported in just 15 out the 37 states including Federal Capital Territory. The figure increased from 1616 and 1260 deaths in 2004. It was detected that the epidemic and occurrence is still in present in new neighborhoods and districts attributable to endless water pollution. Pond water equals more than 75% of total water used in Idere community of Oyo state. Pollution assessment and evaluation in the 80's made known no appropriate hygienic and healthy approaches for discarding of human waste, making the ponds the instantaneous objects exposure to these wastes. Intensity and concentration of pollution was linked with Guinea-worm infections in the community. Polluted ponds were noticed and discovered to be the of the spread of this infection (*Dracunculus medinensis*), other parasites and bacterial infections [5]. Survey approved and supervised by World Health Organization indicated that about 96 000 people had Guinea-worm infections in 1991, with Nigeria as one of the 13 African countries with unceasing drinking of polluted water.

The rural communities and areas have been responsible for the spread of disease and infections. May 2009, Society for Gastroenterology and Herpetology in Nigeria

(SOGHIN) uncovered excessive occurrence frequency of hepatitis with 19 million people, regularly deprived people being infected. Hepatitis B and C continues to kill people and major hepatitis infections that are currently diagnosed in Nigeria. 2001, Rahman et al. gave details that, 1984 and 1999, 954 children underneath the age of 15 years were detected with typhoid fever in western region, of which 108 had puncture long-established at surgery. Statistical data estimates that about 52% of all documented cases of typhoid fever is in adults and children. Statements and details from different health institutions in Lagos state indicated serious situations of multi-drug resilient salmonella typhoid in teenagers between the ages of 16 and 30, with 635 occurrences diagnosed in less than 15 months that is from May 1997 to July 1998. Not long ago [6], give an account of an occurrence of 441 patients diseased from same illness in the same community. Matter of life and death is that most of the patients are diagnosed with other pollution diseases such as malaria, cholera. Poisoning as a result of heavy chemicals is a worrying health and environmental problem; most Nigerians give an account, which results from assimilation of polluted water or food. Not long ago [7] organized a study on 240 people, encompassing of children, pregnant/nursing women and men in Eastern Nigeria, Enugu state to be precise.

These elements nickel, manganese and chromium were uncovered with concentrations over and above the acceptable boundaries permitted by WHO, the blood tests of the respondents. The poisoning was largely understood to be water poisoning. In a connected occurrence, over 400 children from several communities roughly near Gummi and Bukkuyum local government areas of Zamfara state died of lead poisoning in six months in the year 2010. Medical specialists and professional's descriptions and statements from the state Ministry of Health and Medicines Sans Frontiers (MSF) defined the concerned children to reveal and disclose overwhelming and distressing symptoms for instance, gastro-intestinal aches, skin inflammations with rashes, fluctuations of mood; some were sluggish, partially paralyzed, become blind and deaf. The worst concerned victims came into the Ministry of Health with seizures that lasted for an hour and occasionally lead to coma and then to death. The poisoning which largely has a lot to do with mineral exploitation, pollution in water, food and air, have so far raised high level of concern for 3,600 children, with additional expectancies and anticipations that 180 communities sheltering up to 30,000 people may be influenced and involved with concern issues. Many of these occurrences can be seen today also in different Nigerian and international publications, the major concern remains how the problems could be fully addressed and resolved.

Importance of groundwater in Nigeria

Simultaneously as dangers to ground water came into being clearer and detected, the consequence and significance of protecting groundwater has also turn out to be obvious and well-defined, not just as a resource of which we get drinking water from. 95% percent of the population of Nigeria gets drinking water from groundwater. 85% of the drinking water used in urban areas is gotten from groundwater resource, 75% of the consumable water in rural areas is gotten from groundwater.

90% of the ground water exploitation and extractions in South-South region, South West, South East and North Central regions are mainly for used agronomic activities. In

the South East, South-South and South Western regions, 40% of the groundwater exploitation and extractions is majorly used for industrialised purposes.

Importance of groundwater on ecological functions can't be over looked. There is an interconnection between groundwater and surface water. Annual streamflow in Nigeria is derived from groundwater, or baseflow. In humid zones, 80% of the stream flow is all gotten from groundwater. Intrinsic ground water ecology suggests that there are several species living organisms in groundwater, which leads to the conclusion there should be concerns about the quality of groundwater. Obviously, maintaining ecosystem and habitats are also importance of ground water.

Groundwater quality and quantity

Groundwater level in Nigeria

Groundwater recharge

The complete renewable groundwater resources capability and capacity in Nigeria is projected to be at least 155.8 billion cubic meters per year (BCM/year), obtained after calculated total annual groundwater recharge [8]. Water recharge fluctuates and differs throughout diverse regions in Nigeria, regulated and influenced basically by climate. In northern part of Nigeria, water recharge is very low as a result of low rainfall and high evapotranspiration.

The projected groundwater recharge at a regional level is expressed below (Table 1).

Table 1

The projected groundwater recharge at a regional level

Region	Estimated groundwater recharge (BCM/year)
Niger North (Northwest Nigeria)	5.0
Niger Central (West-Central Nigeria)	20.5
Upper Benue (East-Central Nigeria)	19.3
Lower Benue (East Nigeria)	18.6
Niger South (South-Central Nigeria)	31.9
Western Littoral (Southwest Nigeria)	23.4
Eastern Littoral (Southeast Nigeria)	32.8
Chad Basin (North-East Nigeria)	4.3
Total	155.8

Groundwater quantity

Issues with drought keep leading to drop of groundwater levels, together with seasonal issues, in dry seasons, and all through elongated phases of low rainfall. This is predominantly a subject of matter for local, low storage basement aquifers, equally in the northern part of Nigeria where rainfall is at a low level and in the southern part, where rainfall is above average. The thinkable influence of climate alteration on groundwater levels, with altering climate patterns fused with changing water necessity, is acknowledged and known in the National Water Resources Master Plan.

Groundwater quality

There is information about sea water intrusion into southern coastal aquifers accompanied with over extraction

There has been information with details of residential pollution of groundwater in the Lagos state by industrial chemicals all also associated with metal pollution of groundwater from mining activity (Ministry of Water Resources, 2013) (Table 2).

Table 2

**Concluded trace-element data for ground waters from southern part of Nigeria [9]
(All standards are in µg/l, n = 250 (150 boreholes, 100 dug wells))**

Element	Minimum	Maximum	Mean	WHO guideline value
Al	22	270	94	200*
As	0.40	6.9	1.9	10
Ba	9.48	1150	420	700
Br	41	210	95	
Cd	0.06	1.1	0.27	3
Cs	0.09	3.7	0.61	
Cr	0.18	9.1	1.1	50
Co	0.09	6.1	0.60	
Cu	0.23	54	9.3	2000
Pb	0.61	14	2.8	10
Mn	1.4	290	55	500
Mo	0.90	30	4.1	70
Ni	0.80	37	5.2	20
Rb	1.8	530	68	
Se	2.3	22	7.1	10
Sn	0.23	1.5	0.59	
Sr	23	150	76	
V	0.27	2.8	1.2	
Zn	8.6	1700	100	3000

* aesthetic, rather than health based, value.

Groundwater organization and management institutions in Nigeria

Lots of bodies are in authority with responsibility for groundwater organization and management in Nigeria. They consist of the government agencies:

1. Nigeria Hydrological Services Agency (NIHSA) is in authority for water resources (groundwater and surface water) estimation and evaluation; groundwater quantity, quality, availability and distribution in time and space.

2. Nigeria Integrated Water Resources Management Commission (NIWRMC) is in authority for regulation of water use and allocation.

3. National Water Resources Institute (NWRI) is in authority for promote and develops training courses in water resources. Promote necessary codes of practice in water resources development and management suitable for Nigerian conditions.

4. Gurara Management Water Authority (GMWA) is in authority for invitation for technical and financial bids for the implementation of 2016 Capital Appropriation in compliance with the Public Procurement Act 2007.

Professional Organizations

Nigerian Association of Hydrogeologists (NAH) [10] is in authority for inspection, improvement, development and organisation of Nigeria's water resources. NAH spreads out information and data of condition of Nigeria's water resources by annual summits. National Technical Committee on Water Resources (NTCWR), National Council of Water Resources (NCWR), and NAH influences and impacts to the development of water resources policies and legislation, together with the Water Resources Act 100 and the Nigerian Standard for Drinking Water Quality.

Legal framework for groundwater management

Management, instructions and parameters with guideline have been established, as well as the Water Resources Decree 101 propagated in 1993 (present day referred to as Water Resources Act 100).

Groundwater Monitoring

Nigeria Hydrological Services Agency is in authority for groundwater monitoring. Nigeria has National Groundwater Level Monitoring Programme with 43 monitoring points, 32 of which are set up with data loggers. These are located in basement and sedimentary aquifers. The regularity of observation at sites with data loggers is every day and every so often twice daily.

NIHSA realized a programme of drilling new monitoring boreholes for monitoring groundwater level. The new boreholes are concentrated on sedimentary aquifers utilized for urban water supply; with borehole penetration of 80 to 100 m. Groundwater level monitoring information and data are kept at NIHSA head office.

Groundwater designed for future

Groundwater conceivably will influence increase in expectations of water demand in future. Modernization of existing borehole installation and substructure, substituting hand pumps to power-driven pumps.

During the project to modernize Nigeria's Water Resources Master Plan, uncovered issues that influenced generation and quality of groundwater in Nigeria:

- unjustifiable and unnecessary oversimplification of water level deterioration;
- pollution of groundwater from sea water encroachment and penetration of domestic and industrial pollutants.

Stipulated and proposed that climate alteration will lead to a decline in groundwater recharge in Nigeria; utmost consequence will be in the northern part of Nigeria and Chad basins. Declining groundwater heights would take place, leading to functioning boreholes becoming dry.

CRGWPP as the focus of a new federal/state/regional partnership on groundwater protection

CRGWPPs are projected, planned, proposed and anticipated to make up and develop what we have been educated on about groundwater protection and remediation. CRGWPP approach and methodology conjoins many of the lessons learnt directly into CRGWPP activities and pursuits. When there are limitations to federal and state laws to successfully and productively uphold the lessons learnt from groundwater protection and remediation, the CRGWPP approach/methodology will support and uphold all necessary changes in existing and emerging laws, regulations, and policies essential to address the remaining lessons.

Henceforth, CRGWPPs will uphold the following:

Prevention. A regional ambition should be on preventing ground water pollution. States and regions are encouraged to consider the relative exposure of ground water in defining necessary prevention procedures and consider the comparative use and value, as well as exposure of groundwater when determining where to position potential pollution sources.

NESREA and other government agencies are required to identify, uncover the economic and social influences of prevention measures. They may need to be evaluated against the use and value of specific and restricted groundwater resources. Nevertheless, prevention and reduction of pollution are supposed to be the main concern of each region CRGWPP, some level of protection ought to be taken into consideration for all ground waters in a region and state.

Regions and states ought to give some level of authorization or give the go-ahead order to local governments or local authorities to determine and conclude on what is competent for preventing groundwater pollution in rural areas and low populated towns of Nigeria. Federal standards and regulations will still be followed when stipulating and specifying what is achievable and feasible. A region and state's goal is required to be grounded on non-degradation or anti-degradation. NESREA and other agencies had better acknowledge that it might get to a point where there will be occasional rise for harmonizing economic and social costs of prevention against groundwater use and value. Conclusions and resolutions should conserve, support and safeguard resources for future generations.

Remediation. A region and state's aim/target is required to be fully grounded on groundwater that are hydrologically connected to surface waters for drinking water. Reduction of pollution on ground waters which are hydrologically connected and linked to surface waters so that its discharge to surface water does not go beyond water quality standards and guidelines. A state's and region's target and objective for cleaning of polluted groundwater possibly will also be grounded on "relative risk to human health and the environment.

Program organization. The CRGWPP method and methodology will make certain programs work with respect to its aims and purposes in a coordinated conduct. Actions of several programs that influences ground water, directly or indirectly, cross-purposes, leading to confusion and inefficient expenses of efforts. Combining all programs and pursuits through a regional-directed, resource-based approach, a CRGWPP has to reduce or eliminate such situations. Regions and states will collaborate with NESREA and other agencies in designing and implementing programs to protect the resource.

Increased recognition and identification of the interrelationship between groundwater quantity and quality. States should be encouraged to coordinate their groundwater quality and quantity objectives, particularly in maintaining aquatic habitats.

Public participation and support. CRGWPP mandated develop public understanding of the ground water protection related complications and problems. Every region and state should offer an all-encompassing means for public participation and support. This will enhance better understanding for addressing concerns, of social and economic environmental implications. CRGWPP highlights public participation will help gain public support for state ground water protection decision-making.

What will make-up a Comprehensive Regional Groundwater Protection Program

A Comprehensive Regional Ground Water Protection Program is made up of a set of four strategic activities which relatively are more efficient and effective in protection of groundwater. Harmonized operation of all relevant federal, state, and local programs within a region and state. The four strategic activities are:

- instituting a groundwater protection aim and priority to influence and recognize sources of pollution, and programmatic needs in all related federal, state, and local programs operating within a region and state;
- determining roles, responsibilities, and managing system sources, of all federal, state, and local programs for focusing on recognized groundwater protection priorities. instigating all that is essential to achieve regional groundwater protection aim;
- improving public education and participation in all aspects of groundwater protection to achieve support of the state's protection aim, priorities, and programs. Planning is compulsory in creating and affecting these strategic activities, a plan does not by itself make up a CRGWPP. The strategic activities of a CRGWPP are meant to influence all groundwater connected programs within the region;
- information awareness is creating enormous computer databases to gather and store the information including e-mails, social networks, phone calls, medical records, and numerous other sources.

Relation to federal agency programs and other agencies

CRGWPP methodology will be a very effective and efficient guard to Nigeria's groundwater resources centered on a resource-oriented decision-making process. CRGWPP approach will offer a considerable medium for improved state flexibility and management including policymaking under many federal programs. This helps and makes sure states can concentrate efforts on protection to convene their distinctive groundwater protection requirements and main concerns. The CRGWPP methodology will realize these advantages by relating different federal programs into a partnership with the states.

CRGWPPs offer a basis for groundwater protection endeavors and activities for both federal, state and local; all can be properly managed and organized. This management and organization will decrease excessive repetition of effort and bring about use of program resources to address groundwater protection needs within a region and state.

CRGWPPs provide the groundwork for state-directed and regional instituted, resource-based main concerns. Environmental protection agencies will work together to adopt a reliable methodology to state groundwater policymaking across all relevant federal programs and guidelines. This will lead to increases in state tolerance to various federal programs; through pursuit of CRGWPP a state will realize full, reliable, technique to address its groundwater protection priorities in all related programs. Chapter 4 focuses on how CRGWPPs put regions and states in the lead position of making resource-oriented conclusions about groundwater protection endeavors.

Conclusion

Pollution can minimize right to use safe and reliable supplies. Monitoring of Nigeria's groundwater by NIHSA has uncovered that activities on the land have polluted and exposed, surficial aquifers impurities and pollutants. Moreover, naturally occurring pollutants and impurities are also found in Nigeria's groundwater in different geopolitical regions of the country. These pollutants consist of arsenic, manganese, fluoride and others as earlier explained.

Regarding to human health, the environment and legal policies, it is important for the Federal Government of Nigeria, Federal Ministries, State Government, State Ministries, local governments, local authorities and all environmental protection agencies to be strict with laws on disposal of sewage waste, municipal waste and monitor activities at abattoirs in all geopolitical regions. Recommending approaches and activities to protect groundwater degradation from pollutants and impurities, it is essential to think of the fact that groundwater and surface waters are part interconnected. Enhancements are required in principles and guidelines to handle more pollutants, and advance protection procedures to meet up with legal requirements, which might involve extra funding.

The public full understanding of economic and social importance of underground water will help in full integration of Comprehensive Regional Ground Water Protection Program. Estimated cost of cleaning up one groundwater site is \$1 100 000. In most cases, due to complexity of contaminants and geological characteristics cleanup is difficult. Nigeria's Yearly budget is estimated at \pm N150 000 000 000 ~ \$392 000 000. The complete removal of contaminants from groundwater at possibly thousands of complex sites in Nigeria is unlikely, and no technology innovations appear in the near time horizon that could overcome the challenges of restoring contaminated groundwater to drinking water standards.

Regional and state programs on protection of groundwater must be strengthened to guarantee that safe and satisfactory water supplies are accessible to meet growing demands. Increased data collection and management for better decision making and planning related to groundwater use, ought to be among the top priorities for funding by Federal Government and Federal Ministries.

References

- [1] Alagbe. (2002). *Groundwater resources of river Kan Gimi Basin, North-Central Nigeria*. Retrieved from: <https://link.springer.com>

- [2] Chukwu, O. (2008). *Analysis of Groundwater Pollution from Abattoir Waste in Minna, Nigeria*. Retrieved from: <https://www.medwelljournals.com/abstract/?doi=rjds.2008.74.77>
- [3] Nwanta, J.A., Onunkwo, J., Ezenduka, E. (2010). *Analysis of Nsukka metropolitan abattoir solid waste and its bacterial contents in south eastern Nigeria: public health implication*. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20146999>
- [4] Jimoh, A. (2010). Malaria burden and the effectiveness of malaria: a Case Study of Asa Local. Retrieved from: <http://www.iiste.org/>
- [5] Ilegbodu, V. (PubMed Journals). *Source of Drinking Water Supply and Transmission of Guinea Worm Disease in Nigeria*. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/articles/2972262/>
- [6] Akinyemi. (2007). *Diversity and antimicrobial resistance of Salmonella enterica*. Retrieved from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215153214000142>
- [7] Okoye, C.I. (2010). *High Levels of Heavy Metals in Blood of the Urban Population in Nigeria*. Retrieved from: <http://scialert.net/abstract/?doi=rjes.2010.371.382>
- [8] (JICA), J.I. (2014). *The project for review and update of Nigeria national water resources master plan*. Vol. 2. Retrieved from: http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php/Hydrogeology_of_Nigeria
- [9] Asubiojo. (n.d.). *Trace Elements in Drinking and Groundwater Samples in Southern Nigeria*. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/articles/9496643/>
- [10] NAH. (n.d.). *Nigerian Association of Hydrologists*. Retrieved from: <http://www.nah-nigeria.org/>

Article history:

Received: 15.08.2018

Revised: 15.09.2018

For citation:

Kalu N.N. Groundwater management protection program for Nigeria. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3): 367—378. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-367-378

Bio Note:

Nwankwo Nnabueze Kalu — postgraduate student, Applied Ecology Department, Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information*: tel.: +7 (495) 952-89-01

Программа защиты и управления грунтовыми водами Нигерии

Н.Н. Калу

Российский университет дружбы народов
Российская Федерация, 113093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5

В статье рассматриваются загрязнение и использование подземных вод в Нигерии, предлагаются способы их защиты. Были проведены исследования скважин в разных регионах; анализ содержания проб выявил физические, химические и органические факторы с параметрами, превышающими верхние границы, установленные Всемирной организацией здравоохранения. Понимание общественностью экономической и социальной важности подземных вод поможет полной интеграции Комплексной региональной программы защиты подземных вод (CRGWPP) в Нигерии.

Ключевые слова: Нигерия, подземные воды, качество и количество, CRGWPP

Список литературы

- [1] Алагбе. Подземные водные ресурсы реки Кан Гими, Северо-Центральная Нигерия. 2002. URL: <https://link.springer.com> (дата обращения: 15.06.2018).
- [2] Чукву О. Анализ загрязнения подземных вод от отходов скотобойни в Минне, Нигерия. 2008. URL: <https://www.medwelljournals.com/abstract/?doi=rjdsci.2008.74.77> (дата обращения: 15.06.2018).
- [3] *Nwanta J.A., Onunkwo J., Ezenduka E.* Анализ твердых отходов муниципальной скотобойни в Нсукке и их бактериального состава на юго-востоке Нигерии: значение для общественного здравоохранения. 2010. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20146999> (дата обращения: 15.06.2018).
- [4] *Джимох А.* Бремя малярии и эффективность малярии на примере Asa Local. 2010. URL: <http://www.iiste.org/> (дата обращения: 15.06.2018).
- [5] *Илегбоду В.* Источник питьевого водоснабжения и передача болезни гвинейского червя в Нигерии. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/articles/2972262/> (дата обращения: 15.06.2018).
- [6] Акиными. Разнообразие и устойчивость к противомикробным препаратам *Salmonella enterica*. 2007. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215153214000142> (дата обращения: 15.06.2018).
- [7] *Окой Ч.И.* Высокий уровень содержания тяжелых металлов в крови городского населения Нигерии. 2010. URL: <http://scialert.net/abstract/?doi=rjes.2010.371.382> (дата обращения: 15.06.2018).
- [8] (JICA), J.I. Проект по пересмотру и обновлению генерального плана по водным ресурсам Нигерии. Т. 2. 2014. URL: http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php/Hydrogeology_of_Nigeria (дата обращения: 15.06.2018).
- [9] Асубихо. (н.о.). Микроэлементы в пробах питьевой и подземных вод на юге Нигерии. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/articles/9496643/> (дата обращения: 15.06.2018).
- [10] НАН. (н.о.). Нигерийская ассоциация гидрологов. URL: <http://www.nah-nigeria.org/> (дата обращения: 15.06.2018).

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 15.08.2018

Дата принятия к печати: 15.09.2018

Для цитирования:

Kalu N.N. Groundwater management protection program for Nigeria (Программа защиты и управления грунтовыми водами Нигерии) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 367–378. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-367-378

Сведения об авторе:

Калу Нванкво Ннабуэзе — аспирант, кафедра прикладной экологии, экологический факультет, Российский университет дружбы народов. Контактная информация: тел.: +7 (495) 952-89-01

DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-379-385

УДК 55

Динамика ландшафтов косы Долгая

А.М. Алейникова¹, В.В. Крыленко²

¹ Российский университет дружбы народов

Российская Федерация, 113093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5

² ИО РАН имени П.П. Ширшова (Южное отделение)

Российская Федерация, 353467, Краснодарский край, Геленджик, ул. Просторная, 1Г

Настоящая работа посвящена анализу динамики ландшафтов косы Долгая Таганрогского залива Азовского моря. Приводятся анализ динамики литологического состава, рельефа, почвы, растительности, антропогенного воздействия. Формирование новых валов пляжеобразующего материала из песка и ракуши непрерывно происходит на западной стороне косы. Максимальной высоты достигают недавно сформированные валы на западной части косы, по мере передвижения к востоку высота валов снижается. Скорость формирования гумусового налета достигает в среднем 0,05–0,1 мм/год. Постоянное влияние моря посредством попадания морской воды в лагуны обеспечивает ежемесячное образование солонцов и солончаков. Пионерная растительность может появляться в течение нескольких месяцев. Примерно с такой же скоростью происходит деградация растительного покрова под антропогенным воздействием. Высокая антропогенная нагрузка приводит к уничтожению растительности.

Ключевые слова: динамика ландшафта, рельеф косы

Ландшафты морских песчаных кос обладают своеобразием природных условий и рекреационной привлекательностью. Они преобразуются с гораздо большей скоростью, чем материковые ландшафты. В связи с этим проведен анализ динамики ландшафтов косы Долгая как «вечно молодого» природно-территориального комплекса (ПТК). Задачами исследования стали изучение физико-географических особенностей указанного района, покомпонентный анализ динамики ландшафтов, характеристика антропогенной динамики ландшафтов.

Основными методами исследования явились: метод комплексного полевого физико-географического описания, литературный анализ данных, дешифрирование и картирование космических снимков, цифровая фотограмметрия. Физико-географическое описание включало идентификацию мезоформы рельефа и ее элементов, характеристики микрорельефа, положения разреза и ботанической площадки, показатели увлажнения, сведения о залегании грунтовых вод, указание угодья, индексы почв и фитоценоза, описания ботанической площадки, характеристики древостоя. Особое место уделялось описанию травостоя, где каждому виду растения дается высота, обилие, проективное покрытие, фенофаза. Также

© Алейникова А.М., Крыленко В.В., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

подробно фиксировалась на точках наблюдений антропогенная нарушенность ландшафтов. При помощи дешифрирования космических снимков составлялись ландшафтные картосхемы, рельеф исследованной территории фиксировался при помощи цифровой фотограмметрии.

Непрерывная ярко выраженная динамика ландшафтов косы может служить моделью для изучения формирования и деградации ПТК. Каждый компонент ПТК меняется с определенной скоростью и частотой. Антропогенная динамика ландшафтов зачастую превышает скорость природной динамики.

Коса Долгая, протяженностью около 12 км и шириной в основании около 6 км, расположена на западной оконечности Ейского полуострова, на западном берегу Таганрогского залива Азовского моря (рис. 1).



Рис. 1. Коса Долгая



Figure 1. Sandbar Dolgaya



Рис. 2. Начальная стадия образования косы (показана желтой штриховкой) на современном снимке

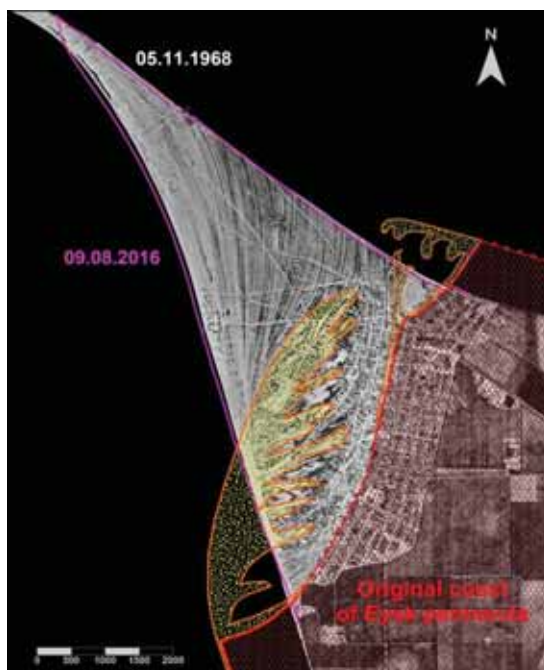


Figure 2. The initial stage of sandbar formation (shown by yellow shading) in a modern image

Возраст косы составляет не более 2000 лет (по данным анализа разновременных карт) (рис. 2). Основные поставщики пляжеобразующего материала для питания аккумулятивных тел Ейского полуострова — продукты постоянной абразии

коренных берегов и материал биогенного происхождения (ракуша), поступающий со дна моря [1; 2].

Формирование новых валов пляжеобразующего материала из песка и ракуши непрерывно происходит на западной стороне косы. Поскольку отмель косы Долгая играет роль «барьера» на входе в Таганрогский залив, у ее оконечности и в проранах возникают штормовые течения, скорость которых может достигать 1—1,5 м/с, способствующие активному размыву песчаных аккумулятивных тел [1; 3]. В дальнейшем валы постепенно смещаются к востоку (рис. 3), тем самым происходит постоянным смещением валов с запада на восток. По космическому снимку хорошо видно (рис. 1), что ландшафтный рисунок косы носит сегментно-веерный характер, связанный с формированием причлененных друг к другу песчаных валов и ложбинных понижений между ними. Необходимо отметить, что максимальной высоты достигают недавно сформированные валы на западной части косы, по мере передвижения к востоку высота валов снижается (рис. 3).

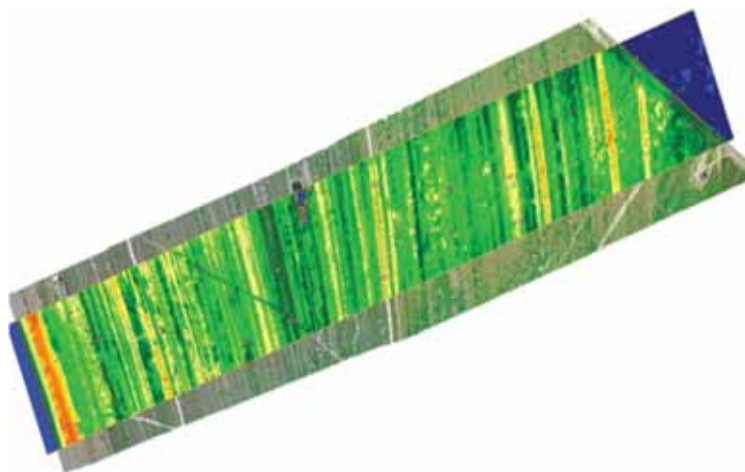


Рис. 3. Рельеф косы Долгая: наибольшие высоты определяются коричневым цветом, наименьшие — темно зеленым
[**Figure 3.** Relief sandbar Dolgaya: the greatest heights are determined by brown color, the smallest ones are dark green]

Можно сказать, что скорость динамики литологического состава косы составляет около 100 лет, а рельефа — несколько месяцев.

Почвы косы Долгой очень молодые, маломощные с плохо сформированным профилем. Основные типы — автоморфные, бедные гумусом солонцеватые светло-каштановые и солонцеватые бурые пустынно-степные почвы. Ярко выражена мозаичность разных типов почв. Скорость формирования гумусового налета достигает в среднем 0,05—0,1 мм/год. Постоянное влияние моря посредством попадания морской воды в лагуны обеспечивает ежемесячное образование солонцов и солончаков. Таким образом, наблюдается ежегодная динамика почв.

Практически вся поверхность косы подверглась техногенному преобразованию, но частично естественные растительные ассоциации сохранились. На территории прикорневой части косы Долгой сохранились фрагменты искусственного хвойно-лиственного (сосна, лох узколистный, тополь серебристый, гледичия,

скумпия, тамарикс, шиповник) лесного массива. Лес был высажен в 1970-х годах для защиты косы от ветровой эрозии, подтопления грунтовыми водами. Лесные насаждения сильно пострадали во время пожаров, засоления и подтопления морскими водами. Для основания косы характерны степные сообщества приморского литорального типа с преобладанием овсяницы валисской. В районе реликтовых лагун распространены кермеково-полынные и кермеково-солеросовые сообщества с проективным покрытием до 50 %. Также встречаются тростниковые заросли, галофильные бескильничевые сообщества с кермеком Мейера, солеросом. На песчаном пляже пионерную растительность составляют молочай бутерлак, морковница прибрежная, подорожник песчаный, воронья лапка чешуйчатая, цинанхум острый, горец приморский; на ракушечнике встречаются катран приморский, синеголовник приморский. Пионерная растительность появляется на голом субстрате поселяется выше намывной полосы. Первыми укореняются однолетние виды. Вблизи берега уровень грунтовых вод расположен на глубине всего одного дециметра от поверхности, вода солоноватая, поэтому пионерные растения нитрофильные и солеустойчивые. Пионерная растительность может появляться в течение нескольких месяцев.

Примерно с такой же скоростью происходит деградация растительного покрова под антропогенным воздействием. При полном и даже частичном уничтожении растительного покрова формы рельефа подвергаются дефляции почвы и разрушаются. Этому способствуют вытаптывание, езда на квадроциклах, машинах. Экосистемы косы под антропогенным воздействием превращаются в производные растительные комплексы с фрагментарным размещением. По данным дешифрирования космических снимков, антропогенное воздействие прослеживается примерно на 70 % территории природного комплекса, особенно оно заметно в центральной части косы.

Преобладающие ландшафты косы Долгая представляют собой грядово-волнистую поверхность со степными сообществами приморского литорального типа на солонцеватых светло-каштановых и солонцеватых бурых пустынно-степных почв. Ландшафты косы Долгая молодые и очень динамичные. Покомпонентную динамику можно выразить следующим образом (см. табл.).

Таблица

Покомпонентная динамика ландшафтов

Компонент ПТК	Средняя скорость преобразования
Литологический состав	100 лет
Рельеф	Несколько месяцев
Почвы	Ежегодно — несколько месяцев
Растительность	Несколько месяцев

Table

Dynamics of landscape components

PTK component	The average rate of conversion
Lithological composition	100 years
Relief	Several months
Soils	Annually — several months
Vegetation	Several months

Под антропогенным воздействием, которое прослеживается примерно на 70 % территории, ландшафты косы меняются в течение нескольких месяцев.

Благодарности:

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 16-45-230321 и № 18-05-00333) и частично по теме госзадания № 0149-2018-0013.

Список литературы

- [1] Геология Азовского моря. Киев: Наукова Думка, 1974. 246 с.
- [2] *Косьян Р.Д., Крыленко В.В.* Современное состояние морских аккумулятивных берегов Краснодарского края и их использование. Краснодар: Научный мир, 2014. 256 с.
- [3] *Крыленко В.В., Алейников А.А., Бойко Е.С., Крыленко М.В.* Оценка динамики береговой линии косы Долгая при помощи спутниковых снимков // Географические исследования Краснодарского края: сб. науч. трудов. Вып. 10. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2016. С. 253—260.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 02.07.2018

Дата принятия к печати: 20.09.2018

Для цитирования:

Алейникова А.М., Крыленко В.В. Динамика ландшафтов косы Долгая // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 379—385. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-379-385

Сведения об авторах:

Алейникова Анна Михайловна — кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры геоэкологии Российского университета дружбы народов. *Контактная информация:* e-mail: aleinikova_am@rudn.university

Крыленко В.В. — ИО РАН имени П.П. Ширшова (Южное отделение). *Контактная информация:* e-mail: krylenko@mail.ru

Dynamics of landscapes of the spit Dolgaya

A.M. Aleinikova¹, V.V. Krylenko²

¹ Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)

8 Podolskoe Shosse, bldg. 5, Moscow, 113093, Russian Federation

² P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (The Southern branch)

1G Prostornaya St., Gelendzhik, Krasnodar region, 353467, Russian Federation

This paper is devoted to the analysis of the landscape dynamics of the Dolgaya Spit, Taganrog Bay of the Sea of Azov. The analysis of the dynamics of the lithological composition, topography, soil, vegetation, anthropogenic impact. The formation of new shafts of beach-forming material from sand and shell occurs continuously on the western side of the spit. The maximum height is reached by the newly formed ramparts on the western part of the spit, as the height of the shafts decreases to the east.

The rate of formation of humus plaque reaches an average of 0.05—0.1 mm/year. The constant influence of the sea through the ingress of seawater into the lagoons provides monthly formation of salt licks and salt marshes. Pioneer vegetation can appear within a few months. Around the same rate of degradation of vegetation occurs under anthropogenic influence. High anthropogenic stress leads to the destruction of vegetation.

Keywords: landscape dynamics, spit relief

References

- [1] *Geologiya Azovskogo moray* [*Geology of the Azov Sea*]. Kiev: Naukova Dumka Publ.; 1974. 246 p.
- [2] Kosyan RD, Krylenko VV. *Sovremennoe sostoyanie morskikh akkumulyativnykh beregov Krasnodarskogo kraya i ih ispolzovanie* [*The current state of the marine accumulative shores of the Krasnodar territory and their use*]. Krasnodar: Nauchnyi mir Publ.; 2014. 256 p.
- [3] Krylenko VV, Aleinikov AA, Boiko ES, Krylenko MV. Osenka dinamiki beregovoi linii kosy Dolgaya pri pomoshi sputnikovyyh snimkov [Assessment of the dynamics of the coastline of the Dolgaya Spit using satellite images]. *Geographicheskie issledovaniya Krasnodarskogo kraya: sb. nauch. trudov* [*Geographical research of the Krasnodar territory: coll. scientific proceedings*]. Krasnodar: Kubanskiy gos. un-t Publ.; 2016;(10): 253—260.

Acknowledgements:

The work was financially supported by RFBR (projects No. 16-45-230321 and No. 18-05-00333) and partly on the topic of state task No. 0149-2018-0013.

Article history:

Received: 02.07.2018

Revised: 20.09.2018

For citation:

Aleinikova AM, Krylenko VV. Dynamics of landscapes of the spit Dolgaya. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3): 379—385. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-379-385

Bio Note:

Anna Mikhaylovna Aleinikova — Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Geoecology, Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information:* e-mail: aleinikova_am@rudn.university

V.V. Krylenko — P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (The southern branch) (South Ossetia IO RAS). *Contact information:* e-mail: krylenko@mail.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 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 (страна, почтовый индекс, город, улица, № дома); 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 (№ дома, улица, город, почтовый индекс, 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 необходимо приложить:

— две заверенные рецензии;

— сведения об авторах — полные имя, отчество, фамилия, 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

Российская Федерация, 115093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Российская Федерация, 119899, Москва, Ленинские горы, д. 1

4. Повторение в статье одних и тех же данных в аннотации, тексте, таблицах и графиках не допускается. Таблицы и рисунки следует пронумеровать; в тексте статьи ссылка на них обязательна. Таблицы должны иметь заголовки, 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 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:

Список литературы

- [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. No. 2. Pp. 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 контактного телефона).

Отзывы на отклоненные редколлегией статьи не предоставляются, рукописи не возвращаются. Ответственность за содержание статей несут авторы.

Контактная информация: mgmakarova@yandex.ru, +7 (903) 782 37 33, Макарова Марина Геннадьевна

ф. СП-1

ФГУП «ПОЧТА РОССИИ»

АБОНЕМЕНТ на журнал

20829

(индекс издания)

ВЕСТНИК РУДН
Серия «Экология
и безопасность жизне-
деятельности»

Количество
комплектов:

на 2018 год по месяцам

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА

на журнал

20829

(индекс издания)

ПВ	место	литер

ВЕСТНИК РУДН

Серия «Экология и безопасность

жизнедеятельности»

Стои- мость	подписки	_____ руб. ____ коп.	Количество комплектов:	
	переадресовки	_____ руб. ____ коп.		

на 2018 год по месяцам

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ф. СП-1

ФГУП «ПОЧТА РОССИИ»

АБОНЕМЕНТ на журнал

--

(индекс издания)

ВЕСТНИК РУДН

Серия _____

Количество комплектов:

--

на 2018 год по месяцам

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА

на журнал

--

(индекс издания)

ПВ	место	литер

ВЕСТНИК РУДН

Серия _____

Стоимость	подписки	_____ руб. ____ коп.	Количество комплектов:	
	переадресовки	_____ руб. ____ коп.		

на 2018 год по месяцам

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)