



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

**Том 26 № 2 (2018)**  
**DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2**  
**<http://journals.rudn.ru/ecology>**  
**Научный журнал**  
**Издается с 1993 г.**

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)  
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-61176 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

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

***Леонардо Гатто*** — профессор Университета Палермо (Италия)

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

***Седов Сергей Николаевич*** — профессор Института геологии 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.

### **Цель и тематика**

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

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

### **Основные рубрики журнала:**

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

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

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

---

Редактор *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](mailto:publishing@rudn.ru)

#### **Адрес редакционной коллегии серии «Экология и безопасность жизнедеятельности»:**

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

---

Подписано в печать 16.05.2018. Выход в свет 30.05.2018. Формат 70×100/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «NewtonС».

Усл. печ. л. 13,55. Тираж 500 экз. Заказ № 447. 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](mailto:publishing@rudn.ru)



**RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY**

**VOLUME 26 NUMBER 2 (2018)**  
**DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2**  
**<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

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

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

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

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

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

***Wan 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.

**Aim and Scope**

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

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

**Main thematic sections:**

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](mailto:publishing@rudn.ru)

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

8/5 Podolskoye shosse, Moscow, 113093, Russian Federation  
Tel.: +7 (495) 952-70-28; e-mail: [ecojournalrudn@rudn.university](mailto:ecojournalrudn@rudn.university)

---

Printing run 500 copies. Open price.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
"Peoples' Friendship University of Russia"  
6 Miklukho-Maklaya 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](mailto:publishing@rudn.ru)

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКОЛОГИЯ

- Мучник Е.Э., Черепенина Д.А., Польшова О.Е.** Лихенобиота парка музея-заповедника «Абрамцево» (Московская область) ..... 175
- Платонов Т.А., Кузьмина Н.В., Нюкканов А.Н., Протодьяконова Г.П.** Паразитофауна рыб среднего течения реки Лены и ее притоков в условиях возрастающей техногенной нагрузки ..... 185

### ГЕОЛОГИЯ

- Осипова Е.А., Лебедев С.В., Каныгина О.Н., Короткова А.М.** Оценка изменения содержания токсичных элементов (Pb, As, Hg, Cd) в надземной части пшеницы *Triticum vulgare Vill* под воздействием вносимой в почву водной суспензии гуминовых кислот с различными формами железа ..... 195
- Кошелева Н.Е., Цыхман А.Г.** Пространственно-временные тренды и факторы загрязнения почвенного покрова Москвы ..... 207
- Клюев Н.Н., Яковенко Л.М.** «Грязные» города России: факторы, определяющие загрязнение атмосферного воздуха ..... 237

### ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Круглова Л.Е., Редина М.М., Хаустов А.П.** Обоснование экологической политики на уровне университета ..... 251
- Ващалова Т.В.** Устойчивое развитие: междисциплинарные аспекты совершенствования учебного курса ..... 261

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Горбунов С.С.** Природное наследие и вооруженные конфликты современности: этический подход и международное гуманитарное право ..... 269

## CONTENTS

### ECOLOGY

**Muchnik E.E., Cherepenina D.A., Polynova O.E.** Lichen biota of the park of the museum-reserve “Abramtsevo” (Moscow region) ..... 175

**Platonov T.A., Kuzmina N.V., Nyukkanov A.N., Protodyakonova G.P.** Fish parasite fauna of the middle reaches of the Lena river and its tributaries under growing man-caused impact ..... 185

### GEOECOLOGY

**Osipova E.A., Lebedev S.V., Kanygina O.N., Korotkova A.M.** Assessment of changes in the content of toxic elements (Pb, As, Hg, Cd) in aboveground parts of wheat *Triticum vulgare Vill* under the influence of insertion into the soil an aqueous suspension of humic acids with different forms of iron ..... 195

**Kosheleva N.E., Tsykhman A.G.** Spatial-temporal trends and factors of soil cover pollution in Moscow..... 207

**Klyuev N.N., Yakovenko L.M.** “Dirty” cities in Russia: factors determining air pollution..... 237

### ENVIRONMENT PROTECTION

**Kruglova L.E., Redina M.M., Khaustov A.P.** Justification of environmental policy at the university level..... 251

**Vashchalova T.V.** Sustainable development: interdisciplinary aspects of academic course development ..... 261

### SHORT ANNOUNCEMENTS

**Gorbunov S.S.** Natural heritage and modern armed conflicts: ethical approach and international humanitarian law ..... 269



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-175-184

УДК 582.29:502.3(470.311)

## Лихенобиота парка музея-заповедника «Абрамцево» (Московская область)

Е.Э. Мучник<sup>1</sup>, Д.А. Черепенина<sup>2</sup>, О.Е. Польшова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт лесоведения Российской академии наук  
Российская Федерация, Московская обл., Одинцовский р-н, 143030,  
с. Успенское, ул. Советская, 21

<sup>2</sup> Экологический факультет  
Российский университет дружбы народов  
Российская Федерация, 113093, Москва, Подольское шоссе, 8/5

В статье рассматривается разнообразие лишенобиоты в качестве индикатора состояния парковых сообществ Московского региона на примере парка музея-заповедника «Абрамцево». Изучено видовое разнообразие, проведены таксономический, экологический и созологический анализы исследованной лишенобиоты, на основе которых дана оценка уровня ее антропогенной трансформации. Разработаны рекомендации по сохранению местообитаний редких видов лишайников в парке музея-заповедника «Абрамцево».

**Ключевые слова:** лишайники, эпифиты, индикаторные виды, редкие виды, биоразнообразие, музей-заповедник «Абрамцево», Московская область

### Введение

На состояние парковых сообществ Московского региона влияют различные антропогенные факторы, наиболее важные из которых — загрязнение окружающей среды и чрезмерная рекреация [9]. Лишайники рассматриваются в качестве индикаторов загрязнения воздушной среды уже более 100 лет, чувствительность к различным поллютантам связана с их биологическими особенностями [11]. Однако лишайники, наряду с другими компонентами растительных сообществ, подвергаются и другим воздействиям: обрезке ветвей деревьев-форофитов, побелке стволов, вывозу валежника и пней, внесению удобрений и пр., что приводит к антропогенной трансформации лишенобиоты [6]. Это сопровождается, в частности, снижением видового богатства, изменениями в составе спектров экобиоморф и эколого-субстратных групп.

Государственный историко-художественный и литературный музей-заповедник «Абрамцево» находится в одноименном селе Сергиево-Посадского района Московской области на правом берегу реки Воря в подзоне хвойно-широколиственных лесов [4]. Усадебные постройки окружены старинным регулярным парком, разбитым в XVIII в. [3]. В парке сохранились старые липовые (*Tilia sp.*) аллеи, отдельные экземпляры деревьев ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.), сосны

обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) 100—150-летнего возраста.

До настоящего времени лишенологические исследования в парке музея-заповедника «Абрамцево» не проводились.

Цель работы — изучение лишенобиоты парка и оценка уровня ее антропогенной трансформации; в случае выявления редких видов — разработка рекомендаций по сохранению их местообитаний.

### Материалы и методы исследования

Сбор и камеральная обработка лишенологических материалов осуществлялись летом и осенью 2016 г. с использованием общепринятых методик [11]. В парке были обследованы 5 точек: 1 — 56°14.060' с.ш., 37°58.010' в.д., посадки вокруг Верхнего (Поленовского) пруда; 2 — 56°14.103' с.ш., 37°58.109' в.д., аллеи за главным домом и склон к реке Воря; 3 — 56°14.188' с.ш., 37°58.119' в.д., берег реки Воря, прибрежные посадки дуба, клена и др.; 4 — 56°14.201' с.ш., 37°58.343' в.д., берег реки Воря, прибрежные посадки; 5 — 56°14.122' с.ш., 37°58.238' в.д., посадки вокруг Нижнего пруда.

Идентифицированная коллекция (143 образца) размещена в гербарии кафедры системной экологии экологического факультета Российского университета дружбы народов. Результаты частично опубликованы [8].

### Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенных исследований выявлены 55 видов из 30 родов, включенных в 17 семейств лишайников и близких к ним нелихенизированных грибов. Объем и систематическое положение семейств приняты согласно R. Luking et al. [16].

#### Конспект лишенобиоты парка музея-заповедника «Абрамцево»

Порядок размещения информации в конспекте следующий: семейство, род и вид, жизненная форма на уровне классов экобиоморф согласно работе Н.С. Голубковой [1] (у близких к лишайникам нелихенизированных грибов не приводится из-за отсутствия таллома), эколого-субстратная группа, экологическая группа по отношению к кислотности субстрата (согласно нескольким литературным источникам [12—15], в случае отсутствия информации — не приводится), номера точек и субстрат(ы), на котором(ых) собран вид. Принятые обозначения: «+» — близкие к лишайникам нелихенизированные грибы; Н — накипной, Л — листоватый, Ч-К — чешуйчато-кустистый; К — кустистый; КК! — вид занесен в Красную книгу Московской области [5].

#### Семейство *Arthopyreniaceae*

1. + *Mycocomrothelia confusa* D. Hawksw. — эпифит, нейтрофил; т. 2, на корке липы.



Семейство *Caliciaceae*

2. *Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins et Scheid. — Н, эпифито-эпиксил, эвритоппный; т. 2, на корке липы.

Семейство *Candelariaceae*

3. *Candelariella efflorescens* R.C. Harris & W.R. Buck — Н, эврисубстратный, эвритоппный; т. 2, на корке липы.

Семейство *Cladoniaceae*

4. *Cladonia chlorophaea* (Flörke ex Sommerf.) Spreng. s. l. — Ч-К, геоплезный, ацидофил; т. 1, на корке липы у основания; т. 1, 2, 4, на корке дуба у основания.

5. *C. coniocraea* (Flörke) Spreng. — Ч-К, геоплезный, ацидофил; т. 1, 2, на корке липы; т. 4, 5, на корке березы у основания.

6. *C. digitata* (L.) Hoffm. — Ч-К, геоплезный, ацидофил; т. 2, на корке липы у основания; т. 4, на корке березы у основания.

7. *C. fimbriata* (L.) Fr. — Ч-К, геоплезный, ацидофил; т. 1, 4, на корке березы у основания.

8. *C. macilenta* Hoffm. — Ч-К, геоплезный, ацидофил; т. 5, на корке дуба у основания.

Семейство *Coniocybaceae*

9. *Chaenotheca ferruginea* (Turner ex Sm.) Mig. — Н, эпифито-эпиксил, ацидофил; т. 2, на корке ели; т. 4, 5, на корке сосны.

10. *Ch. trichialis* (Ach.) Th. Fr. — Н, эпифито-эпиксил, ацидофил; т. 2, на корке ели.

Семейство *Fuscideaceae*

11. *Fuscidea arboricola* Coppins et Tønsberg — Н, эпифит, ацидофил; т. 2, на корке липы и дуба.

Семейство *Lecanoraceae*

12. *Lecanora allophana* Nyl. — Н, эпифит, нейтрофил; т. 4, на корке дуба; т. 5, на корке липы.

13. *L. carpinea* (L.) Vain. — Н, эпифит, нейтрофил; т. 5, на корке осины.

14. *L. circumborealis* Brodo et Vitik. — Н, эпифито-эпиксил, ацидофил; т. 3, 4, на корке дуба.

15. *L. leptyroides* (Nyl.) Degel. — Н, эпифит, ацидофил; т. 3, на корке клена.

16. *L. pulicaris* (Pers.) Ach. — Н, эпифито-эпиксил, ацидофил; т. 5, на корке липы.

17. *L. symmicta* (Ach.) Ach. s. l. — Н, эпифито-эпиксил, эвритоппный; т. 3, 4, на корке дуба; т. 4, 5, на корке березы; т. 5, на корке осины и липы.

18. *Myriolecis persimilis* (Th. Fr.) Sliwa, Zhao Xin & Lumbsch — Н, эпифито-эпиксил, нейтрофил; т. 5, на корке липы.

Семейство *Naetrocymbaceae*

19. + *Leptorhaphis epidermidis* (Ach.) Th. Fr. — эпифит, ацидофил; т. 1, на корке березы.

Семейство *Ophioparmaceae*

20. *Hypocenomyce scalaris* (Ach.ex Lilj.) P. James et G. Schneider — Н, эпифито-эпиксил, ацидофил; т. 1, 4, на корке березы; т. 2, на корке липы и ели.

Семейство *Parmeliaceae*

21. *Evernia mesomorpha* Nyl. — К, эпифито-эпиксил, ацидофил; т. 5, на корке березы.

22. *E. prunastri* (L.) Ach. — К, эпифито-эпиксил, эвритоппный; т. 1, на корке липы; т. 1, 4, на корке березы.

23. *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. — Л, эпифито-эпиксил, ацидофил; т. 1, 4, 5, на корке березы; т. 2, на корке ели; т. 4, на корке осины; т. 5, на корке сосны.

24. *H. tubulosa* (Schaer.) Nav. — Л, эпифито-эпиксил, ацидофил, КК!; т. 1, 4, на корке березы.

25. *Melanelixia glabratula* (Lamy) Sandler Berlin & Arup ssp. *grabratula* — Л, эпифито-эпиксил, эвритоппный; т. 2, на корке липы; т. 4, на корке дуба.

26. *M. subaurifera* (Nyl.) O. Blanco et al. — Л, эпифито-эпиксил, эвритоппный; т. 4, на корке березы.

27. *Melanohalea exasperata* (De Not.) O. Blanco et al. — Л, эпифито-эпиксил, эвритоппный; т. 1, на корке дуба.

28. *M. exasperatula* (Nyl.) O. Blanco et al. — Л, эпифито-эпиксил, эвритоппный; т. 1, на корке дуба, липы, ели и березы.

29. *M. olivacea* (L.) O. Blanco et al. — Л, эпифито-эпиксил, ацидофил; т. 1, 5, на корке березы.

30. *Parmelia sulcata* Taylor s. l. — Л, эврисубстратный, эвритоппный; т. 1, на корке липы; т. 1, 4, 5, на корке дуба; т. 3, на корке клена; т. 4, на корке березы; т. 4, 5, на корке осины.

31. *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl. — Л, эпифито-эпиксил, ацидофил; т. 1, на корке березы; т. 5, на корке дуба.

32. *Usnea dasypoga* (Ach.) Shirley — К, эпифит, ацидофил, КК!; т. 1, на корке липы.

33. *U. subfloridana* Stirt. — К, эпифит, ацидофил, КК!; т. 4, на корке березы.

34. *Vulpicida pinastris* (Scop.) J.-E. Mattsson & M.J. Lai — Л, эпифито-эпиксил, ацидофил; т. 1, 4, на корке березы.

Семейство *Phlyctidaceae*

35. *Phlyctis argena* (Spreng.) Flot. — Н, эпифито-эпиксил, нейтрофил; т. 1, 2, на корке липы.

#### Семейство *Physciaceae*

36. *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg — Л, эврисубстратный, нитрофил; т. 4, на корке дуба; т. 4, 5, на корке осины.
37. *Physcia adscendens* H. Olivier — Л, эврисубстратный, нитрофил; т. 1, на корке ели; т. 4, на корке березы.
38. *P. aipolia* (Humb.) Fürnr. — Л, эпифито-эпиксил, нитрофил; т. 4, на корке березы.
39. *P. stellaris* (L.) Nyl. — Л, эпифито-эпиксил, нитрофил; т. 1, на корке дуба.
40. *P. tenella* (Scop.) DC. — Л, эврисубстратный, нитрофил; т. 4, на корке осины и березы.
41. *Physconia distorta* (With.) J.R. Laundon — Л, эпифито-эпиксил, нитрофил; т. 1, 4, на корке дуба; т. 4, на корке осины.
42. *P. enteroxantha* (Nyl.) — Л, эпифито-эпиксил, нитрофил; т. 1, на корке дуба; т. 2, на корке липы.
43. *P. perisidiosa* (Erichsen) Moberg — Л, эпифит, нейтрофил; т. 1, 2, на корке липы.
44. *Rinodina exiqa* (Ach.) Gray — Н, эпифито-эпиксил, эвритоппный; т. 1, на корке дуба.

#### Семейство *Ramalinaceae*

45. *Biatora globulosa* (Flörke) Fr. — Н, эврисубстратный, эвритоппный; т. 1, на корке липы; т. 2, 4, на корке дуба.
46. *Lecania cyrtella* (Ach.) Th. Fr. — Н, эпифит, нитрофил; т. 1, на корке липы; т. 4, на корке осины.
47. *L. cyrtellina* (Nyl.) Sandst. — Н, эпифит, нитрофил; т. 3, на корке клена; т. 4, на корке осины.
48. *L. fuscella* (Schaer.) A. Massal. — Н, эпифит, нитрофил; т. 3, на корке клена; т. 5, на корке липы.
49. *Ramalina farinacea* (L.) Ach. — К, эпифит, нейтрофил, КК!; т. 1, 2, на корке липы.
50. *R. pollinaria* (Westr.) Ach. — К, эпифито-эпиксил, нейтрофил, КК!; т. 2, на корке липы.

#### Семейство *Scoliciosporaceae*

51. *Scoliciosporum sarothamni* (Vainio) Vězda — Н, эпифит, эвритоппный; т. 2, на корке рябины.

#### Семейство *Stereocaulaceae*

52. *Lepraria elobata* Tønsberg — Н, эврисубстратный, эвритоппный; т. 1, 4, на корке дуба; т. 1, 2, на корке липы.
53. *L. incana* (L.) Ach. — Н, эврисубстратный, ацидофил; т. 2, на корке осины.

Семейство *Teloschistaceae*

54. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. — Л, эврисубстратный, нитрофил; т. 1, на корке дуба и ели; т. 4, на корке березы; т. 4, 5, на корке осины.

Семейство *Tephromelataceae* (*Mycoblastaceae*)

55. *Violella fucata* (Stirt.) T. Sprib. — Н, эпифито-эпиксил, ацидофил; т. 4, на корке березы; т. 5, на корке дуба.

Используя шкалы антропогенной трансформации лишенобиоты и азотного загрязнения, разработанные для дубравных сообществ Московского региона [7], можно провести оценку состояния изученной лишенобиоты и паркового сообщества.

Шкала антропогенной трансформации лишенобиоты основана на показателях видового разнообразия, полноте спектров экобиоморф и эколого-субстратных групп. Показатели биоразнообразия (более 20 видов), полный спектр экобиоморф (присутствуют как накипные и листоватые, так и кустистые и чешуйчато-кустистые жизненные формы) свидетельствуют о наилучшем состоянии и незначительной антропогенной трансформации исследованной лишенобиоты. По сравнению с лесными сообществами хвойно-широколиственной подзоны в изученной лишенобиоте отсутствуют такие эколого-субстратные группы, как облигатные эпиксилы и эпигейды. «Выпадение» из спектра этих групп обусловлено условиями ухоженного парка с преобладанием лиственных деревьев, где фактически отсутствуют сухая и гниющая древесина (сухостой, валежник и пни убираются) и незадернованная почва.

Шкала азотного загрязнения основана на процентном содержании ацидофилов в лишенопокрове дуба черешчатого. Если обратиться к этой шкале, то в обследованном парке наблюдается довольно значительное азотное загрязнение, поскольку ацидофилы в лишенопокрове дуба составляют только 36,8 %. Это загрязнение может быть связано с некоторыми хозяйственными мероприятиями (например, внесение удобрений) или с расположением обследованной территории в районе с умеренной степенью техногенной нагрузки [4].

На обследованной территории выявлены 5 редких видов, занесенных в Красную книгу Московской области [5]. Места произрастания редких видов в парке — на деревьях березы и липы в посадках вокруг Поленовского пруда и вдоль берега реки Вори и на старых липах аллей за Главным домом. Талломы листоватого вида *Hypogymnia tubulosa* встречаются единично, имеют диаметр до 2 см, сорали (скопления соредий — пропагул вегетативного размножения) развиты довольно слабо. Размеры талломов кустистых видов малы: для видов рода *Usnea* они составляют 1,5—3,5 см, а для видов рода *Ramalina* — 2—4 см. Пропагулы вегетативного размножения (соредии, изидии) развиты также очень скудно. Вероятной причиной является небольшой размер (возможно, малый возраст) талломов, но не исключается и влияние антропогенного фактора, так как медленный рост талломов и слабая жизнеспособность (недоразвитие вегетативных пропагул) могут быть следствием изменения параметров окружающей среды в парке по сравнению с есте-

ственными лесными сообществами. Все перечисленные виды являются достаточно чувствительными к загрязнению и запылению воздуха [2].

Для сохранения местообитаний редких видов в условиях парка «Абрамцево» разработаны и переданы администрации музея-заповедника некоторые рекомендации:

- исключить применение химических противогололедных средств, так как они приводят к засолению почвы и изменению рН корки форофитов; в качестве противогололедных средств использовать песок или мелкую гранитную крошку;
- с осторожностью применять различные удобрения в непосредственной близости от древесных насаждений; при внесении сухих гранулированных удобрений тщательно перемешивать их с почвой, так как высыхание и последующий перенос ветром частиц удобрений может оказать негативное влияние на эпифитный лишайниковый покров;
- не допускать побелки стволов деревьев; в качестве борьбы с вредителями в случае необходимости использовать биологические средства (например, ловушки);
- при любых возможных ландшафтных перепланировках не допускать вырубку старовозрастных деревьев, за исключением полностью усохших или погибших от ветровала.

### Выводы

Видовое богатство эпифитной лишайнобиоты парка музея-заповедника «Абрамцево» следует оценить как высокое: на площади менее 50 га встречены 55 видов лишайников, тогда как, например, в национальном парке «Лосиный остров» площадью 12 881 га, расположенном в той же природной подзоне хвойно-широколиственных лесов, пока отмечены всего 58 видов лишайников [10].

Параметры биоразнообразия (более 20 видов лишайников), полнота спектра экобиоморф и присутствие видов естественной лесной лишайнобиоты, включая редкие виды, характеризуют состояние лишайнобиоты как наилучшее, несмотря на неполноту спектра эколого-субстратных групп (отсутствие облигатных эпиксиллов и эпигеидов).

Однако, наличие в эпифитном лишайнопокрове дуба более 25 %, но менее 50 % ацидофилов, а также медленный рост талломов и слабая жизнеспособность редких кустистых и листоватых видов свидетельствуют о некотором изменении параметров окружающей среды в парке по сравнению с естественными лесными сообществами. Изменения вызваны, предположительно, загрязнением (в том числе, азотным) и запылением воздуха, так как обследованная территория находится в районе с умеренной степенью техногенной нагрузки [4].

© Мучник Е.Э., Черепенина Д.А., Польшова О.Е., 2018



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

### Благодарности:

Работа Е.Э. Мучник выполнена в рамках государственного задания № 0121-2016-0002. Авторы приносят благодарность кандидату биологических наук А.Г. Паукову (Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург) за проведение химического анализа образцов рода *Lepraria* для определения их видовой принадлежности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Голубкова Н.С. Анализ флоры лишайников Монголии. Л.: Наука, 1983.
- [2] Инсарова И.Д., Инсаров Г.Э. Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеоздат, 1989. Т. 12. С. 113—175.
- [3] История // Абрамцево — государственный историко-художественный и литературный музей-заповедник. URL: <http://www.abramtsevo.net/history/-xvi.html> (дата обращения: 08.02.2018).
- [4] Колосова Н.Н., Чурилова Е.А. Атлас. Московская область / ред. Е.К. Хляпова. М.: Просвещение, 2004.
- [5] Красная книга Московской области / отв. ред. Т.И. Варлыгина, В.А. Зубакин, Н.А. Соболев. 2-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008.
- [6] Мучник Е.Э. Антропогенная трансформация лишайнофлоры (основные тенденции) // Четвертые Люблинские чтения «Теоретические проблемы экологии и эволюции». Тольятти: Институт экологии Волжского бассейна РАН, 2005. С. 146—156.
- [7] Мучник Е.Э. Лихенобиота как индикатор состояния дубравных сообществ в Московском регионе // ПЭММЭ. 2017. Т. XXVIII. № 6. С. 5—23.
- [8] Мучник Е.Э., Черепенина Д.А. К изучению лишайнобиоты парка музея-заповедника «Абрамцево» (Московская область) // Современная микология в России. Т. 6. Материалы 4-го Съезда микологов России. М.: Национальная академия микологии, 2016. С. 338—340.
- [9] Полякова Г.А., Гутников В.А. Парки Москвы: экология и флористическая характеристика. М.: ГЕОС, 2000.
- [10] Пчёлкин А.В. Лишайники национального парка «Лосиный остров». URL: <http://www.lichenhouse.narod.ru/10/INDEX.HTM> (дата обращения: 17.02.2018).
- [11] Степанчикова И.С., Гагарина Л.В. Сбор, определение и хранение лишайнологических коллекций // Флора лишайников России: биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников / под ред. М.П. Андреева, Д.Е. Гимельбранта. М.: СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2014.
- [12] Brodo I.M., Sharnoff S.D., Sharnoff S. Lichens of North America. New Haven; London: Yale University Press, 2001.
- [13] Davies L., Bates J.W., Bell J.N.B., James P.W., Purvis O.W. Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London // Environmental Pollution. 2007. Vol. 146. No. 2. Pp. 299—310.
- [14] Jovan S., McCune B. Air-quality bioindication in the greater Central Valley of California, with epiphytic macrolichen communities // Ecological Appl. 2005. Vol. 15. No. 5. Pp. 1712—1726.
- [15] Larsen R.S., Bell J.N., James P.W., Chimonides P.J., Rumsey F.J., Tremper A., Purvis O.W. Lichen and bryophyte distribution on oak in London in relation to air pollution and bark acidity // Environment Pollution. 2007. Vol. 146. Pp. 332—340.
- [16] Lücking R., Hodkinson B.P., Leavitt S.D. The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota. Approaching one thousand genera // The Bryologist. 2016. Vol. 119. Pp. 361—416.

### История статьи:

Дата поступления в редакцию: 22.02.2018

Дата принятия к печати: 15.03.2018

### Для цитирования:

Мучник Е.Э., Черепенина Д.А., Полюнова О.Е. Лихенобиота парка музея-заповедника «Абрамцево» (Московская область) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 2. С. 175—184. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-175-184

**Сведения об авторах:**

*Мучник Евгения Эдуардовна* — доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии широколиственных лесов Института лесоведения РАН. *Контактная информация:* e-mail: eugenia@lichenfield.com

*Черепенина Диана Александровна* — магистрант 2-го года обучения, кафедра системной экологии экологического факультета Российского университета дружбы народов. *Контактная информация:* e-mail: diana0075@mail.ru

*Полынова Ольга Евгеньевна* — кандидат географических наук, доцент кафедры системной экологии экологического факультета Российского университета дружбы народов. *Контактная информация:* e-mail: olgapolynova@yandex.ru

## **Lichen biota of the park of the museum-reserve “Abramtsevo” (Moscow region)**

**E.E. Muchnik<sup>1</sup>, D.A. Cherepenina<sup>2</sup>, O.E. Polynova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences (ILAN)  
21 Sovetskaya St., Uspenskoe, 143030, Odintsovo district, Moscow region, Russian Federation

<sup>2</sup> Department of Ecology, Peoples' Friendship University of Russia  
8/5 Podolskoe shosse, Moscow, 113093, Russian Federation

The article considers diversity of lichen biota as an indicator of the state of the Moscow region park communities. It is a case study of the park of the museum-reserve “Abramtsevo”. The study examined the species diversity. Taxonomic, ecological and zoological analyses of the investigated lichen biota have been carried out. On that basis, an assessment of the level of anthropogenic transformation of the lichen biota has been made. Recommendations are developed for the conservation of the habitats of rare lichen species in the park of the museum-reserve “Abramtsevo”.

**Keywords:** lichens, epiphyte, indicator species, rare species, biodiversity, museum-reserve “Abramtsevo”, Moscow region

### **REFERENCES**

- [1] Golubkova NS. *Analiz flory lishajnikov Mongolii* [Analysis of the flora of lichens of Mongolia]. Leningrad: Nauka Publ.; 1983.
- [2] Insarova ID, Insarov GE. Sravnitel'nye otsenki chuvstvitel'nosti epifitnykh lishajnikov razlichnykh vidov k zagryazneniyu vozdukhа [Comparative assessments of the sensitivity of epiphytic lichens of various species to air pollution]. *The problems of ecological monitoring and modeling of ecosystems*. Vol. 12. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1989; p. 113–175.
- [3] Abramtsevo — gosudarstvennyj istoriko-hudozhestvennyj i literaturnyj muzej-zapovednik [Abramtsevo — state historical, artistic and literary museum-reserve]. *Istorija* [History]. Available from: <http://www.abramtsevo.net/history/-xvi.html> (accessed: 08.02.2018).
- [4] Kolosova NN, Churilova EA, Hljapova EK. (ed.). *Atlas. Moskovskaja oblast'* [Atlas. The Moscow region]. Moscow: Prosveshhenie Publ.; 2004.
- [5] Varlygina TI, Zubakin VA, Sobolev NA. (eds.) *Krasnaja kniga Moskovskoj oblasti* [Red Book of the Moscow region]. Ed. 2. Moscow: Tovarišhestvo nauchnyh izdaniy KMK Publ.; 2008.
- [6] Muchnik EE. Antropogennaia transformatsiia likhenoflory (osnovnye tendentsii) [Anthropogenic transformation of lichen flora (main trends)]. In: *Theoretical problems of ecology and evolution (Fourth Lubashevskii reading)*. Tolyatti, 2005; p. 146–156.

- [7] Muchnik EE. Lichenobiota kak indikator sostoyaniya dubravnykh soobshchestv v Moskovskom regione [Lichen biota as an indicator of the state of the oak forest communities in the Moscow region]. *PEMME*. 2017;XXVIII(6): 5—23.
- [8] Muchnik EE, Cherepenina DA. K izucheniju lihenobioty parka muzeja-zapovednika “Abramtsevo” (Moskovskaja oblast’) [To the study of the lichen biota of park of the museum-reserve “Abramtsevo” (Moscow region)]. In: *Modern mycology in Russia. V. 6. Materials of the 4th Congress of Mycologists of Russia*. Moscow: Nacional’naja akademija mikologii Publ.; 2016. p. 338—340.
- [9] Poljakova GA, Gutnikov VA. *Parki Moskvy: jekologija i floristicheskaja harakteristika [Parks in Moscow: ecology and floristic characteristics]*. Moscow: GEOS Publ.; 2000.
- [10] Pchelkin AV. *Lishayniki natsional’nogo parka «Losinyy ostrov» [Lichens of the Losiny Ostrov National Park]*. Available from: <http://www.lichenhouse.narod.ru/10/INDEX.HTM> (accessed: 17.02.2018).
- [11] Stepanchikova IS, Gagarina LV. Sbor, opredelenie i khranenie lihenologicheskikh kollekcij [Collection, identification and storage of lichen collections]. In: Andreev M.P., Gimel’brant D.E. (eds.) *Flora of lichens in Russia: Biology, ecology, diversity, distribution and methods of studying lichens*. Moscow; Saint Petersburg: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ.; 2014. p. 228—229.
- [12] Brodo IM, Sharnoff SD, Sharnoff S. *Lichens of North America*. New Haven; London: Yale University Press; 2001.
- [13] Davies L, Bates JW, Bell JNB, James PW, Purvis OW. Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London. *Environmental Pollution*. 2007;146(2): 299—310.
- [14] Jovan S, McCune B. Air-quality bioindication in the greater Central Valley of California, with epiphytic macrolichen communities. *Ecological Appl*. 2005;15(5): 1712—1726.
- [15] Larsen RS, Bell JN, James PW, Chimonides PJ, Rumsey FJ, Tremper A, Purvis OW. Lichen and bryophyte distribution on oak in London in relation to air pollution and bark acidity. *Environment Pollution*. 2007;146: 332—340.
- [16] Lücking R, Hodkinson BP, Leavitt SD. The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota. Approaching one thousand genera. *The Bryologist*. 2016;119: 361—416.

#### Article history:

Received: 22.02.2018

Revised: 15.03.2018

#### For citation:

Muchnik EE, Cherepenina DA, Polynova OE. Lichen biota of the park of the museum-reserve “Abramtsevo” (Moscow region). *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018; 26(2): 175—184. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-175-184

#### Bio Note:

*Muchnik Evgeniya Eduardovna* — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Ecology Laboratory of Deciduous Forests Institute of Forest Science, Russian Academy of Science. *Contact information*: e-mail: [eugenia@lichenfield.com](mailto:eugenia@lichenfield.com)

*Cherepenina Diana Aleksandrovna* — Master Student of 2-year, Department of System Ecology of the Faculty of Ecology, Peoples’ Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information*: e-mail: [diana0075@mail.ru](mailto:diana0075@mail.ru)

*Polynova Olga Evgenievna* — Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of System Ecology of the Faculty of Ecology, Peoples’ Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information*: e-mail: [olgapolynova@yandex.ru](mailto:olgapolynova@yandex.ru)





DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-185-194

УДК 591.69-7(571.56)

## Паразитофауна рыб среднего течения реки Лены и ее притоков в условиях возрастающей техногенной нагрузки

Т.А. Платонов, Н.В. Кузьмина, А.Н. Нюкканов, Г.П. Протодияконова

Якутская государственная сельскохозяйственная академия  
Российская Федерация, 677007, Якутск, Сергеляхское шоссе 3 км, 3

В среднем течении реки Лены наблюдается большая экстенсивность заражения рыб паразитами со сложным циклом развития. Зараженность шук плероцеркоидами *Diphyllobothrium latum* обусловлена загрязнением коммунальными нечистотами. В паразитофауне рыб реки Вилюй наблюдается увеличение простейших — жаберных триходин, что связано с эвтрофикацией водоема. У рыб реки Алдан отмечена большая экстенсивность инвазии миксоспоридиями, чем у рыб из среднего течения реки Лены.

Возникновению очага дифиллоботриоза в среднем течении реки Лены способствует загрязнение водоема коммунальными отходами из городских канализаций и сбросами речных судов в период навигации. В целом эпизоотологическая ситуация в водоемах, подвергающихся техногенной нагрузке, и на прилежащих к ним территориях не вполне благополучна. Ее улучшение может произойти при снижении степени загрязненности внешней среды и повышении в связи с этим резистентности организма рыб.

**Ключевые слова:** поллюанты, экосистема, паразитофауна, дифиллоботриоз, виды рыб, нематоды, ракообразные, цестоды, триэнофороз, простейшие

### Введение

В природных экосистемах, оказавшихся в условиях интенсивной урбанизации, наблюдается процесс непредсказуемого изменения составляющих их компонентов. Особенно заметная трансформация происходит в водных экосистемах, которые являются местом аккумуляции поллюантов и последствий большинства антропогенных факторов, в результате чего происходит нарушение сбалансированной структуры их биоценозов, отражающееся на всех сочленах водных сообществ. Не является исключением паразитарная компонента как неотъемлемая часть биоценозов. Ее мониторинг по санитарно-эпидемиологическим соображениям актуален, при этом паразиты выступают в качестве хорошего индикатора состояния экосистем [1].

Современное экологическое состояние бассейна реки Лены, связанное с возрастающим антропогенным воздействием, требует оценки и прогнозирования происходящих в нем изменений. Необходимость такого рода исследований связана с огромной значимостью Ленского бассейна, прежде всего, как социально-экономического объекта. В этом отношении притоки реки Лены — реки Вилюй

и Алдан, подверженные наибольшей техногенной нагрузке из-за усиленных разработок полезных ископаемых, являются удобной моделью для рассмотрения влияния антропогенного фактора на экосистему в современных условиях. Для этого авторами исследована и произведена попытка сделать сравнительный анализ состава и структуры паразитофауны наиболее распространенных по численности видов рыб — щуки, ельца и окуня — среднего течения реки Лены и ее притоков — Вилюя и Алдана.

В данных реках в процессе разработки месторождений полезных ископаемых образуются технологические воды, насыщенные большим количеством взвешенного материала. Это вызвано тем, что при разработке многих месторождений, приуроченных к толще аллювиального отложения, тонкие фракции переходят во взвешенное состояние, увеличивая во много раз твердый сток промывочных вод. В результате большое количество мутной воды сбрасывается в реки. Ниже горных разработок содержание взвешенных веществ в реках Республики Саха значительно больше естественного [5].

Горнодобывающая промышленность региона представлена предприятиями по добыче золота, алмазов, олова и угля. Объекты золотодобывающей промышленности за годы реорганизаций из крупных золотодобывающих предприятий-комбинатов превратились в разрозненные мелкие предприятия различных форм собственности: акционерные общества, объединения предприятий и организаций [4].

Предприятия алмазодобывающей промышленности в основном расположены в Западной Якутии, в бассейнах рек Вилюй, Анабар и их притоков. Основной объем сброса предприятий такой отрасли в поверхностные водные объекты составляют хозяйственно-бытовые сточные воды прибрежных населенных пунктов.

В водоснабжении добычи золота основной объем забора воды и сброса сточных вод в поверхностные водные объекты приходится на бассейны рек Верхней Лены, Алдана, Индигирки и Яны [10].

Основные объекты электроэнергетической отрасли находятся в промышленных районах республики, а именно в бассейнах рек Лены, Алдана и Вилюя. Сточные воды энергетических предприятий на 80 % представлены нормативно-чистыми (без очистки), а 20 % сточных вод от населенных пунктов, находящихся на балансе предприятий энергетики, сбрасываются загрязненными [4].

Санитарно-бактериологический мониторинг качества воды реки Лены демонстрирует высокий уровень содержания санитарно-показательных микроорганизмов, что свидетельствует о высоком уровне коммунального загрязнения водоемов по среднему течению реки Лены в окрестностях города Якутска [9].

Для оценки состояния водной экосистемы данного бассейна авторами использован ихтиопаразитологический метод исследования.

Преимущество паразитов перед другими тест-объектами заключается в том, что паразиты, особенно со сложным циклом развития, аккумулируют изменения, которые происходят во всех звеньях трофических цепей водной экосистемы. Из-за этого каждый паразит (особенно эндопаразит) гораздо лучше характеризует определенные природные биотопы, чем его хозяин [2]. Также паразиты рыб обладают относительно коротким сроком жизни, вследствие чего показывают

экологическое состояние водоема в настоящий момент [9]. Следовательно, паразиты рыб служат надежным экологическим индикатором процессов эвтрофикации и дистрофикации [5].

Цель исследования — изучение паразитофауны рыб среднего течения реки Лены и ее притоков — Вилюя и Алдана в зависимости от современного эколого-токсикологического состояния водоемов.

### Методы и материалы

Материалом и объектом для исследования паразитофауны рыб послужили елец, окунь, щука, выловленные в летний период 2011—2013 гг. в среднем течении реки Лены и ее притоков — Вилюя и Алдана.

Гельминтологическое вскрытие рыб проведено по методу, разработанному К.И. Скрябиным (1928) и модифицированному применительно к рыбам В.А. Догелем и Э.М. Ляйманом, а также в соответствии с МУК 3.2.988-00 «Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки» [7].

Видовую принадлежность паразитов, обнаруженных у рыб, определяли по «Определителю паразитов пресноводных рыб фауны СССР» (1984, 1985, 1987) [9].

Всего методом полного паразитологического вскрытия обследовано 218 экз. рыб. Измерение рыб, паразитологическое вскрытие, сбор, фиксация материала проводились по общепринятым методикам [3].

### Результаты исследований и их обсуждение

В среднем течении реки Лены (район г. Якутска) при обследовании 78 экз. рыб обнаружено 8 видов простейших, 1 — моногенетического сосальщика, 2 — трематод, 4 — лентецов, 3 — нематод, 2 — скребней и 1 — ракообразных.

**Щука.** При исследовании 22 экз. щуки обнаружены 4 вида простейших *Myxosoma anurum* (27,2 %), *Chloromyxum dubium* (36,3 %), *Myxidium liberkuehni* (31,8 %), 1 вид моногенеи *Tetraonchus monenteron* (13,6 %), 1 вид трематод *Azygiaro busta* (18,1 %), 2 вида цестод *Triaenophorus nodulosus* (77,2 %), *Diphyllobothrium latum* (40,9 %), 2 вида нематод *Raphidascaris acus* (63,6 %), *Camalanus lacustris* (86,3 %) и 2 вида скребней *Neoechinorhynchus rutili* (54,5 %), *Echinorhynchus borealis* (45,4 %).

**Елец.** Из 31 экз. ельца выявлены 2 вида простейших *Trichodinella epizootica* (35,4 %), *Dactulogyrus alatus* (35,4 %), 1 вид моногенеи *Gyrodactylus sp.* (9,6 %), 1 вид трематод *Allocreadiumis oporum* (5,4 %), 1 вид цестод *Proteocephalus torulosus* (41,9 %), 1 вид нематод *Rhabdochona denudate* (61,2 %), 1 вид скребней *Neoechinorhynchus rutili* (15,8 %) и 1 вид ракообразных *Ergasilus sieboldi* (6,4 %).

**Окунь.** Исследовано 25 экз., где обнаружены 2 вида простейших *Muxobolus ellipsoides* (44 %), *Trichodina domreguei* (35 %), 3 вида цестод *Triaenophorus nodulosus* (64 %), *Cyathocephalus truncatus* (28 %), *Diphyllobothrium latum* (24 %), 2 вида нематод *Raphidascaris acus* (36 %), *Camalanus lacustris* (72 %) и 1 вид скребней *Neoechinorhynchus rutili* (32 %).

Из 69 вскрытых рыб в реке Вилюй (район с. Верхневилуйск) выявлено 17 видов, среди которых 7 — простейших, 1 — трематод, 5 — лентецов, 2 — нематод, 2 — скребней.

**Щука.** Исследовано 20 экз., выявлены 3 вида простейших *Myxosoma anurum* (70 %), *Chloromyxum dubium* (50 %), *Myxidium liberkuehni* (45 %), 2 вида цестод *Triaenophorus nodulosus* (35 %), *Diphyllobothrium latum* (10 %), 2 вида нематод *Raphidascaris acus* (40 %), *Camalanus lacustris* (15 %), 2 вида скребней *Neoechinorhynchus rutili* (20 %), *Echinorhynchus borealis* (15 %).

**Елец.** В 26 исследованных экз. обнаружено 2 вида простейших *Trichodinella epizootica* (73 %), *Dactulogyrus alatus* (61,5 %) и по 1 виду трематод *Allocreadium oporum* (3,8 %), цестод *Proteocephalus torulosus* (11,5 %), нематод *Rhabdochona denudate* (23 %) и скребней *Neoechinorhynchus rutili* (7,8 %).

**Окунь.** В 23 экз. выявлены по 2 вида простейших *Myxobolus ellipsoides* (56,5 %), *Trichodina domreguei* (4,3 %), цестод *Triaenophorus nodulosus* (21,7 %), *Cyathocephalus truncatus* (8,6 %), нематод *Raphidascaris acus* (30,4 %), *Camalanus lacustris* (26 %) и 1 вид скребней *Neoechinorhynchus rutili* (8,6 %).

В реке Алдан исследовано 71 экз. рыб, при этом обнаружены 14 видов паразитов, из них 7 — простейших, 1 — моногенетических сосальщиков, 2 — лентецов, 3 — нематод, 1 — скребней.

**Щука.** При исследовании 17 экз. обнаружены 3 вида простейших *Myxosoma anurum* (58,8 %), *Chloromyxum dubium* (70,5 %), *Myxidium liberkuehni* (41,1 %), по 1 виду моногеней *Tetraonchus monenteron* (29,3 %) и цестод *Triaenophorus nodulosus* (17,6 %), 2 вида нематод *Raphidascaris acus* (23,5 %), *Camalanus lacustris* (35,2 %) и 1 вид скребней *Echinorhynchus borealis* (5,8 %).

**Елец.** В 28 экз. выявлено по 1 виду простейших *Trichodinella epizootica* (7,1 %), моногеней *Gyrodactylus sp.* (25 %), цестод *Proteocephalus torulosus* (10,7 %), нематод *Rhabdochona denudate* (28,5 %).

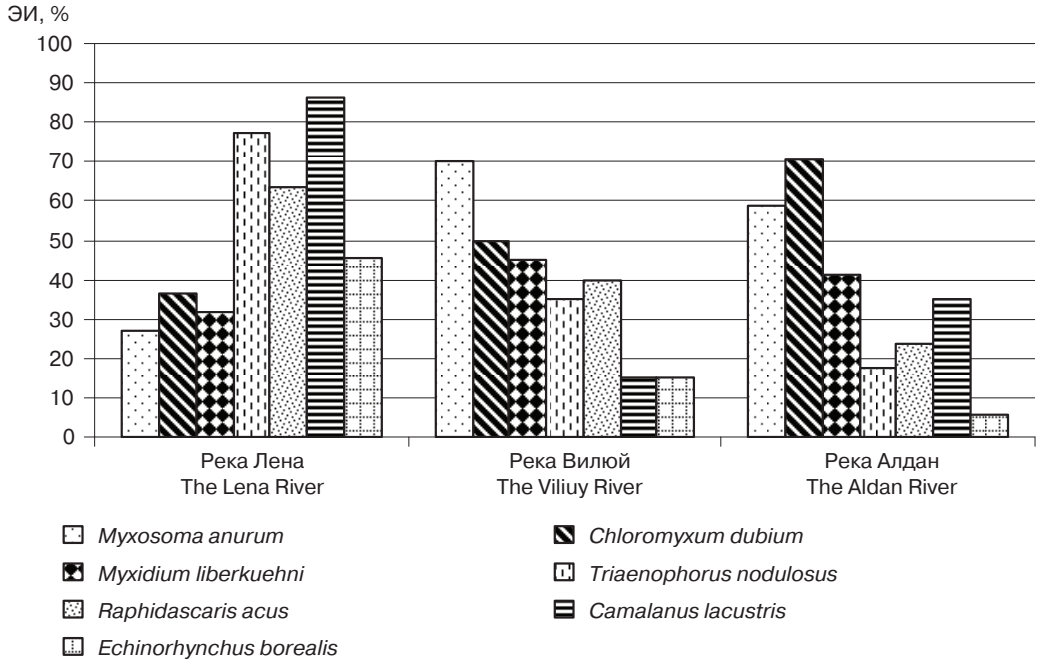
**Окунь.** В 26 экз. обнаружено 2 вида простейших *Myxobolus ellipsoides* (61,5 %), *Trichodina domreguei* (7,6 %), 1 вид цестод *Triaenophorus nodulosus* (7,6 %) и 2 вида нематод *Raphidascaris acus* (19,2 %), *Camalanus lacustris* (26,9 %).

Паразитофауну рыб среднего течения реки Лены в целом можно охарактеризовать как сравнительно богатую. Наблюдается большая экстенсивность заражения рыб паразитами со сложным циклом развития (*Triaenophorus nodulosus*, *Neoechinorhynchus rutili*, *Echinorhynchus borealis*). Высокие показатели зараженности щук плероцеркоидами *Diphyllobothrium latum* обусловлены потенциальным неблагополучием данного участка реки по дифиллоботриозу человека и загрязнению водоема коммунальными нечистотами (рис. 1).

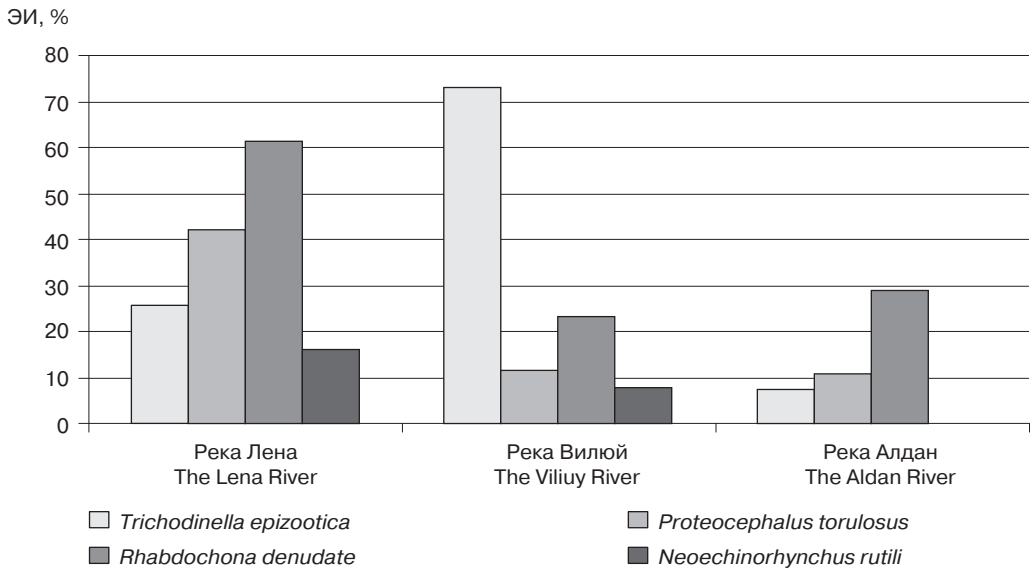
В паразитофауне рыб реки Вилюй наблюдается резкое увеличение простейших — жаберных триходин (*Trichodinella epizootica*, *Trichodina domreguei*), что, на наш взгляд, связано с эвтрофикацией водоема в результате поступления в реку фенолов с Вилюйского водохранилища (рис. 2).

У рыб, выловленных в реке Алдан, отмечена большая экстенсивность инвазии миксоспоридиями, чем у рыб из среднего течения реки Лены. Эти паразиты имеют сложный жизненный цикл, который включает олигохет [10], устойчивых к загрязнению. Вместе с тем наблюдается сокращение, по сравнению с рекой Ле-

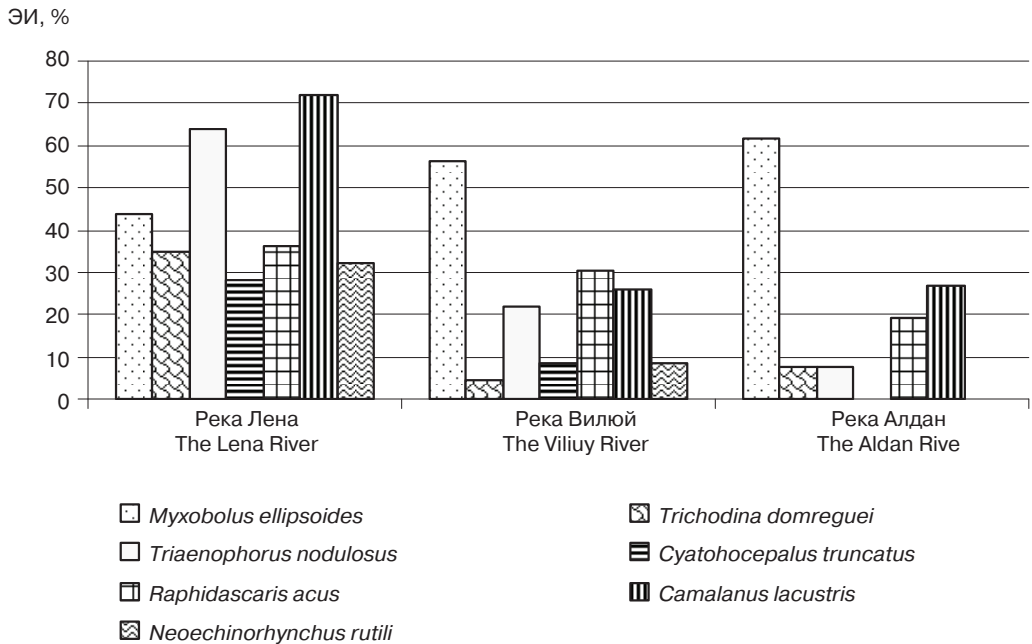
ной, числа инвазированных лентецами (*Triaenophorus nodulosus*) и отсутствие скребней (*Neoechinorhynchus rutili*, *Echinorhynchus borealis*), имеющих сложный цикл развития с участием бентосных организмов. Это связано, на наш взгляд, с малочисленностью их промежуточных хозяев — копепоид (рис. 3).



**Рис. 1.** Паразитофауна щуки в среднем течении реки Лены и ее притоках — Вилюй и Алдан [Figure 1. Pike parasite fauna in the middle course of the Lena river and its tributaries — the Aldan and the Viliuy]



**Рис. 2.** Паразитофауна ельца в среднем течении реки Лены и ее притоках — Вилюй и Алдан [Figure 2. Dace parasite fauna in the middle course of the Lena river and its tributaries — the Aldan and the Viliuy]



**Рис. 3.** Паразитофауна окуня в среднем течении реки Лены и ее притоках — Вилюй и Алдан  
**[Figure 3.** Perch parasite fauna in the middle course of the Lena river and its tributaries — the Aldan and the Viliuy]

## Выводы

1. Данные исследования ихтиопаразитов свидетельствуют о воздействии экологического состояния исследуемых рек на паразитофауну рыб. В реках Вилюй и Алдан, подверженных наибольшей техногенной нагрузке, наблюдается уменьшение экстенсивности инвазии рыб паразитами со сложным циклом развития с участием бентосных организмов. При этом возрастает экстенсивность заражения рыб миксоспоридиями.

2. Среди разных групп паразитов, имеющих эпизоотологическое и эпидемиологическое значение, выявлено различное отношение к воздействию поллюантов. В настоящий период в акватории реки Вилюй при высокой техногенной нагрузке на водоем наблюдается постепенное снижение степени инвазии рыб плероцеркоидами *Triaenophorus nodulosus* (налим — 34,0 %) и отсутствие в нашем исследовании плероцеркоидов *Diphyllobothrium latum*.

3. В среднем течении реки Лены уровень зараженности щук плероцеркоидами *Diphyllobothrium latum* остается на прежнем уровне (ЭИ 40,9 %), что свидетельствует о загрязнении данного участка реки коммунальными отходами. Сокращение экстенсивности инвазии рыб плероцеркоидами *Triaenophorus nodulosus* в реке Вилюй (налим — 34,0 %) по сравнению с рекой Леной (налим — 85 %) связано с техногенным воздействием антропогенной загрязненности на личиночные стадии лентецов. Возникновению очага дифиллоботриоза в среднем течении реки Лены способствует загрязнение водоема коммунальными отходами из городских канализаций и сбросами речных судов в период навигации.

## Заключение

Интенсивное освоение природных богатств Севера явилось причиной возникновения проблемы взаимодействия человека и окружающей среды в данном регионе. При этом на первый план выступает исследование качественных изменений природных вод в результате активной деятельности человека: сброса сточных вод, смыва и последующего попадания в водоемы высокоминерализованных вод, коммунальных стоков и т.д. Следует подчеркнуть, что антропогенное влияние на водные (поверхностные) ресурсы Севера усугубляется особенностями гидрологического, ледового и термического режимов рек, которые резко снижают их самовосстановительные способности. По наблюдениям авторов, регистрируется постепенное снижение степени инвазии рыб плероцеркоидами *Diphyllbothrium latum* (возможно, как и многими другими гельминтами). В конечном итоге это приводит к постепенному разрушению очагов дифиллоботриоза и их затуханию, что имеет важное эпидемиологическое и эпизоотическое значение. Длительное поступление высокоминерализованных сточных вод горнодобывающей промышленности в реку Вилюй привело к сокращению или полному выпадению отдельных компонентов жизненного цикла беспозвоночных — промежуточных хозяев биогельминтов.

Таким образом, техногенная нагрузка на водоем в виде промышленных и бытовых стоков оказывает заметное воздействие на паразитофауну рыб. При этом некоторые виды паразитов рыб могут сократиться до минимума или исчезнуть с биотопа, что является критическим для функционирования всей северной водной экосистемы.

© Платонов Т.А., Кузьмина Н.В.,  
Нюкканов А.Н., Протождьяконова Г.П., 2018



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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Аникиева Л.В., Иешко Е.П., Румянцев Е.А. Экологический анализ гельминтов ряпушки и корюшки Онежского озера // Труды Карельского научного центра РАН. 2016. № 4. С. 37–47.
- [2] Беклемишев В.Н. Возбудители болезней как члены биоценозов // Зоологический журнал. М., 1956. Т. 35. Вып. 12. С. 1765–1779.
- [3] Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб: руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.
- [4] Нюкканов А.Н. Воздействие природных экотоксикантов на гидробионты Республики Саха (Якутия): дис. ... д-ра биол. наук. Красноярск, 2004. 238 с.
- [5] Новак А.И., Новак М.Д. Паразитоценозы водных экосистем Волжского бассейна: монография. Рязань: Изд-во РГТУ, 2011. 241 с.
- [6] Калашиникова А.В., Кузьмина Н.В., Нюкканов А.Н. Устойчивость миксоспоридиозной инвазии пресноводных рыб на воздействие техногенной контаминации // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2008. № 4. С. 87–91.
- [7] МУК 3.2.988-00. Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки // Противоэпидемические мероприятия: сб. офиц. док.: в 2 т. / Федер. служба по надзору в сфере

защиты прав потребителей и благополучия человека; ред. и сост.: Г.Г. Онищенко, Б.Л. Черкасский. М.: ИНТЕРСЭН, 2006. Т. 1. 1215 с.

- [8] *Однокурцев В.А.* Паразитофауна позвоночных животных Якутии / отв. ред. А.И. Ануфриев; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т биол. проблем криолитозоны. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. 308 с.
- [9] Определитель паразитов пресноводных рыб СССР: в 3 т. / под ред. О.Н. Бауера. Л.: Наука, 1984. Т. 1. 428 с.; 1985. Т. 2. 425 с.; 1987. Т. 3. 425 с.
- [10] *Петрова В.В.* Изменение паразитофауны некоторых промысловых рыб Финского залива за длительный промежуток времени в условиях антропогенного воздействия: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2000. 25 с.
- [11] *Платонов Т.А., Кузьмина Н.В., Бочкарев И.И., Нюкканов А.Н.* Коммунальное загрязнение р. Лены в окрестностях г. Якутска и его роль в распространении дифиллоботриоза // Наука и образование. 2015. № 3(79). С. 115—118.
- [12] *Шадрина Е.Г.* Биоиндикация воздействия горнодобывающей промышленности на наземные экосистемы Севера: автореф. ... дис. д-ра биол. наук. Петрозаводск, 2004. 47 с.

#### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 24.04.2018

Дата принятия к печати: 25.05.2018

#### **Для цитирования:**

*Платонов Т.А., Кузьмина Н.В., Нюкканов А.Н., Протодьяконова Г.П.* Паразитофауна рыб среднего течения реки Лены и ее притоков в условиях возрастающей техногенной нагрузки // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 2. С. 185—194. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-185-194

#### **Сведения об авторах:**

*Платонов Терентий Афанасьевич* — кандидат биологических наук, и.о. доцента кафедры паразитологии и эпизоотологии животных факультета ветеринарной медицины, Якутская государственная сельскохозяйственная академия. *Контактная информация:* e-mail: ysaа.ykt@gmail.com

*Кузьмина Наталья Васильевна* — кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры внутренних незаразных болезней, фармакологии и акушерства факультета ветеринарной медицины, Якутская государственная сельскохозяйственная академия. *Контактная информация:* e-mail: ysaа.ykt@gmail.com

*Нюкканов Аян Николаевич* — доктор биологических наук, профессор кафедры внутренних незаразных болезней, фармакологии и акушерства факультета ветеринарной медицины, Якутская государственная сельскохозяйственная академия. *Контактная информация:* e-mail: ysaа.ykt@gmail.com

*Протодьяконова Галина Петровна* — доктор ветеринарных наук, профессор кафедры паразитологии и эпизоотологии животных факультета ветеринарной медицины, Якутская государственная сельскохозяйственная академия. *Контактная информация:* e-mail: ysaа.ykt@gmail.com



## Fish parasite fauna of the middle reaches of the Lena river and its tributaries under growing man-caused impact

T.A. Platonov, N.V. Kuzmina, A.N. Nyukkanov, G.P. Protodyakonova

Yakutsk State Agricultural Academy  
3 Sergelyakh Shosse 3 km, Yakutsk, 677007, Russian Federation

On the middle course of the Lena river there is a large extent of infection of fish with parasites with a complex development cycle. Infection of the pike with plerocercoids of *Diphyllobothrium latum* is caused by contamination with communal sewage. In the parasitofauna of the fish of the Vilyui river, an increase in the simplest gill trichodinins observed, which is associated with the eutrophication of the reservoir. The fish of the Aldan river showed a greater extent of invasion by myxosporidia than in fish from the middle reaches of the Lena river.

The focus of diphyllobothriosis in the middle reaches of the Lena river is facilitated by the contamination of the reservoir with municipal waste from urban sewers and discharges of river vessels during navigation. In general, the epizootic situation in reservoirs, subject to anthropogenic impact, and adjacent territories is not entirely satisfactory. It may be improved with the decreased contamination of the external environment and hence the increased resistance of the fish organism.

**Keywords:** pollutants, ecosystem, parasitofauna, diphyllobothriosis, species of fish, nematodes, crustaceans, cestodes, trienophorosis, protozoa, myxosporidia

### REFERENCES

- [1] Anikieva LV, Ieshko EP, Rumyantsev EA. Ecological analysis of helminthes of vendace and smelt on lake Onega. *Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2016;4: 37–47.
- [2] Beklemishev VN. Pathogens as members of biocenoses. *Zoological journal*. 1956;35(12): 1765–1779.
- [3] Bykhovskaya-Pavlovskaya IE. *Fish parasites: A guide to learning*. Leningrad: Nauka Publ.; 1985.
- [4] Nyukkanov A.N. Effects of natural ecotoxicants on the hydrobionts of the Republic of Sakha (Yakutia). Krasnoyarsk; 2004.
- [5] Novak AI, Nowak MD. Parasitocenoses of aquatic ecosystems in the Volga basin: monograph. Ryazan: RGATU Publ.; 2011.
- [6] Kalashnikova AV, Kuzmina NV, Nyukkanov AN. Stability of myxosporidia infestation of freshwater fish on the impact of man-caused contamination. *Vestnik of RUDN. Serie: Ecology. Safety Life*. 2008;4: 87–91.
- [7] Feder. service on supervision in the field of consumer rights protection and human well-being. MUK 3.2.988-00. Methods of sanitary-parasitological examination of fish, shellfish, crustaceans, amphibians, reptiles and products of their processing. In: Onishchenko GG, Cherkassky BL. (eds.) *Anti-epidemic measures: collection of official documents*. Vol. 1. Moscow: INTERSEN Publ.; 2006.
- [8] Odnokurtsev VA, Anufriev AI. *Parasite fauna of vertebrate animals of Yakutia*. Novosibirsk: SB RAS Publ.; 2015.
- [9] Bauer ON. (ed.) *Manual of parasites of freshwater fish of the USSR*. Leningrad: Nauka Publ.; 1984. Vol. 1; 1985. Vol. 2; 1987. Vol. 3.
- [10] Petrova VV. *Changes in the parasite fauna of some commercial fishes in the Gulf of Finland over a long period of time under anthropogenic influence*. St. Petersburg; 2000.

- [11] Platonov TA, Kuzmina NV, Bochkarev II, Nyukkanov AN. Communal pollution of the river Lena in the vicinity of Yakutsk and its role in the spread of diphyllbothriasis. *Nauka i Obrazovanie*. 2015;79(3): 115—118.
- [12] Shadrina EG. *Bioindication of mining industry impact on terrestrial ecosystems of the North*. Petrozavodsk; 2004.

**Article history:**

Received: 24.04.2018

Revised: 25.05.2018

**For citation:**

Platonov TA, Kuzmina NV, Nyukkanov AN, Protodyakonova GP. Fish parasite fauna of the middle reaches of the Lena river and its tributaries under growing man-caused impact. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018; 26(2): 185—194. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-185-194

**Bio Note:**

*Platonov Terenty Afanasevich*, Candidate in Biology, Associate Professor of the Department of Parasitology and Epizootology of Agricultural Animals, Yakutsk State Agricultural Academy. *Contact information*: e-mail: ysaa.ykt@gmail.com

*Kuzmina Natalia Vasilevna*, Candidate in Biology, Senior Lecturer of the Department of Internal Non-Infectious Diseases, Pharmacology and Obstetrics named after Professor G.P. Serdtsev, Yakutsk State Agricultural Academy. *Contact information*: e-mail: ysaa.ykt@gmail.com

*Nyukkanov Ayan Nikolaevich*, Doctor in Biology, Associate Professor, Head of the Department of Internal Non-Infectious Diseases, Pharmacology and Obstetrics named after Professor G.P. Serdtsev, Yakutsk State Agricultural Academy. *Contact information*: e-mail: ysaa.ykt@gmail.com

*Protodyakonova Galina Petrovna*, Doctor in Veterinary, Professor of the Department of Parasitology and Epizootology of Agricultural Animals, Yakutsk State Agricultural Academy. *Contact information*: e-mail: ysaa.ykt@gmail.com



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-195-206

УДК 574.24

## Оценка изменения содержания токсичных элементов (Pb, As, Hg, Cd) в надземной части пшеницы *Triticum vulgare Vill* под воздействием вносимой в почву водной суспензии гуминовых кислот с различными формами железа

Е.А. Осипова<sup>1</sup>, С.В. Лебедев<sup>1,2</sup>, О.Н. Каньгина<sup>1</sup>, А.М. Короткова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Оренбургский государственный университет

Российская Федерация, Оренбургская обл., 460018, Оренбург, просп. Победы, 13

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства

Российская Федерация, Оренбургская обл., 460000, Оренбург, ул. 9 Января, 29

Недостаток железа приводит к ослаблению роста растений и снижению их урожайности. Перспективным решением этой проблемы является использование нанопорошков железа, оксидов железа в качестве биостимуляторов роста сельскохозяйственных растений. Однако, особые свойства наночастиц могут усиливать механизмы, связанные с токсичным действием на живые организмы, приводить к микроэлементозам. Реакция растений на воздействие железа весьма изменчива и зависит от их генотипа и вида. Литературных данных о влиянии мелкодисперсных частиц железа на элементный состав растения вида *Triticum vulgare Vill* (пшеница мягкая) недостаточно, кроме того, практически не изучено взаимодействие этих частиц с природными сорбентами — гуминовыми кислотами, которые контролируют биодоступность и транспорт элементов в природных объектах.

В статье приведены данные по содержанию токсичных элементов (As, Hg, Cd, Pb) в надземной части растений пшеницы *Triticum vulgare Vill*, выращенных в почве при однократном инвазивном воздействии водных растворов сферических наночастиц железа Fe<sup>0</sup> (диаметром 80 ± 5 нм), магнетита Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (шириной 50—80 нм и высотой 4—10 нм), ионных форм двух- и трехвалентного сульфата железа с добавлением гуминовых кислот, выделенных из бурого угля Тюльганского месторождения.

При изучении динамики изменения содержания токсичных элементов установлено, что под воздействием наночастиц железа и магнетита наблюдается процесс замещения более токсичной ртути менее токсичным кадмием при постоянном их суммарном количестве, использование трехвалентного сульфата железа с концентрацией 0,0001 г/л для однократного полива пшеницы *Triticum vulgare Vill* приводит к наилучшему результату по снижению токсичных элементов (свинца, мышьяка, ртути и кадмия) в надземной части растения.

**Ключевые слова:** наночастицы, железо, свинец, мышьяк, ртуть, кадмий, пшеница, гуминовые кислоты

### Введение

Железо является необходимым для растений элементом, оно входит в состав дыхательных ферментов, участвует в окислительно-восстановительных процессах. В растение поступает через корни преимущественно в виде Fe<sup>2+</sup>. Недостаток же-

леза приводит к ослаблению роста растений и снижению их урожайности. Дефицит железа является проблемой для многих сельскохозяйственных культур, поскольку большая часть окультуренных почв отличается низким содержанием доступных для растений форм железа [1].

Кроме того, недостаточное поступление железа может привести к микроэлементозу, накоплению токсичных элементов в растениях, так как в результате загрязнения окружающей среды в почвах сельскохозяйственного назначения накапливаются токсичные элементы (мышьяк, кадмий, ртуть, свинец и др.), что в свою очередь приведет к снижению качества производимой сельскохозяйственной продукции и впоследствии повлечет накопление токсичных веществ в организме человека и животных [2].

Использование железа в ионном виде при железистой недостаточности не приводит к ожидаемому биологическому эффекту, так как оно быстро переходит в окисленную форму, недоступную для растений, и образует комплексы и хелаты с органическим веществом почвы [1].

Перспективным является использование нанопорошков железа, оксидов железа в качестве биостимуляторов роста сельскохозяйственных растений [3—10]. Эффективность их использования объясняется не только малыми размерами частиц, которые способны проникать через биологические мембраны, но и тем, что в состав входит биогенный элемент, который участвует в окислительно-восстановительных процессах и процессах элементного баланса [5]. Однако особые свойства наночастиц могут усиливать механизмы, связанные с токсичным действием на живые организмы, приводить к микроэлементозам и оказывать негативное влияние на окружающую среду [3; 6; 11; 12].

Реакция растений как на токсическое воздействие железа, так и на его недостаточность весьма изменчива и зависит от генотипа и вида [13].

Таким образом, влияние нанопорошков железа, оксидов железа на элементный состав сельскохозяйственных растений, а также взаимодействие этих частиц с природными сорбентами — гуминовыми кислотами, которые контролируют биодоступность и транспорт элементов в природных объектах, требует тщательного изучения.

Целью исследования является оценка изменения содержания токсичных элементов (Pb, As, Hg, Cd) в надземной части пшеницы *Triticum vulgare Vill* под воздействием вносимой в почву водной суспензии гуминовых кислот с различными формами железа.

### **Материалы и методы**

Семена пшеницы *Triticum vulgare Vill*, не обработанные протравителями, помещали в пластиковые контейнеры с почвой (чернозем южный) по 30 шт. на глубину 2—3 см и расстоянии 2 см друг от друга. Почву с семенами однократно поливали водными растворами железа с различными концентрациями и гуминовыми кислотами (10 мл с концентрацией 1 г/л) в таком количестве, чтобы общая влагоемкость почвы составляла 75 %. Контейнеры взвешивались и по мере высыхания почвы поливались дистиллированной водой до прежней массы.

При проведении исследования (Институт энергетических проблем химической физики РАН, Россия) использовали водные растворы сферических наночастиц железа  $Fe^0$  (диаметром  $80 \pm 5$  нм), сульфата железа (II) и сульфата железа (III), а также водные растворы синтезированных наночастиц магнетита  $Fe_3O_4$ , которые имеют слегка сплюснутую шарообразную форму шириной от 50 до 80 нм и высотой от 4 до 10 нм [16]. Гуминовые кислоты были выделены из бурого угля Тюльганского месторождения [17].

Суспензию растворов наночастиц железа готовили, растворяя определенную навеску в дистиллированной воде и обрабатывая их ультразвуком в течение 15 минут. Более разбавленные растворы наночастиц железа получали разбавлением дистиллированной водой. Концентрация приготовленных таким образом растворов составляла 0,0001, 0,001 и 0,01 г/л по железу. Водные растворы ионных форм железа с концентрациями 0,0001 и 0,001 г/л по железу готовили аналогично, растворяя определенную навеску соли в дистиллированной воде с последующей обработкой ультразвуком в течение 15 минут.

Контрольные образцы растений выращивали в почве (чернозем южный) без добавления железа. Подготовленные таким образом опытные и контрольные пробы оставляли при комнатной температуре на проращивание. Повторность опыта — трехкратная.

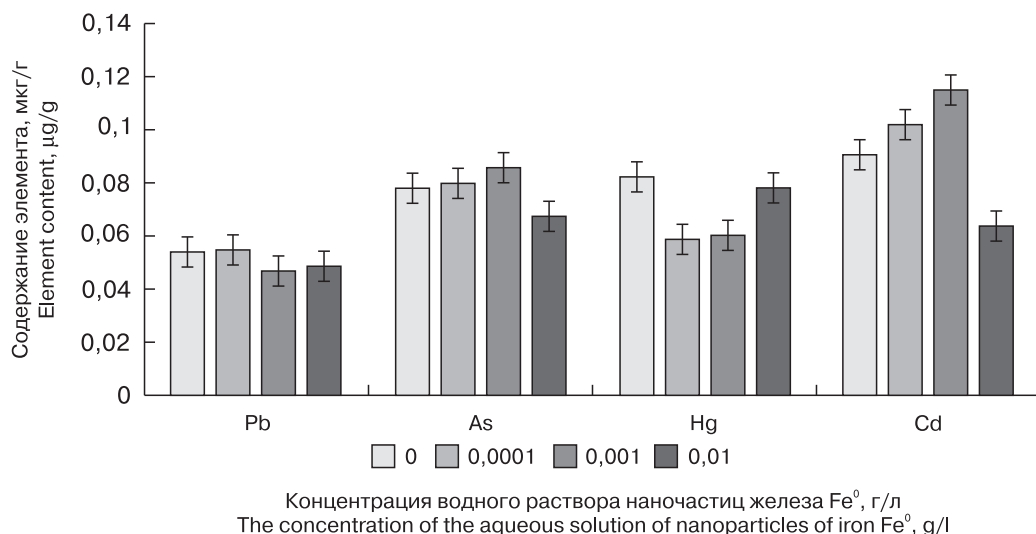
Определение токсичных элементов в надземной части растений проводили на двадцать первые сутки эксперимента, так как к этому времени заканчивается критический период фазы всходов пшеницы в нормальных условиях. Именно в этот период в жизни растений недостаток или избыток элементов питания приводит к необратимым физиолого-биохимическим и морфологическим изменениям [16; 17].

Содержание мышьяка, свинца, кадмия и ртути определяли в ООО «Микро-нутриенты» (г. Москва, лицензия ЛО-77-01-006064) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП — МС) на квадрупольном масс-спектрометре Nexion 300D (Perkin Elmer, США). Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Microsoft Excel.

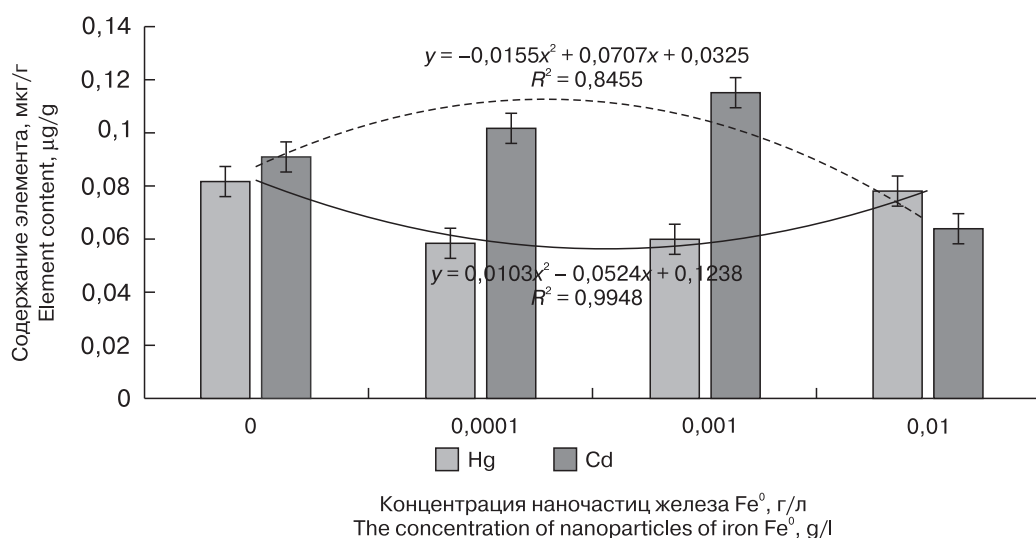
## Результаты исследований и обсуждение

При изучении динамики изменения токсичных элементов в побеговой части растения пшеницы *Triticum vulgare Vill* при воздействии водной суспензии наночастиц железа  $Fe^0$  с различными концентрациями установлено, что изменение количества свинца и мышьяка колеблется в пределах погрешности (рис. 1).

Химический анализ на содержание ртути и кадмия (рис. 2) в надземной части растения пшеницы в зависимости от концентрации наночастиц железа  $Fe^0$  показал, что суммарное количество ртути и кадмия остается постоянным  $0,163 \pm 0,015$  мкг/г, причем сильно разбавленные растворы наночастиц железа способствуют уменьшению количества ртути на такое количество, на которое увеличивается содержание кадмия, т.е. наблюдается процесс вытеснения ртути кадмием. Что в принципе неплохо, так как кадмий менее токсичен, чем ртуть [18], и многие авторы отмечают его положительное влияние на физиологические функции некоторых растений [1]. Такая конкуренция связана с идентичностью геометрии ионов кадмия и ртути и участков локализованного в мембране переносчика.



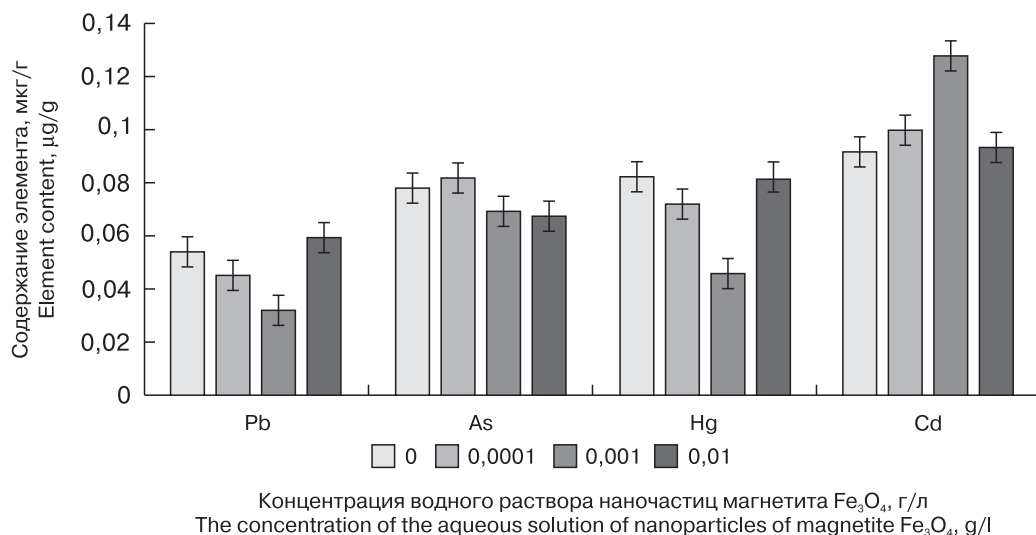
**Рис. 1.** Зависимость содержания токсичных элементов в надземной части растения пшеницы *Triticum vulgare Vill* от концентрации водного раствора наночастиц железа Fe<sup>0</sup>, вносимого в почву  
**[Figure 1.** Dependence of the content of toxic elements in the over ground part of the wheat plant *Triticum vulgare Vill* on the concentration of aqueous solution of iron nanoparticles Fe<sup>0</sup>, introduced into the soil]



**Рис. 2.** Изменение содержания ртути и кадмия в надземной части растения пшеницы в зависимости от концентрации наночастиц железа Fe<sup>0</sup>  
**[Figure 2.** Change of content of mercury and cadmium in the over ground part of a plant of wheat depending on concentration of nanoform of iron Fe<sup>0</sup>]

Таким образом, наименьшее количество рассматриваемых токсичных элементов в надземной части растения пшеницы *Triticum vulgare Vill* наблюдается под воздействием водной суспензии наночастиц железа Fe<sup>0</sup> с концентрацией 0,01 г/л. Количество кадмия в этом опыте уменьшается на 30 % по сравнению с контролем, содержание остальных токсичных элементов (свинца, мышьяка и ртути) не превышает их количества в контрольном образце.

Внесение в почву различных концентраций водной суспензии нанопорошка магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  с гуминовыми кислотами приводит к изменению содержания всех четырех токсичных элементов в надземной части растения пшеницы *Triticum vulgare Vill* (рис. 3).



**Рис. 3.** Зависимость содержания токсичных элементов в надземной части растения пшеницы *Triticum vulgare Vill* от концентрации водного раствора наночастиц магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , вносимого в почву [Figure 3. Dependence of maintenance of toxic elements in the over ground part of a plant of *Triticum vulgare Vill* wheat from concentration of water solution of nanoparticles of the  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  magnetite brought in the soil]

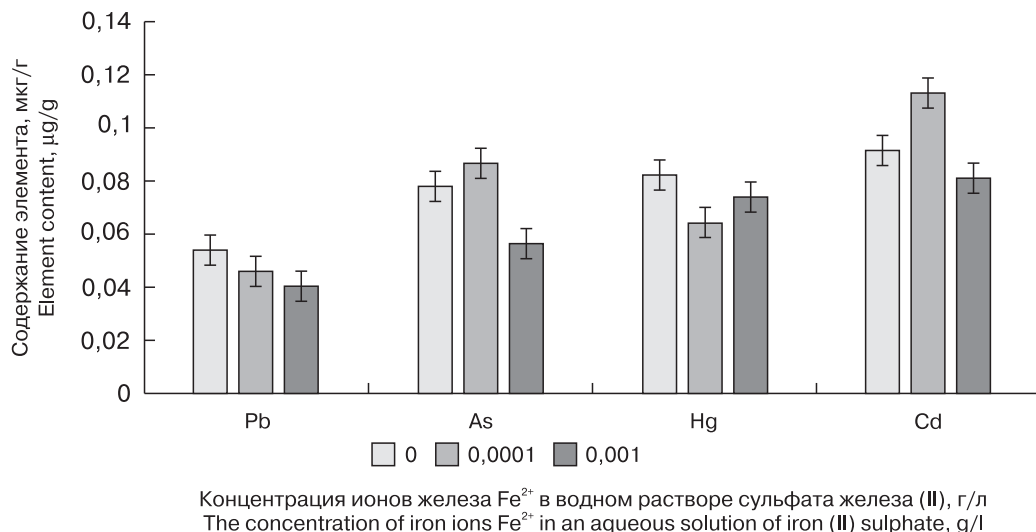
Концентрация магнетита 0,001 г/л приводит к минимальному поглощению свинца ( $0,032 \pm 0,003$  мкг/г). Данное количество свинца на 25 % меньше по сравнению с контрольным опытом.

Количество мышьяка в побеговой части растения пшеницы при увеличении концентрации наночастиц магнетита постепенно снижается, однако уменьшение концентрации данного токсичного элемента не превышает пределы погрешности эксперимента (10 %).

Зависимость изменения количества ртути под воздействием различных концентраций наночастиц магнетита аналогична изменению содержания свинца. Максимальное снижение ртути ( $0,046 \pm 0,005$  мкг/г) по сравнению с контролем на 40 % ( $0,082 \pm 0,001$  мкг/г) наблюдается в опытах с наночастицами магнетита при концентрации 0,001 г/л. Полив различными концентрациями наночастиц магнетита приводит к тому, что суммарное содержание ртути и кадмия остается постоянным  $0,173 \pm 0,001$  мкг/г, как и в случае полива наночастицами железа. Установлено, что при невысоких концентрациях наночастиц магнетита кадмий вытесняет ртуть.

Таким образом, наилучший результат по снижению токсичных элементов при поливе водной суспензией наночастиц магнетита наблюдается в опытах с концентрацией 0,001 г/л. В этом случае количество свинца снижается на 25 %, количество мышьяка остается постоянным относительно контроля, сумма кадмия и ртути не изменяется, но содержание более токсичного элемента ртути снижается на 40 %.

Наилучший результат по снижению количества токсичных элементов в пшенице при использовании двухвалентной ионной формы железа ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) наблюдается при концентрации по железу 0,001 г/л (рис. 4). В этом опыте концентрация свинца уменьшается на 26 %, мышьяка на 28 %, ртути на 10 % и кадмия на 11 %. Снижение содержания ртути и кадмия незначительно и находится в пределах погрешности опыта, однако стоит отметить положительную тенденцию на уменьшение накопления данных токсичных элементов в побеговой части растения.



**Рис. 4.** Зависимость содержания токсичных элементов в надземной части растения пшеницы *Triticum vulgare Vill* от концентрации водного раствора ионов железа  $\text{Fe}^{2+}$ , вносимого в почву в виде сульфата железа (II)

**[Figure 4.** Dependence of the content of toxic elements in the aboveground part of the wheat plant *Triticum vulgare Vill* on the concentration of the aqueous solution of iron ions  $\text{Fe}^{2+}$ , introduced into the soil in the form of ferrous sulfate (II)]

Однократный полив водным раствором трехвалентного железа ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ) с концентрацией по железу 0,0001 г/л приводит к минимальному накоплению всех четырех токсичных элементов в пшенице по сравнению с контрольным значением (рис. 5). Содержание свинца снижается на 46 %, мышьяка на 12 %, ртути на 27 % и кадмия на 42 % по сравнению с контролем.

Общая картина по накоплению токсичных элементов в надземной части пшеницы, выращенной в почве с добавлением гуминовых кислот под влиянием различных форм и концентраций железа относительно контроля, приведена в таблице. Отрицательные значения в таблице соответствуют снижению токсичных элементов в побегах пшеницы, жирный шрифт соответствует увеличению этих элементов более чем на 10 % относительно контроля.

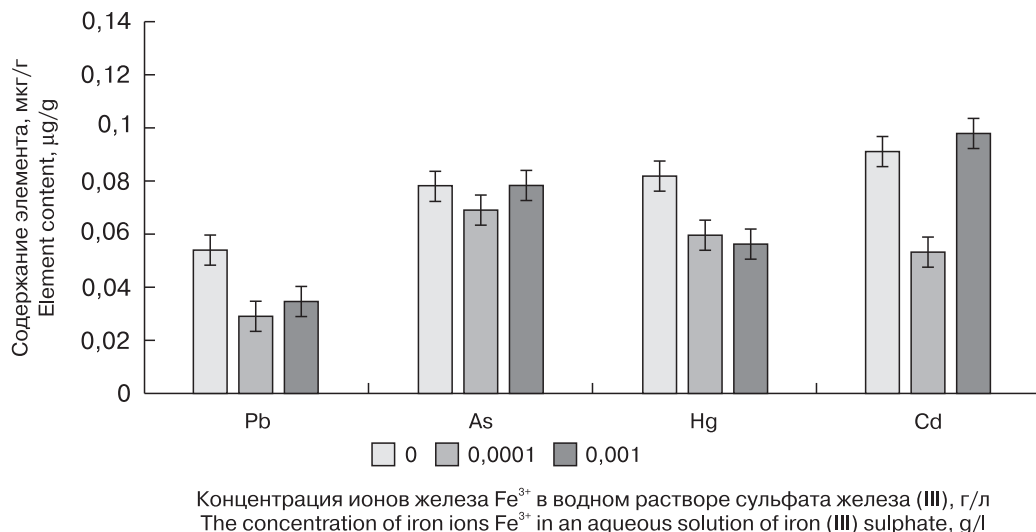
Анализ данных таблицы показал следующее:

— общее содержание токсичных элементов в побеговой части пшеницы, выращенной в почве с добавлением гуминовых кислот под влиянием различных форм и концентраций железа, снижается во всех рассмотренных случаях;

— наибольшее снижение содержания токсичных элементов наблюдается при поливе сульфатом железа (III) с концентрацией по железу 0,001 г/л;



- только трехвалентное железо уменьшает концентрацию всех четырех токсичных элементов;
- активнее из всех элементов на внесение железа реагирует свинец, потом мышьяк и ртуть;
- под воздействием наночастиц железа и магнетита наблюдается процесс замещения более токсичной ртути менее токсичным кадмием при постоянном их суммарном количестве.



**Рис. 5.** Зависимость содержания токсичных элементов в надземной части растения пшеницы *Triticum vulgare Vill* от концентрации водного раствора ионов железа  $Fe^{3+}$ , вносимого в почву в виде сульфата железа (III)

**[Figure 5.** Dependence of the content of toxic elements in the aboveground part of the wheat plant *Triticum vulgare Vill* on the concentration of the aqueous solution of iron ions  $Fe^{3+}$ , introduced into the soil in the form of ferric sulfate (III)]

Таблица/Table

**Влияние форм и концентраций железа (г/л) на накопление токсичных элементов в побеговой части растения пшеницы *Triticum vulgare Vill* относительно контрольного опыта (%)**  
**[Influence of forms and concentration of iron (g/l) on accumulation of toxic elements in the aboveground part of a plant of wheat *Triticum vulgare Vill* of rather check experiment (%)]**

Элемент, мкг/г [Element, µg/g]	$Fe^0$			$Fe_3O_4$			$Fe^{2+}$		$Fe^{3+}$	
	0,0001	0,001	0,01	0,0001	0,001	0,01	0,0001	0,001	0,0001	0,001
Pb	2	-13	-9	-17	-41	9	-15	-26	-46	-35
As	3	<b>10</b>	-13	5	-12	-14	<b>10</b>	-28	-12	0
Hg	-28	-27	-5	-12	-44	-1	-22	-10	-27	-32
Cd	12	26	-30	<b>10</b>	<b>41</b>	2	<b>24</b>	-11	-42	7
Σ, мкг/г [Σ, µg/g]	-11	-4	-57	-14	-56	-4	-3	-75	-127	-60

Использование разбавленных растворов водной суспензии наночастиц железа  $Fe^0$  приводит к накоплению токсичных элементов (мышьяка, кадмия), увеличение концентрации до 0,01 г/л приводит к положительной тенденции по снижению концентрации этих элементов в побеговой части растения.

Этот факт можно объяснить следующим:

1) электронейтральность наночастиц железа  $Fe^0$  снижает количество поступления железа и, как следствие, накопление замещающих элементов — синергистов;

2) часть наночастиц, вступая в сложные физико-химические процессы с компонентами почвы, становится недоступной для растения.

И наоборот, использование разбавленных растворов водной суспензии наночастиц магнетита приводит к наилучшему результату по снижению токсичных элементов, потому что в состав магнетита входит двух- и трехвалентное железо, которое легче поглощается растениями.

Из ионных форм железа наибольшим положительным эффектом по снижению токсичных элементов обладает трехвалентное железо в виде сульфата, хотя в растение оно поступает в виде двухвалентного соединения [1]. Возможно, трехвалентное железо образует более прочный комплекс с гуминовыми кислотами, чем двухвалентное, и представляет собой важный резерв доступных соединений этого металла для растений.

## Заключение

Максимальное снижение токсичных элементов (свинца, мышьяка, ртути и кадмия) в побеговой части растения наблюдается при однократном поливе пшеницы *Triticum vulgare Vill* трехвалентным сульфатом железа с концентрацией 0,0001 г/л.

© Осипова Е.А., Лебедев С.В., Каныгина О.Н., Короткова А.М., 2018



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

## Благодарности:

Исследование выполнено в рамках государственного задания по программам РАН № 0761-2018-0032.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Битюцкий Н.П.* Микроэлементы и растение. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1999. 232 с.
- [2] *Салова Т.Ю., Громова Н.Ю.* Техногенные системы и экологический риск // Международный журнал экспериментального образования. 2015. Т. 2. № 2. С. 295–296.
- [3] *Анохина Т.О., Сиунова Т.В., Сизова О.И., Кочетков В.В., Боронин А.М.* Свойства наночастиц оксидов железа и проблемы их применения в сельском хозяйстве // Агрохимия. 2017. № 11. С. 74–96.
- [4] *Селиванов В.Н., Зорин Е.В., Сидорова Е.Н., Дзидзигури Э.Л., Фолманис Г.Э.* Пролонгированное воздействие ультрадисперсных порошков металлов на семена злаковых культур // Перспективные материалы. 2001. С. 66–69.
- [5] *Селиванов В.Н., Зорин Е.В., Фолманис Г.Э., Сидорова Е.Н., Кузнецов Д.В.* Ультрадисперсные порошки металлов для предпосадочной обработки клубней картофеля // Перспективные материалы. 2001. № 3. С. 48–52.
- [6] *Чурилов Г.И.* Влияние нанопорошков железа, меди, кобальта в системе почва — растение // Вестник ОГУ. 2009. № 12. С. 148–151.

- [7] *Егоров Н.П., Шафронов О.Д., Егоров Д.Н., Сулейманов Е.В.* Разработка и проведение экспериментальной оценки эффективности применения в растениеводстве новых видов удобрений, полученных с использованием нанотехнологий // *Вестник ННГУ*. 2008. № 6. С. 94–99.
- [8] *Чурилов Г.И., Сушилина М.М.* Нанокристаллические металлы как экологически чистые микроудобрения // *Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр. Вып. 3. Рязань, 2008*. С. 84–86.
- [9] *Коваленко Л.В., Фолманис Г.Э.* Биологически активные нанопорошки железа // *Перспективные материалы*. 2005. С. 39–43.
- [10] *Паничкин П.А., Райкова А.В.* Использование нанопорошков металлов для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2009. № 1. С. 59–65.
- [11] *Сизова Е.А., Нотова С.В., Лебедев С.В., Дерябина Т.Д., Короткова А.М., Косян Д.Б.* и др. Техногенные наноматериалы в агробиоценозах: перспективы и риски. М.: Университет, 2016. 248 с.
- [12] *Короткова А.М., Лебедев С.В., Каюмов Ф.Г., Сизова Е.А.* Морфофизиологические изменения у пшеницы (*Triticum vulgare* V.) под влиянием наночастиц металлов (Fe, Cu, Ni) и их оксидов (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, CuO, NiO) // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. № 1. С. 172–182. doi: 10.15389/agrobiology.2017.1.172rus
- [13] *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
- [14] *Гервальд А.Ю., Прокопов Н.И., Ширякина Ю.М.* Синтез суперпарамагнитных наночастиц магнетита // *Вестник МИТХТ*. 2010. Т. 5. № 3. С. 45–49.
- [15] ГОСТ 9517–94 (ИСО 5073–85). Топливо твердое. Методы определения выхода гуминовых кислот. М.: Издательство стандартов, 1996. 9 с.
- [16] *Лихочвор В., Проць Р.* Фазы роста и этапы органогенеза // *Агротехнология*. 2016. URL: <http://agrotechnology.com/klassicheskaya/teoriya/fazy-rosta-i-etapy-organogeneza> (дата обращения: 11.03.2018).
- [17] *Михайлова Л.А.* Агрохимия: курс лекций: в 3 ч. Ч. 1. Удобрения: виды, свойства, химический состав. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2015. 426 с.
- [18] СанПиН 2.3.2.1078–01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. 2002. URL: [http://mibio.ru/docs/110/sanpin\\_2.3.2.1078-01\\_gigienicheskie\\_trebovaniya\\_-bezopasnosti.pdf](http://mibio.ru/docs/110/sanpin_2.3.2.1078-01_gigienicheskie_trebovaniya_-bezopasnosti.pdf) (дата обращения: 14.03.2018).

#### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 15.03.2018

Дата принятия к печати: 15.04.2018

#### **Для цитирования:**

*Осипова Е.А., Лебедев С.В., Каныгина О.Н., Короткова А.М.* Оценка изменения содержания токсичных элементов (Pb, As, Hg, Cd) в надземной части пшеницы *Triticum vulgare* Vill под воздействием вносимой в почву водной суспензии гуминовых кислот с различными формами железа // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2018. Т. 26. № 2. С. 195–206. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-195-206

#### **Сведения об авторах:**

*Осипова Елена Александровна* — старший преподаватель кафедры химии Оренбургского государственного университета. *Контактная информация:* e-mail: kudryavceva.elen@mail.ru

*Лебедев Святослав Валерьевич* — заместитель директора Всероссийского научно-исследовательского института мясного скотоводства, доктор биологических наук. *Контактная информация:* e-mail: lsv74@list.ru

*Каныгина Ольга Николаевна* — доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры химии Оренбургского государственного университета. *Контактная информация:* e-mail: onkan@mail.ru

*Короткова Анастасия Михайловна* — кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук. *Контактная информация:* e-mail: anastasiaporv@mail.ru

## **Assessment of changes in the content of toxic elements (Pb, As, Hg, Cd) in aboveground parts of wheat *Triticum vulgare Vill* under the influence of insertion into the soil an aqueous suspension of humic acids with different forms of iron**

**E.A. Osipova<sup>1</sup>, S.V. Lebedev<sup>1,2</sup>, O.N. Kanygina<sup>1</sup>, A.M. Korotkova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Orenburg State University

13 Prospect Pobedy, Orenburg, 460018, Orenburg Region, Russian Federation

<sup>2</sup> All-Russian Research Institute of Beef Cattle Breeding  
29 January St., Orenburg, 460000, Russian Federation

Lack of iron leads to a weakening of plant growth and lower yields. A promising solution to this problem is the use of nanoparticles of iron, iron oxides as biostimulators of growth of agricultural plants. However, the special properties of nanoparticles can enhance the mechanisms associated with toxic effects on living organisms, lead to trace elements. The response of plants to the impact of iron is highly variable and depends on their genotype and species. Literature data on the influence of fine iron particles on the elemental composition of the plant species *Triticum vulgare Vill* (soft wheat) is not enough, in addition, virtually no study of the interaction of these particles with natural sorbents — humic acids, which control the bioavailability and transport of elements in natural objects.

Therefore, the article presents data on the content of toxic elements (As, Hg, Cd, Pb) in the aboveground part of wheat plants *Triticum vulgare Vill*. Wheat is cultivated in the soil under the influence of aqueous solutions Fe<sup>0</sup> spherical iron nanoparticles (diameter of 80 ± 5 nm), magnetite Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (50—80 nm width and a height of 4—10 nm), ionic forms of di- and trivalent iron sulphate with addition of humic acids isolated from the brown coal of the Tulgan deposit.

The results of the study showed that under the influence of iron and magnetite nanoparticles, the replacement of more toxic mercury with less toxic cadmium is observed, but the total number of these elements remains constant. An aqueous solution of trivalent iron sulfate with a concentration of 0.0001 g/l contributes to the maximum reduction of toxic elements (lead, arsenic, mercury and cadmium) in the aboveground part of wheat plant.

**Keywords:** nanoparticles, iron, lead, arsenic, mercury, cadmium, wheat, humic acids

## REFERENCES

- [1] Bitiutskiy NP. *Micronutrients and plant*. Saint Petersburg: S.-Peterb. un-ta Publ.; 1999.
- [2] Salova TYu, Gromova NYu. Technogenic systems and environmental risk. *International journal of experimental education*. 2015;2(2): 295–296.
- [3] Anokhina TO, Tiunova TV, Sizova OI, Kochetkov VV, Boronin AM. Properties of nanoparticles of iron oxides and problems of their application in agriculture. *Agricultural chemistry*. 2017;11: 74–96.
- [4] Selivanov VN, Zorin EV, Sidorova EN, Dzidziguri EL, Folmanis GE. Prolonged exposure to ultrafine powders of metals in the seeds of cereals. *Advanced materials*. 2001;66–69.
- [5] Selivanov VN, Zorin EV, Folmanis GE, Sidorova EN, Kuznetsov DV. Ultrafine powders of metals for pre-planting processing of potato tubers. *Perspective materials*. 2001;3: 48–52.
- [6] Churilov GI. Influence of nanopowders of iron, copper, cobalt in the system soil-plant. *Vestnik OGU*. 2009;12: 148–151.
- [7] Egorov NP, Safronov OD, Egorov DN, Suleymanov EV. The Development and pilot evaluation of the efficacy of the crop of new types of fertilizers produced using nanotechnology. *Vestnik of NNSU*. 2008;6: 94–99.
- [8] Churilov GI, Suchilina MM. Nanocrystalline metals as an environmentally friendly micronutrient. In: *Environmental state of the natural environment and the scientific and practical aspects of modern reclamation technologies*. Vol. 3. Ryazan; 2008. p. 84–86.
- [9] Kovalenko LV, Folmanis GE. Biologically active nanopowders of iron. *Advanced materials*. 2005; 39–43.
- [10] Panickin PA, Raikov AV. The Use of metal nanopowders for presowing treatment of seeds of agricultural crops. *Proceedings of the Timiryazev agricultural academy*. 2009;1: 59–65.
- [11] Sizova EA, Notova SV, Lebedev SV, Deryabina TD, Korotkova AM, Kosyan DB, etc. Man-made nanomaterials in the anthropogenic ecosystems: prospects and risks. Moscow: University Publ.; 2016.
- [12] Korotkova AM, Lebedev SV, Kayumov FG, Sizova EA. Morphological and physiological changes in wheat (*Triticum vulgare V.*) under the influence of metal nanoparticles (Fe, Cu, Ni) and their oxides (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, CuO, NiO). *Agricultural biology*. 2017;52(1): 172–182.
- [13] Kabata-Pendias A, Pendias H. *Trace elements in soils and plants*. Moscow: Mir Publ.; 1989.
- [14] Gerwald AY, Prokopov NI, Serakina YuM. Synthesis of superparamagnetic nanoparticles of magnetite. *Vestnik MITHT*. 2010;5(3): 45–49.
- [15] GOST 9517–94 (ISO 5073–85). *Solid fuel. Methods for determining the yield of humic acids*. Moscow: Publishing house of standards; 1996.
- [16] Lipocor V, Proch R. Growth phases and stages of organogenesis. *Technology*. 2016. Available from: <http://agrotechnology.com/klassicheskaya/teoriya/fazy-rosta-i-etapy-organogeneza>
- [17] Mikhailova LA. Fertilizers: types, properties, chemical composition. In: *Chemistry: a course of lectures*. Perm: Procrasty Publ.; 2015.
- [18] SanPiN 2.3.2.1078–01. *Hygienic requirements of food safety and nutritional value*. 2002. Available from: [http://mibio.ru/docs/110/sanpin\\_2.3.2.1078-01\\_gigienicheskie\\_trebovaniya\\_bezopasnosti.pdf](http://mibio.ru/docs/110/sanpin_2.3.2.1078-01_gigienicheskie_trebovaniya_bezopasnosti.pdf)

### Article history:

Received: 15.03.2018

Revised: 15.04.2018

### For citation:

Osipova EA, Lebedev SV, Kanygina ON, Korotkova AM. Assessment of changes in the content of toxic elements (Pb, As, Hg, Cd) in aboveground parts of wheat *Triticum vulgare Vill* under the influence of insertion into the soil an aqueous suspension of humic acids with different forms of iron. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018; 26(2): 195–206. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-195-206

**Bio Note:**

*Osipova Elena Aleksandrovna* — Senior Lecturer of the Department of Chemistry, Orenburg State University. *Contact information:* e-mail: kudryavceva.elen@mail.ru

*Lebedev Svyatoslav Valerevich* — Deputy Director of All-Russian Scientific Research Institute of Meat Cattle Breeding, Doctor of Biological Sciences. *Contact information:* e-mail: lsv74@list.ru

*Kanygina Olga Nikolaevna* — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor of the Department of Chemistry, Orenburg State University. *Contact information:* e-mail: onkan@mail.ru

*Korotkova Anastasia Mikhailovna* — Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Laboratory of Biological Trials and Expertise of Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences”. *Contact information:* e-mail: anastasiaporv@mail.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-207-236

УДК 504.064.2

## Пространственно-временные тренды и факторы загрязнения почвенного покрова Москвы

Н.Е. Кошелева, А.Г. Цыхман

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

Проанализированы распределение и факторы аккумуляции тяжелых металлов и металлоидов (ТММ) и бенз(а)пирена (БаП) в почвах 9 административных округов (АО) Москвы по данным наблюдений ГПБУ «Мосэкомониторинг» в более чем 2200 точках за 2007–2016 гг. Определены основные физико-химические свойства (рН, содержание органического вещества и гранулометрический состав), валовое содержание Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Hg, As и БаП в почвенных пробах, проведено функциональное зонирование мест опробования, составлены моноэлементные геохимические карты. Установлено двукратное увеличение содержания Cu, Cd, As в ЦАО и Cd в ЗАО и СЗАО, а также As в САО, СВАО и ВАО за 10-летний период; во всех АО выявлена тенденция к снижению загрязнения почв Zn, Pb и Hg. Концентрация БаП почти во всех округах уменьшилась в 4–8 раз. Определены антропогенные и почвенно-геохимические факторы накопления и рассеяния поллютантов с помощью метода регрессионных деревьев. Наиболее значимый фактор — пространственный, так как количество и геохимическая специализация источников загрязнения сильно различаются в разных АО города. Пространственная неоднородность техногенных выпадений на территорию города усиливается под влиянием физико-химических свойств почв: рост рН приводит к увеличению содержания Cu, Zn, Pb, Hg;  $C_{орг}$  — Cd, As; изменения в гранулометрическом составе сказываются на содержании Zn, Ni, Cd, As и БаП. Сравнение концентраций изучаемых элементов с их ПДК/ОДК показало, что в 2007 г. наиболее загрязненными были промзоны в СВАО, ВАО, ЮВАО и САО, селитебные зоны ЦАО, ВАО, ЮВАО, ЗАО, транспортные — в ЦАО и ВАО, рекреационные — в ЦАО, САО и ВАО. К 2016 г. превышения нормативов в городских почвах стали фиксироваться значительно реже.

**Ключевые слова:** загрязнение почв, тяжелые металлы и металлоиды, бенз(а)пирен, городские ландшафты, функциональное зонирование, Москва, физико-химические свойства, регрессионный анализ, ПДК, ОДК

### Введение

Одной из глобальных тенденций развития общества является урбанизация с увеличением роли мегагородов, которые представляют собой центры интенсивного импактного загрязнения среды в результате концентрации на небольших площадях населения, транспорта и промышленного производства. На территориях городов формируются специфические городские ландшафты, сочетающие в себе природные и антропогенные компоненты, в которых возникают искусственные геохимические потоки и обширные аномалии загрязняющих веществ [1].

Среди крупных индустриальных городов России Москва является одним из самых загрязненных, поэтому здесь постоянно ведутся исследования состояния почвенного покрова и других компонентов ландшафта [1–8]. Наблюдения за экологическим состоянием почв Москвы и содержанием в них тяжелых металлов и металлоидов велись в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких металлов (ИМГРЭ) под руководством Ю.Е. Саета [2; 9]. С 2007 г. ежегодный мониторинг почв проводится ГПБУ «Мосэкомониторинг» при Департаменте природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы [9], выпускаются ежегодные доклады о состоянии окружающей среды в Москве, содержащие главу «Городские почвы и земли» [10].

Цель данной работы — изучение многолетней динамики загрязнения почвенного покрова г. Москвы ТММ и бенз(а)пиреном на основе данных Мосэкомониторинга. Решались следующие задачи:

- выявление многолетних трендов накопления поллютантов в поверхностном горизонте городских почв отдельных административных округов (АО) и города в целом;
- определение роли антропогенных факторов и физико-химических свойств почв в формировании техногенных геохимических аномалий;
- оценка эколого-геохимического состояния городских почв с помощью предельно и ориентировочно допустимых концентраций (ПДК/ОДК) поллютантов в почвах.

Данные наблюдений ГПБУ «Мосэкомониторинг» за состоянием городских почв в пределах МКАД за 2007—2016 гг. включают основные физико-химические свойства поверхностного (0–10 см) слоя почв и содержание шести тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb, Cu, Ni, Hg), одного металлоида (As) и БаП в 2238 точках (17 904 пробы). Изучаемые поллютанты относятся к 1 (Pb, Hg, Zn, Cd, As, БаП) и 2 (Cu, Ni) классам опасности [11].

### **Объект исследования**

**Природные условия.** Площадь Москвы после изменения городских границ в 2012 г. составляет 2561,5 км<sup>2</sup>, внутри МКАД находится примерно треть этой площади — около 900 км<sup>2</sup> [12]. Город расположен в центральной части Русской платформы. К четвертичному периоду здесь сложился эрозионно-тектонический рельеф, который в значительной степени был нивелирован отложениями моренных суглинков, песчаных водно-ледниковых и озерно-ледниковых осадков при отступании ледников. Экзогенные процессы более позднего времени (водная эрозия, аккумуляция речных и озерных осадков, карстовые процессы) также наложили свой отпечаток на черты современного рельефа [13].

Москва относится к зоне континентального климата со средней годовой температурой воздуха в городе +5,1 °С. Средняя температура января –9,3 °С, июля +18,2 °С. В теплое время года преобладают северо-западные ветры, а в холодное — юго-западные. Загрязнение воздуха представляет наибольшую угрозу для столичной экологии. В Северном, Южном и Центральном районах Москвы существуют зоны с довольно плотной жилой застройкой, для которых характерны низкие



скорости ветра (0–2 м/с) и частая повторяемость штилей весной и летом, что способствует оседанию выбросов [14]. Поскольку более 90 % всех вредных выбросов приходится на транспорт [1; 15–17], самыми экологически опасными зонами, особенно в безветренную погоду, являются районы, прилегающие к крупным магистралям, а также центр города.

Естественный ход температуры, распределение осадков, влажности, солнечного сияния и ветровой режим значительно изменяются в связи с большой площадью асфальтовых покрытий и зданий. Возникающий над большим городом «остров тепла» выражен в Москве весьма отчетливо. В результате температура в целом по городу на 1,5–2 °С выше, чем в окрестностях [14], что в летний период способствует формированию городского бриза [18].

Территория Москвы относится к Среднерусской провинции Восточно-Европейской суббореальной лесной области. В почвенном покрове фоновых районов доминируют дерново-подзолистые суглинистые почвы с контрастным текстурно-дифференцированным профилем [19]. Естественные почвы в лесопарках Москвы занимают 48–60 % площади [20]. Растительность Москвы представлена в основном искусственными насаждениями с преобладанием липы мелколистной, гибридов тополей, ясеня пенсильванского, кленов ясенелистного и платановидного [21].

**Техногенное воздействие.** Москва — самый населенный город России и Европы. В настоящее время Московская агломерация насчитывает 16,7 млн чел., к 2025 г. эта цифра может вырасти до 21 млн чел. [22].

По данным МВД России [23], в 2017 г. автомобильный парк столицы насчитывал около 4,6 млн единиц, из которых 90,4 % составляли легковые автомобили, 8,5 % — грузовые автомобили, 1,1 % — автобусы. Москва концентрирует 9 % автопарка России, при этом ежегодные выбросы составляют более 1 млн т загрязняющих веществ [24]. Доля выбросов в атмосферу от передвижных источников в среднем по России в 2016 г. составила 44,7 % [25], в то время как по Москве этот показатель превысил 93 % [1; 15–17; 24].

Ежегодно на 8–10 % увеличиваются количество автотранспорта и его вклад в загрязнение городской среды [1; 15–17; 24]. Автотранспорт является источником ТММ за счет выхлопных газов, истирания шин и тормозных колодок, абразии дорожного покрытия и выдувания дорожной пыли и частиц почвы, накапливающихся вдоль бордюров [1]. В последнее десятилетие наблюдается сокращение выбросов от передвижных источников из-за обновления автомобильного парка и улучшения качества топлива [15].

В Москве расположено более 340 тыс. предприятий, в том числе 2800 крупных промышленных объектов, 39 тыс. жилых зданий, 15 ТЭЦ и 53 тепловые станции [24]. Ежегодные выбросы от стационарных источников составляют более 60 тыс. т [10]. За 1990–2015 гг. объем выбросов от стационарных источников в Москве сократился в 4 раза (в целом по стране в 2 раза) из-за закрытия или вывода ряда предприятий в соседние регионы и реновации оставшихся в столице производств, в частности ТЭЦ и Московского НПЗ. Однако около 18,8 тыс. га, или 17 % площади Москвы в границах 2010 г., все еще занято промзонами [17].

Производственная деятельность во многих из них уже свелась к минимуму, но в них остаются стационарные непромышленные источники выбросов — полигоны твердых бытовых отходов, АЗС, автомойки, медицинские учреждения, лаборатории, мелкие котельные [15; 26].

Постоянный рост численности населения и автотранспорта ведет к усилению техногенной нагрузки на городскую среду и оказывает негативное воздействие на состояние почвенного покрова. Техногенные факторы почвообразования становятся преобладающими в Москве, формируя в новых экологических условиях специфические группы почв и сложный почвенный покров. На территории Москвы преобладают антропогенные почвы, среди которых наиболее распространены урбаноземы и квазиземы [27]. Для почв Москвы характерно нарушенное строение профиля, несогласованное залегание горизонтов, наличие антропогенных горизонтов с высокой степенью загрязнения широким спектром ТММ. Загрязняющие вещества осаждаются из атмосферы на поверхность городских почв и накапливаются в них, изменяя морфологические и физико-химические свойства верхних горизонтов [28]. Мощность антропогенно-преобразованной толщи значительно варьирует и составляет от нескольких сантиметров до 1 и более метра. В большинстве случаев для городских почв отмечено снижение мощности гумусовых горизонтов до 2–4 см, нейтральная или близкая к нейтральной реакция среды (рН 6,6–7,5), которая способствует снижению скорости миграции ТМ [29].

### Материалы и методы исследования

Сеть почвенного мониторинга сформирована с учетом территориального деления и функционального зонирования Москвы. Она состоит из 1333 площадок постоянного мониторинга, среди которых ежегодно обследуется около 200–300 площадок (рис. 1), где смешанные пробы почв, состоящие из 5 индивидуальных, отбираются с глубины 0–20 см методом конверта с площади 1 м<sup>2</sup>. Содержание ТММ в пробах анализируется приближенно-количественным спектральным методом, Нг — методом атомной абсорбции с термической возгонкой паров ртути, БаП — методом высокоэффективной жидкостной хроматографии [9; 10].

Характер использования городских территорий играет ведущую роль в формировании техногенных геохимических аномалий [30], поэтому для учета этого фактора нами проведено функциональное зонирование территории. При зонировании все точки почвенного мониторинга отнесены к одной из четырех зон: транспортной, промышленной, селитебной и рекреационной. Статистическая обработка данных выполнена в пакете STATISTICA 10.

Экологическая опасность загрязнения почв оценивалась на основе гигиенических нормативов — предельно допустимых концентраций (ПДК) для 6 поллютантов и ориентировочно допустимых (ОДК) — для As и Cd [31; 32]. Вычислялся коэффициент экологической опасности  $K_o = C_i / \text{ПДК}_i$ , где  $C_i$  — содержание  $i$ -го поллютанта в городской почве.

Геохимическая неоднородность почвенного покрова и влияние природно-антропогенных факторов на аккумуляцию ТММ и БаП в городских почвах оце-

нивались в программном пакете S-PLUS с помощью метода регрессионных деревьев, который заключается в последовательном делении таблицы данных по одному из факторов на две части таким образом, чтобы каждая из них была максимально однородной [33]. Полученные группы характеризуются вариабельностью прогнозируемого признака  $D = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ , где  $\bar{y}$  — среднее значение  $y_i$  по всем  $n$  наблюдениям в группе. Каждая из групп затем делится еще на две части и т.д. Каждое деление можно рассматривать как ветвление по одной из переменных-предикторов; структура и количество ветвей результирующего дерева зависят от числа уровней деления. Процесс разбиения заканчивается, если  $n$  становится меньше заранее установленного (10–15) или если проверка гипотезы о значимости различий между средними значениями с помощью  $t$ -теста дает отрицательный результат. Для каждого конечного узла дендрограммы по  $n$  точкам опробования рассчитываются средняя концентрация элемента и коэффициент ее вариации  $C_v$ . Метод позволяет прогнозировать уровни содержания поллютантов в почвах при различных сочетаниях факторов, а также оценить значимость последних [3; 4; 28].

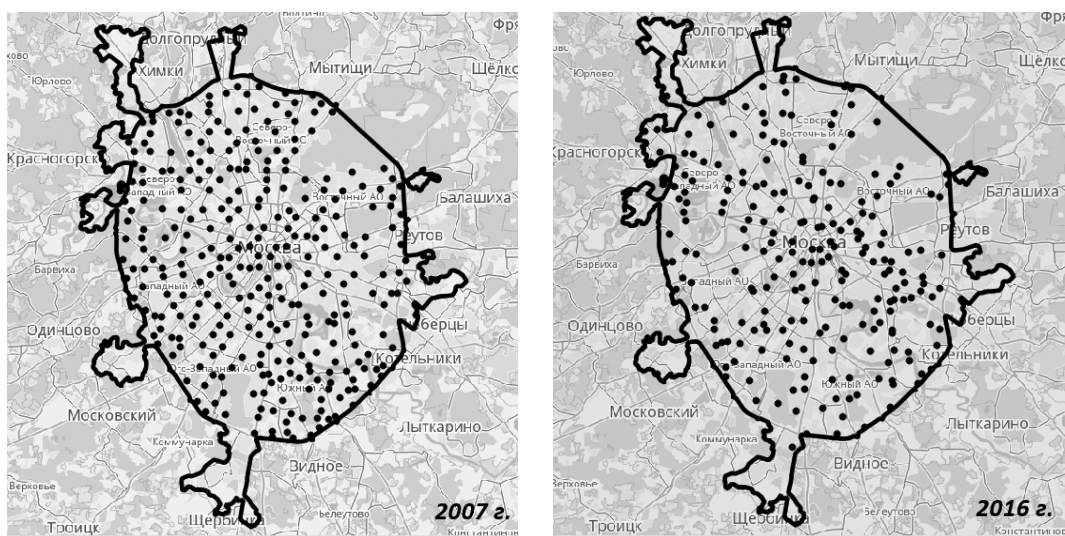


Рис. 1. Точки отбора почвенных образцов в 2007 и 2016 гг.  
[Figure 1. Soil sampling points in 2007 and 2016]

## Результаты и их обсуждение

**Динамика содержания ТММ и БаП в городских почвах.** Исследованы 9 из 12 административных округов в пределах МКАД, которые подвергаются антропогенной нагрузке наиболее длительное время. Многолетние тренды накопления ТММ и БаП в поверхностном горизонте городских почв АО и города в целом выявлены на основе анализа средних содержаний (Mean) поллютантов в почвах округов в 2007 и 2016 гг. и приросту/уменьшению их содержания ( $\Delta$ ) за рассматриваемый период (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Динамика среднего содержания ТММ и БаП (мг/кг) в почвах административных округов Москвы за 2007–2016 гг.  
[Dynamics of average content of heavy metals and metalloids and benzo(a)pyrene (BaP) (mg/kg) in topsoils for administrative districts (ADs) of Moscow in 2007–2016]

	ЦАО Central AD	САО Northern AD	СВАО North- Eastern AD	БАО Eastern AD	ЮВАО South-Eastern AD	ЮАО Southern AD	ЮЗАО South- Western AD	ЗАО Western AD	СЗАО North- Western AD	Москва Entire Moscow	ПДК/ОДК* МРС/ГРС*
Cu	2007	30,2	25,7	69,0	35,0	55,6	35,9	28,3	24,0	14,4	35,8
	2016	64,2	33,8	31,3	43,9	47,2	36,3	37,4	26,6	19,0	38,5
	Δ	<b>+34,0</b>	<b>+8,1</b>	<b>-37,7</b>	<b>+8,9</b>	<b>-8,4</b>	<b>+0,4</b>	<b>+9,1</b>	<b>+2,6</b>	<b>+4,6</b>	<b>+2,7</b>
Zn	2007	191,6	133,4	254,5	140,8	276,8	191,4	179,9	131,0	83,9	177,5
	2016	174,7	111,2	152,3	117,9	154,7	132,7	105,6	101,8	62,0	126,4
	Δ	<b>-16,9</b>	<b>-22,2</b>	<b>-102,2</b>	<b>-22,9</b>	<b>-122,1</b>	<b>-58,7</b>	<b>-74,3</b>	<b>-29,2</b>	<b>-21,9</b>	<b>-51,1</b>
Pb	2007	83,6	32,3	48,3	56,9	97,3	85,1	80,3	47,6	21,3	62,9
	2016	65,8	25,3	31,1	33,9	38,7	37,0	26,5	30,6	18,1	35,0
	Δ	<b>-17,8</b>	<b>-7,0</b>	<b>-17,2</b>	<b>-23,0</b>	<b>-58,6</b>	<b>-48,1</b>	<b>-53,8</b>	<b>-17,0</b>	<b>-3,2</b>	<b>-27,9</b>
Ni	2007	15,3	18,8	19,8	19,8	26,0	25,5	21,9	16,4	15,4	20,4
	2016	17,0	16,1	14,8	15,8	14,7	18,7	20,0	17,4	13,6	16,4
	Δ	<b>+1,7</b>	<b>-2,7</b>	<b>-5,0</b>	<b>-4,0</b>	<b>-11,3</b>	<b>-6,8</b>	<b>-1,9</b>	<b>+1,0</b>	<b>-1,8</b>	<b>-4,0</b>
Cd	2007	0,58	0,62	0,48	0,98	2,09	0,91	0,66	0,35	0,24	0,77
	2016	1,10	0,71	0,65	0,96	1,12	0,62	0,52	0,63	0,35	0,78
	Δ	<b>+0,52</b>	<b>+0,09</b>	<b>+0,17</b>	<b>-0,02</b>	<b>-0,97</b>	<b>-0,29</b>	<b>-0,14</b>	<b>+0,28</b>	<b>+0,11</b>	<b>+0,01</b>
As	2007	3,79	2,35	2,47	3,53	6,42	6,14	5,90	4,58	1,99	4,34
	2016	5,80	5,30	5,50	4,83	5,32	5,34	5,38	5,13	4,08	5,20
	Δ	<b>+2,01</b>	<b>+2,95</b>	<b>+3,03</b>	<b>+1,30</b>	<b>-1,10</b>	<b>-0,80</b>	<b>-0,52</b>	<b>+0,55</b>	<b>+2,09</b>	<b>+0,86</b>
Hg	2007	0,61	0,24	0,33	0,30	0,54	0,32	0,51	0,18	0,15	0,34
	2016	0,38	0,20	0,19	0,19	0,27	0,16	0,16	0,11	0,07	0,20
	Δ	<b>-0,23</b>	<b>-0,04</b>	<b>-0,14</b>	<b>-0,11</b>	<b>-0,27</b>	<b>-0,16</b>	<b>-0,35</b>	<b>-0,07</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,14</b>
BaП	2007	0,516	0,161	0,240	0,318	0,322	0,036	0,011	0,041	0,140	0,175
	2016	0,066	0,044	0,051	0,079	0,061	0,040	0,031	0,031	0,017	0,047
	Δ	<b>-0,450</b>	<b>-0,117</b>	<b>-0,189</b>	<b>-0,239</b>	<b>-0,261</b>	<b>+0,004</b>	<b>+0,020</b>	<b>-0,010</b>	<b>-0,123</b>	<b>-0,128</b>

За 10-летний период содержание Cu, Cd, As в почвах ЦАО и Cd в ЗАО и СЗАО увеличилось вдвое; As в САО, СВАО и ВАО — в 1,4–2,3 раза (рис. 2). Содержание Zn (рис. 3), Pb (рис. 4) и Hg стало ниже во всех АО. В среднем по Москве в 2016 г. содержание всех элементов понизилось или осталось неизменным, за исключением As, содержание которого в почвах выросло на 20 %. Концентрация BaП (рис. 5) уменьшилась в 4–8 раз практически во всех округах. Несмотря на увеличение содержания BaП в ЮАО и ЮЗАО, оно остается ниже среднего содержания этого полиарена по Москве.

Такие результаты могут свидетельствовать об улучшении экологической ситуации в Москве за последнее десятилетие. Снижение содержания ТММ в почвах Москвы может быть обусловлено значительным сокращением выбросов от промышленных источников из-за их закрытия во время кризиса, процессами реновации производств, а также ужесточением экологических норм и улучшением качества топлива [15]. Однако это утверждение спорно по нескольким причинам. Во-первых, содержание многих опасных ТММ (Se, Tl, Sb, Th, U, Ba) в почвах России неизвестно [34; 35], в Москве они определяются эпизодически и только в отдельных районах города [1; 36]. Во-вторых, в почвах Москвы выявлено многократное превышение гигиенических нормативов токсичными элементами Sb, Mo, W, Cr, Bi [37; 38], но при ежегодном почвенном мониторинге эти ТММ не определяются, что можно объяснить недооцениванием опасности этих поллютантов.

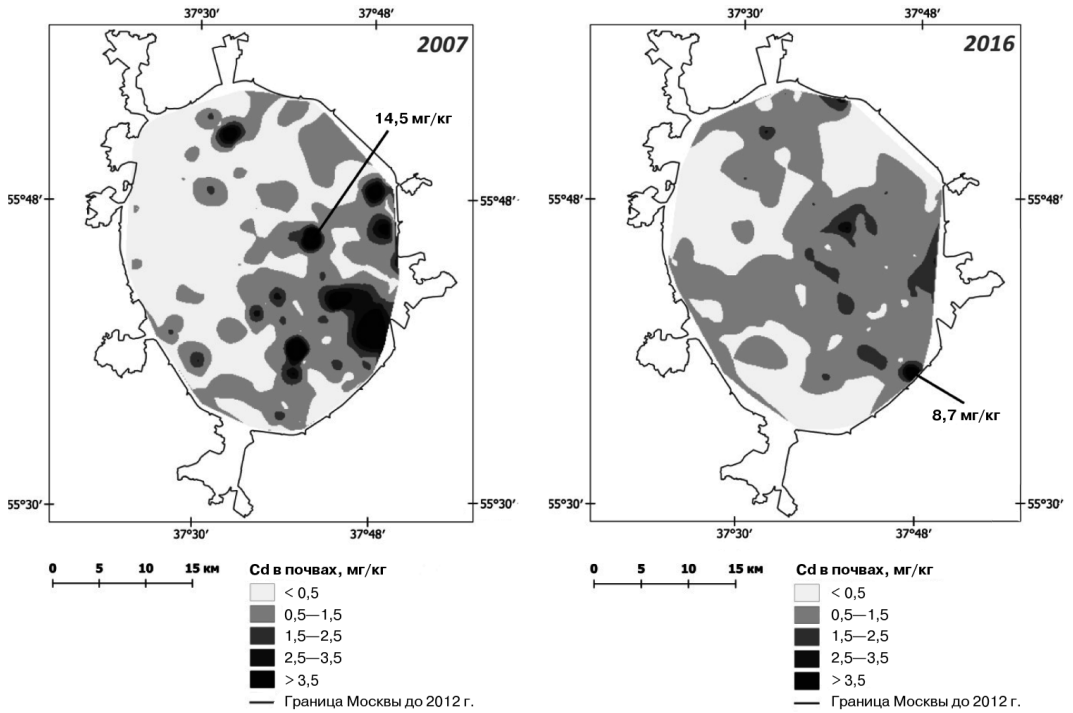
Многолетняя динамика содержания ТММ и BaП в почвенном покрове Москвы (рис. 6) характеризуется уменьшением среднего содержания (Mean) изучаемых элементов, за исключением As. Стандартное отклонение (SD) для Cu, Ni, Pb, Hg и BaП за текущее десятилетие также понизилось, т.е. разброс значений стал меньше.

**Факторы формирования техногенных аномалий ТММ и BaП.** Как известно, специфика и уровень техногенной нагрузки на городские почвы, т.е. интенсивность поступления поллютантов, определяются видом использования территории [39], а уровень их накопления зависит от фиксирующей способности почв. Для выяснения влияния природно-антропогенных факторов на аккумуляцию ТММ и BaП в городских почвах был проведен многофакторный регрессионный анализ. Статистические модели, отражающие дифференциацию поверхностного слоя почв по содержанию ТММ и BaП в 2007, 2012 и 2016 гг., строились в зависимости от следующих факторов и условий (табл. 2):

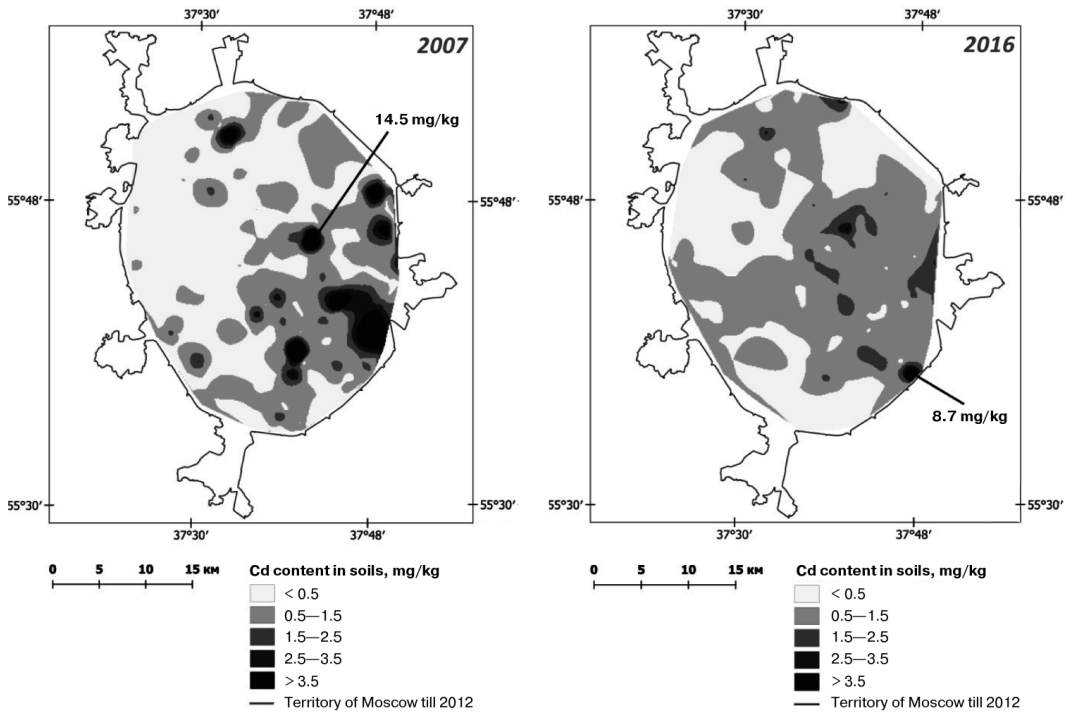
— содержания органического углерода ( $C_{\text{орг}}$ , SOM), который характеризует одну из основных фаз-носителей ТММ [40] и BaП [41];

— кислотно-основных условий ( $pH_{\text{сол}}$ ,  $pH_{\text{sal}}$ ), которые влияют на миграционную способность ТММ;

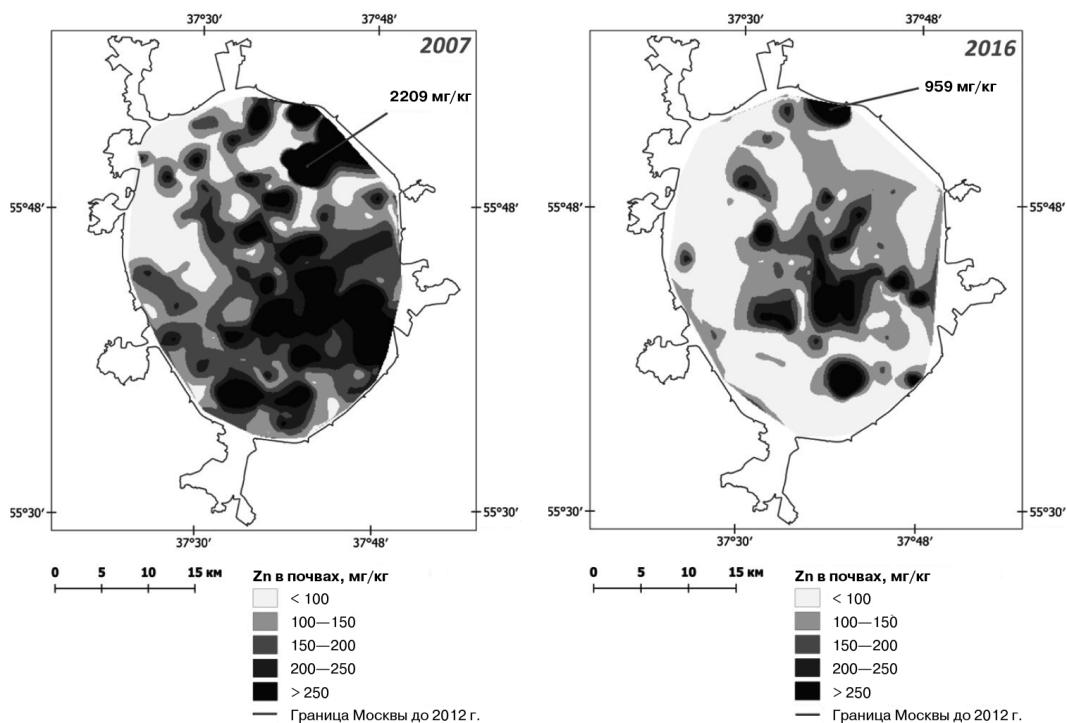
— гранулометрического состава (Гран. с., Texture) почв: содержание тонких (илистой и глинистой) фракций обуславливает способность почвы прочно закреплять ТММ. При отборе почвенных проб сотрудниками ГПБУ «Мосэкомониторинг» выделялись следующие фракции: песок, супесь, легкий, средний и тяжелый суглинки, насыпной грунт (торфяно-песчаная смесь); насыпной грунт, ниже которого супесь; насыпной грунт, перекрывающий суглинок;



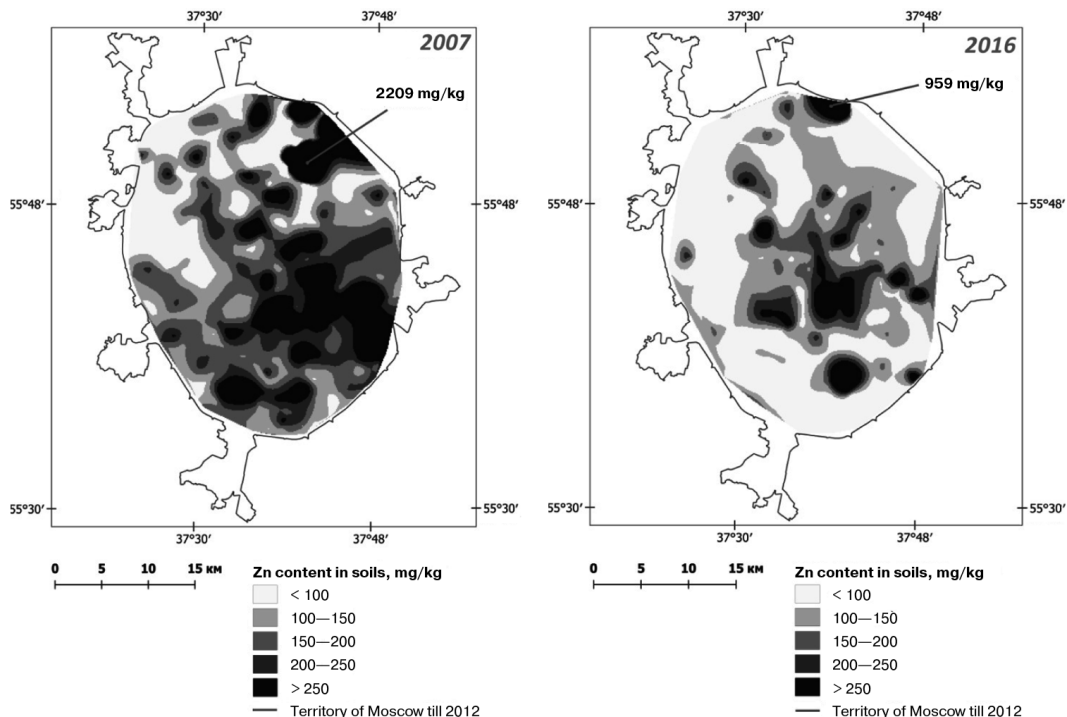
**Рис. 2.** Содержание Cd в почвенном покрове Москвы в 2007 и 2016 гг.



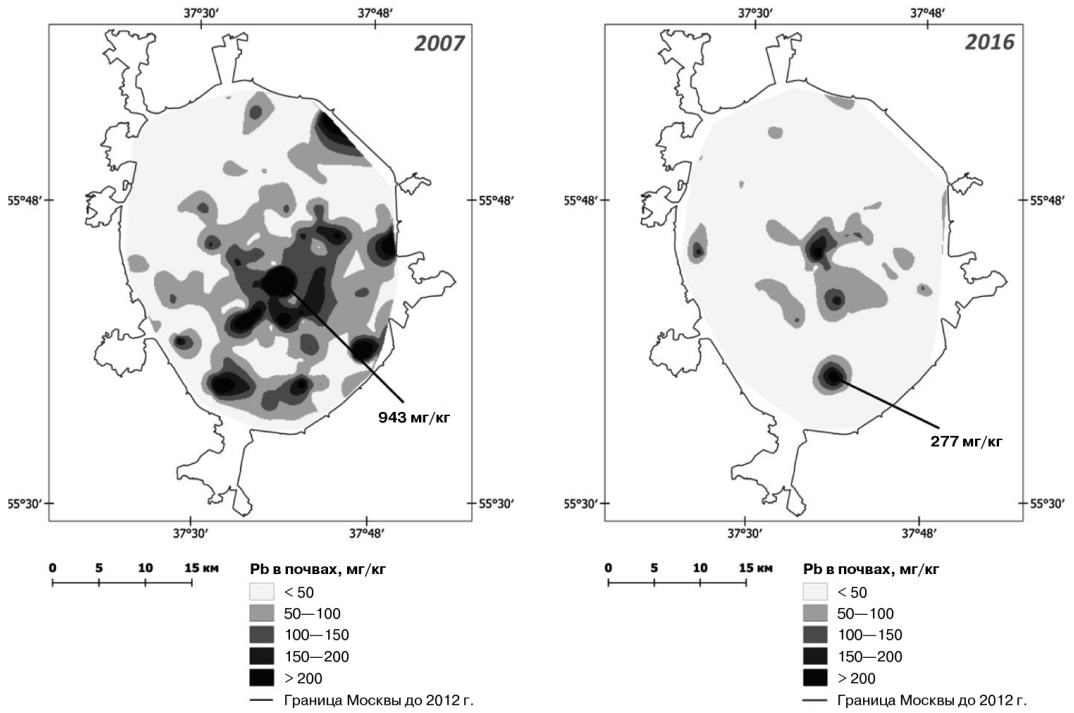
**Figure 2.** The content of Cd in the soil cover of Moscow in 2007 and 2016



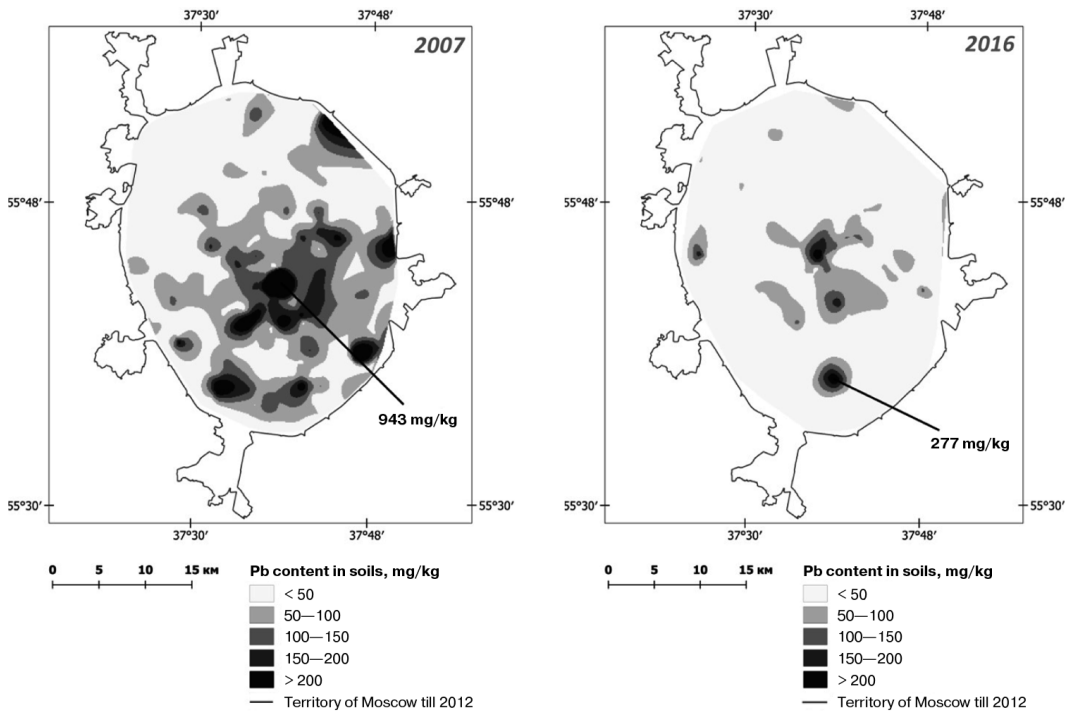
**Рис. 3.** Содержание Zn в почвенном покрове Москвы в 2007 и 2016 гг.



**Figure 3.** The content of Zn in the soil cover of Moscow in 2007 and 2016



**Рис. 4.** Содержание Pb в почвенном покрове Москвы в 2007 и 2016 г.



**Figure 4.** The content of Pb in the soil cover of Moscow in 2007 and 2016



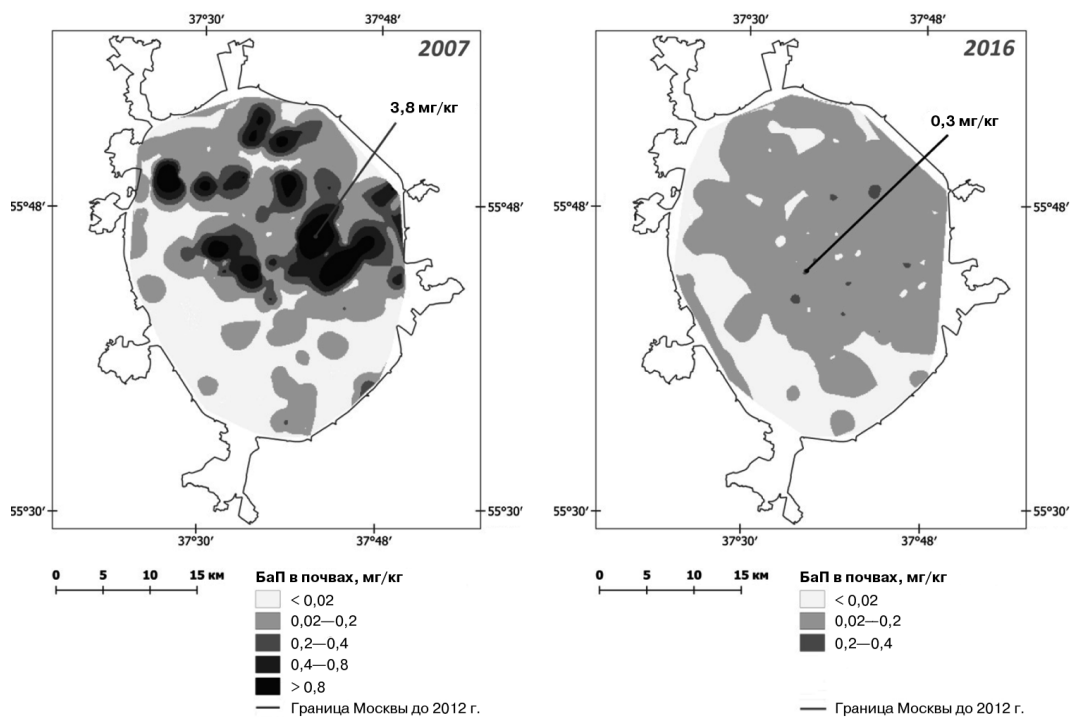


Рис. 5. Содержание БаП в почвенном покрове Москвы в 2007 и 2016 гг.

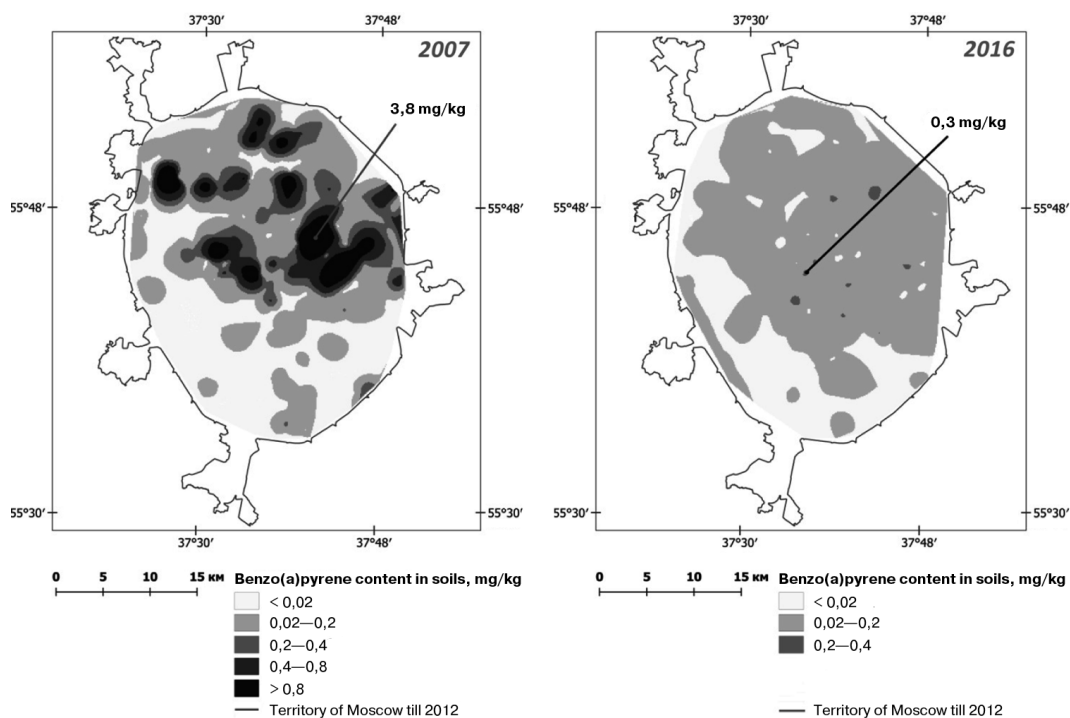
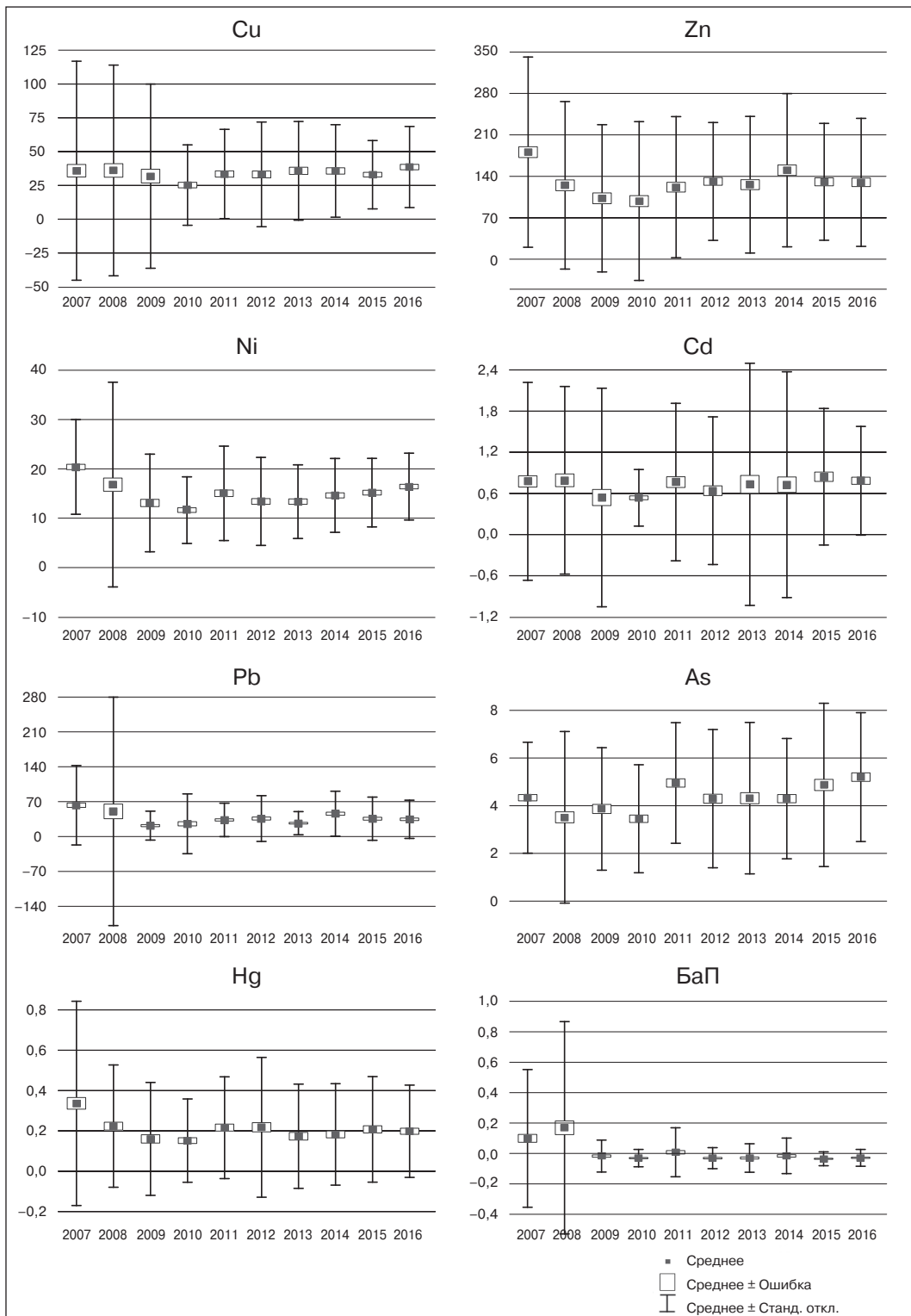
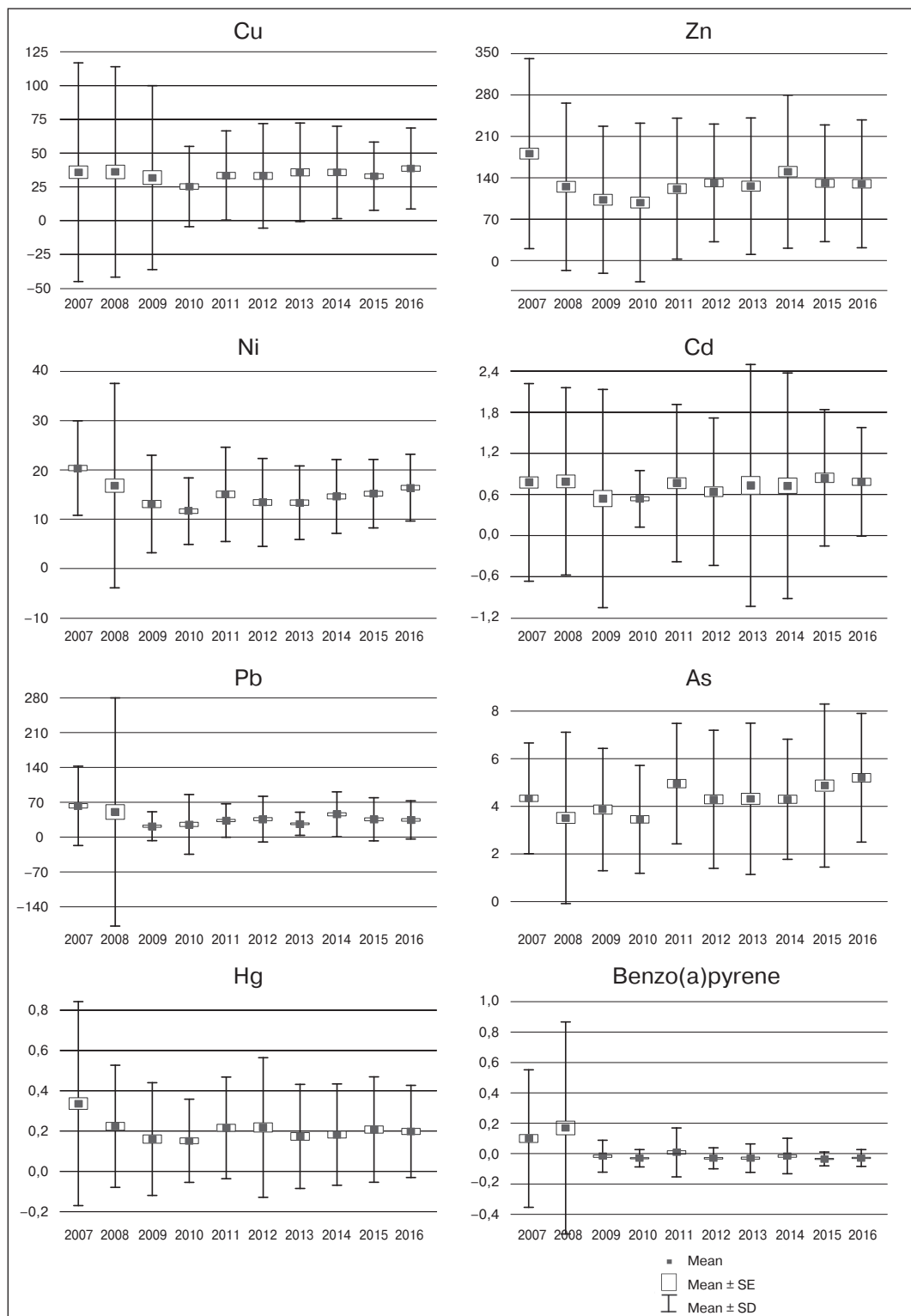


Figure 5. The content of benzo(a)pyrene in the soil cover of Moscow in 2007 and 2016



**Рис. 6.** Многолетняя динамика содержания ТММ и бенз(а)пирена (мг/кг) в почвенном покрове Москвы



**Figure 6.** Long-term dynamics of heavy metal, metalloid and benzo(a)pyrene content (mg/kg) in the soil cover of Moscow

— функционального назначения городских территорий (ФЗ, LUZ), которое определяет характер и интенсивность техногенной геохимической нагрузки и, таким образом, играет ведущую роль в формировании геохимических аномалий [39]. На территории Москвы выделены следующие функциональные зоны (ФЗ): транспортная, промышленная, селитебная, рекреационная;

— пространственного фактора, выраженного через принадлежность к АО (AD): каждый округ уникален по составу и количеству источников загрязнения, а также положению относительно преобладающих ветров, способствующих атмосферному переносу ТММ. В Москве выделены 12 АО, однако в исследовании участвуют только 9 ограниченные МКАДом: ЦАО, САО, СВАО, ВАО, ЮВАО, ЮАО, ЮЗАО, ЗАО, СЗАО.

Результаты расчетов по методу регрессионных деревьев (табл. 2) выявили особенности накопления отдельных поллютантов.

*Кадмий.* Накопление Cd в почвах Москвы контролируется их гранулометрическим составом, содержанием  $C_{орг}$  и зависит от местоположения на территории Москвы в границах того или иного АО. Содержание Cd максимально в почвах тяжелого грансостава, а также при высоких содержаниях органического вещества. Лидером по загрязнению почв Cd является ЮВАО: содержание Cd в 2007 г. было более чем в 3 раза выше, чем в остальных округах (2,1 против 0,63 мг/кг). В 2012 и 2016 гг. к ЮВАО присоединились СВАО, ЮАО и ЦАО, ВАО соответственно. При этом аккумуляция Cd усиливалась с увеличением  $C_{орг}$ . Так, в 2012 г. среднее содержание Cd в почвах ЮВАО было почти вдвое выше, чем в остальных округах, а при  $C_{орг} > 7,8 \%$  оно возрастало еще вдвое — с 0,84 до 1,70 мг/кг. В 2016 г. в почвах ЦАО, ВАО, ЮВАО при  $C_{орг} > 6,1 \%$  содержание Cd увеличивалось на 63 %.

Наименьшее количество Cd характерно для почв легкого гранулометрического состава — практически вдвое меньше, чем в почвах тяжелого грансостава. Такое же уменьшение содержания Cd наблюдалось в западной и южной частях города (СЗАО, ЗАО, ЮЗАО и ЮАО) при  $C_{орг} < 6,1 \%$ .

*Медь.* Наиболее важными факторами аккумуляции Cu являются свойства почв — реакция среды и содержание органического вещества, при этом уровни содержания Cu сильно варьируют от округа к округу. Обратная зависимость между кислотностью почв и содержанием Cu характерна для всех рассматриваемых годов. В кислой и нейтральной средах (при  $pH_{сол} < 7,5$ ) среднее содержание Cu было в 2007 г. в 3 раза ниже, чем в щелочной — 30,2 и 94,4 мг/кг соответственно. Наибольшее содержание Cu отмечено при содержании органического вещества в диапазоне 5,1–10,9 %, наименьшее — при  $C_{орг} < 5,1 \%$ . В целом за 10-летний период в большинстве АО содержание Cu увеличилось (см. табл. 1). Ее ускоренное накопление выявлено в почвах ЦАО, ВАО и ЮВАО, где среднее содержание Cu в 2016 г. составило 51,5 мг/кг, что на 34 % выше, чем в среднем по Москве.

Наименее благоприятные условия для аккумуляции Cu сложились в почвах западной части Москвы (СЗАО, ЗАО и ЮЗАО), причем минимальное накопление Cu в почвах наблюдалось при нейтральной и кислой реакциях среды и невысоком содержании  $C_{орг}$ .

Таблица 2

**Факторы накопления ТММ и БаП в поверхностном горизонте почв Москвы  
и их значимость в разные годы наблюдений**

Год	Факторы	Тяжелые металлы, металлоиды и БаП							
		Cu	Zn	Ni	Cd	Pb	As	Hg	БаП
2007	C <sub>орг</sub>	2 ±	4, 5 ±	4, 5 ±	4 +		4, 5 ±	2, 5, 6 ±	4 +
	pH <sub>сол</sub>	1, 3 +	2, 4, 5, 6 ±	3 ±	5 ±	1, 3, 4, 5 +	5 +	2, 4 +	3 +
	Гран. с.	4	3	2	3, 4	3	3	4, 5	2
	ФЗ	5		2, 4		4	3	4	
	АО	2, 3, 6	1	1, 3	1, 2, 3	2, 5	1, 2	1, 3	1, 2, 4
2012	C <sub>орг</sub>	3, 4 ±	2, 3 ±	2, 3 ±	2, 3, 4 ±	2, 3 ±	1, 3 +	2, 3 +	4, 5 ±
	pH <sub>сол</sub>	3 +							3, 5 ±
	Гран. с.	2, 3	1	1	2, 3	1	4	3, 4	3
	ФЗ			5		4	3	3	2
	АО	1, 2	2, 3, 4	2, 3, 4	1, 3	2, 3, 5	2, 4	1, 2	1, 2, 4
2016	C <sub>орг</sub>	2 +	2, 3 ±	2, 4 ±	2, 3 ±	4 ±	1, 2, 4 ±	2 +	3, 4 ±
	pH <sub>сол</sub>	3, 4 +			5 ±	3 ±		2 +	
	Гран. с.		3	1	2	2, 4		5	1, 3
	ФЗ	3	4	2	4	3		4	
	АО	1, 2	1, 2, 4	3, 4	1, 3	1, 2, 5	2, 3, 4, 5	1, 3	2, 5

*Примечание.* Ранги от 1 до 5 показывают уменьшение значимости фактора. Знаки «+» и «-» отражают соответственно прямую и обратную зависимости содержания ТММ или БаП от того или иного фактора; знак «±» показывает неоднозначность влияния фактора. Для качественных переменных характер связи не определялся.

Table 2

**Factors of HMM and BaP accumulation in the topsoils of Moscow and their importance  
in different years of observation**

Year	Factors	Heavy metals and metalloids and benzo(a)pyrene							
		Cu	Zn	Ni	Cd	Pb	As	Hg	BaP
2007	SOM	2 ±	4, 5 ±	4, 5 ±	4 +		4, 5 ±	2, 5, 6 ±	4 +
	pH <sub>sal</sub>	1, 3 +	2, 4, 5, 6 ±	3 ±	5 ±	1, 3, 4, 5 +	5 +	2, 4 +	3 +
	Texture	4	3	2	3, 4	3	3	4, 5	2
	LUZ	5		2, 4		4	3	4	
	AD	2, 3, 6	1	1, 3	1, 2, 3	2, 5	1, 2	1, 3	1, 2, 4
2012	SOM	3, 4 ±	2, 3 ±	2, 3 ±	2, 3, 4 ±	2, 3 ±	1, 3 +	2, 3 +	4, 5 ±
	pH <sub>sal</sub>	3 +							3, 5 ±
	Texture	2, 3	1	1	2, 3	1	4	3, 4	3
	LUZ			5		4	3	3	2
	AD	1, 2	2, 3, 4	2, 3, 4	1, 3	2, 3, 5	2, 4	1, 2	1, 2, 4
2016	SOM	2 +	2, 3 ±	2, 4 ±	2, 3 ±	4 ±	1, 2, 4 ±	2 +	3, 4 ±
	pH <sub>sal</sub>	3, 4 +			5 ±	3 ±		2 +	
	Texture		3	1	2	2, 4		5	1, 3
	LUZ	3	4	2	4	3		4	
	AD	1, 2	1, 2, 4	3, 4	1, 3	1, 2, 5	2, 3, 4, 5	1, 3	2, 5

*Note.* Ranks from 1 to 5 show a decrease in the significance of the factor. The signs “+” and “-” mean the direct and inverse relationship between the content of HMM or BaP and a factor respectively; the “±” sign shows the ambiguity in the influence of the factor. For qualitative variables, the pattern of relationship was not determined.

*Мышьак.* Значимыми факторами дифференциации почв по содержанию As являются функциональная и административная принадлежность территории. Наименьшее содержание As обнаружено в селитебной зоне, наибольшее — в рекреационной. В 2007 г. самыми загрязненными были ЮВАО, ЮАО, ЮЗАО, ЗАО, где среднее содержание As в почвах — 5,73 мг/кг ( $n = 162$  пробы) — было почти в 2 раза больше, чем в остальных округах — 2,81 мг/кг ( $n = 148$ ). В 2016 г. лидерами по загрязнению As стали ЦАО и СВАО.

Аккумуляция As в почвах прямо пропорциональна содержанию органического вещества, которое фиксирует As. Так, в 2012 и 2016 гг. при  $C_{орг} > 10\%$  выявлено увеличение содержания As на 42–51 %. Условиями наименьшей аккумуляции As являются: минимальное содержание в почвах  $C_{орг}$ , приуроченность территории к ВАО, ЗАО, СЗАО и селитебной ФЗ.

*Никель.* Ведущими факторами накопления Ni в почвах Москвы являются их свойства — гранулометрический состав и содержание органического углерода, а также местоположение на территории Москвы в пределах того или иного АО. Наиболее загрязненным является юг города (ЮВАО, ЮАО, ЮЗАО), однако здесь наметилась положительная тенденция — за 10-летний период почвы стали чище в 1,1–1,7 раза (см. табл. 1). Почвы тяжелого гранулометрического состава отличаются повышенным в 1,5–2 раза содержанием Ni по сравнению с песчаными и супесчаными почвами. Влияние органического вещества неоднозначно: в некоторых пробах с пониженным  $C_{орг}$  количество Ni повышено, в других — содержание Ni максимально при  $C_{орг}$  около 8 % и минимально при  $C_{орг} < 4,9\%$ . Это можно объяснить неоднородностью состава органического вещества в разных ФЗ. Если в рекреационной и селитебной зонах оно представлено природными фракциями гумуса [42], то вблизи промзон и автомагистралей в его составе преобладают труднорастворимые органические соединения, источниками которых являются асфальтовое покрытие, выбросы промышленных предприятий и автотранспорта [43].

Наименьшее содержание Ni зафиксировано в песчаных и супесчаных почвах при  $C_{орг} < 4,9\%$  в четырех округах — СВАО, СЗАО, ВАО, ЗАО.

*Ртуть.* К наиболее значимым факторам аккумуляции Hg относятся кислотность почв, содержание  $C_{орг}$ , а также пространственное положение территории. Накопление Hg заметно (в 1,5–2 раза) усиливается в щелочных почвах. Так, в 2007 г. наибольшее содержание Hg было обнаружено при  $pH_{сол} > 7,2$  в ЦАО, ЮВАО и ЮЗАО, а в 2016 г. — при  $pH_{сол} > 6,9$  в ЦАО. На протяжении 10 лет исследований наиболее загрязненными Hg оставались два округа — ЦАО и ЮВАО, где содержание Hg было в 2 и более раз выше, чем в других округах.

Факторы, препятствующие аккумуляции Hg в почвах, — кислая среда, в которой ртуть мобильна и выносится из почвенного профиля, и низкое содержание  $C_{орг}$ . Выявлена прямая зависимость между содержанием Hg и органического вещества, способствующего закреплению Hg в почвах. Так, в 2007 г. наиболее чистыми были почвы с  $C_{орг} < 2,4\%$ , в 2016 г. — с  $C_{орг} < 4,8\%$ . Различия в пороговых значениях  $C_{орг}$  объясняются активной рекультивацией городских почв с подсыпкой торфо-песчаных смесей, обогащенных органическим веществом.

*Свинец.* На аккумуляцию Pb влияет множество факторов: почвенные свойства ( $pH_{\text{кол}}$ ,  $C_{\text{орг}}$ , гранулометрический состав), пространственное положение и функциональная принадлежность территории (рис. 7). Округа, лидирующие по содержанию Pb, — ЦАО, ЮВАО, ЮАО. В большинстве случаев в транспортной и промышленной ФЗ количество Pb в 1,5 раза выше, чем в остальных зонах. Подщелачивание почв вызывает усиление аккумуляции Pb. По данным 2007 г., в щелочных почвах ( $pH_{\text{кол}} > 7,3$ ) содержание Pb было в среднем в 2 раза выше, чем в кислых и нейтральных — 51,7 мг/кг ( $n = 249$  проб) и 109 ( $n = 61$ ) соответственно. В 2012 г. влияние pH выявить не удалось. В 2016 г. в почвах ЮВАО и ЮАО при щелочной реакции среды ( $pH_{\text{кол}} > 6,9$ ) содержание Pb повышалось более чем в 2 раза. Исключение составили ВАО и ЗАО, где в 2016 г. при  $pH_{\text{кол}} > 6,9$  содержание Pb снижалось в 1,5 раза, что можно объяснить рекультивационными мероприятиями с подсыпкой незагрязненных Pb торфо-песчаных смесей.

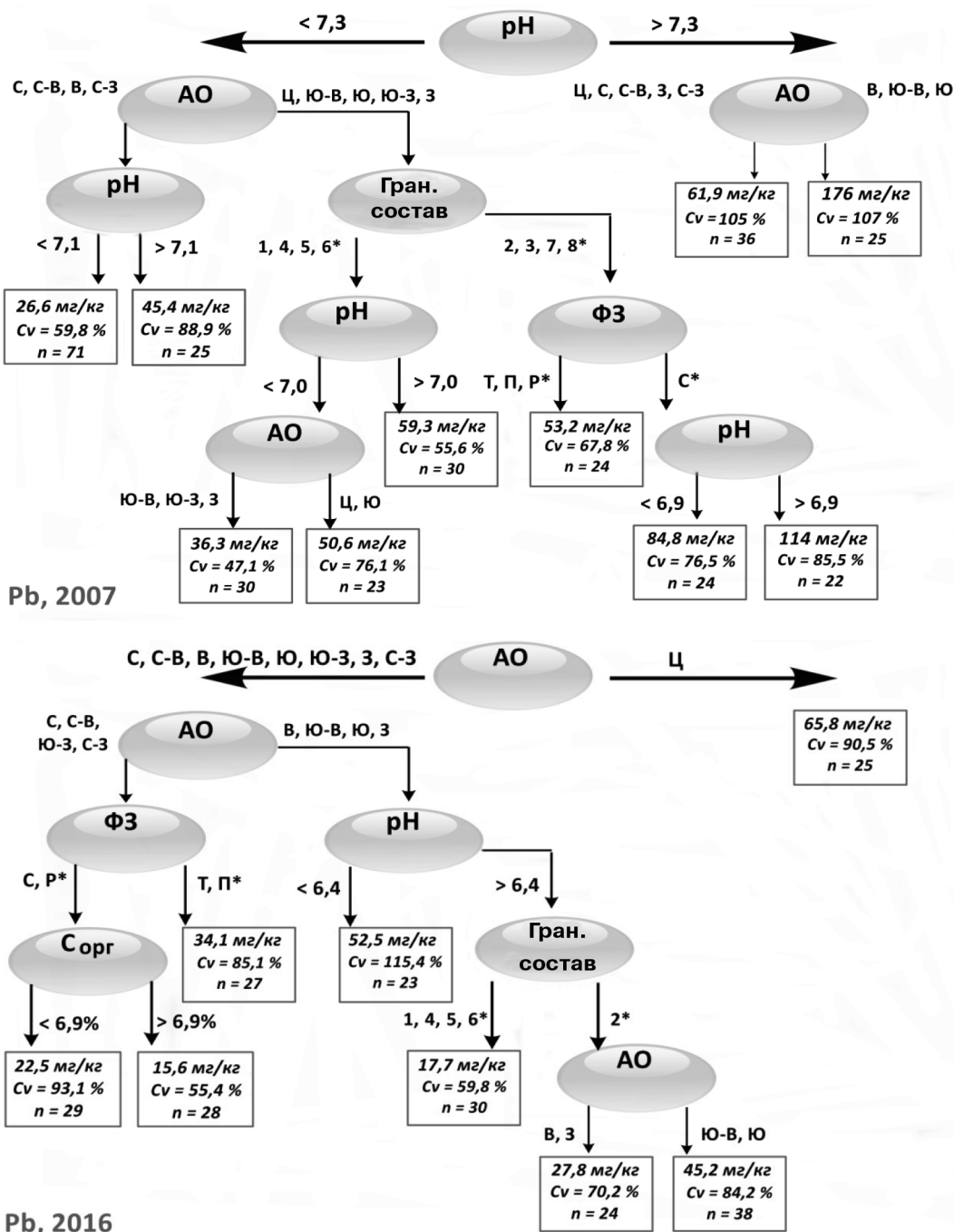
Содержание органического углерода влияет на аккумуляцию Pb в совокупности с другими факторами, четкой взаимосвязи выявить не удалось, что, как было отмечено выше, можно объяснить неоднородностью состава органического вещества в условиях города. Влияние гранулометрического состава почв обусловлено использованием торфо-песчаных смесей: наименьшее содержание Pb в легко-, средне- и тяжелосуглинистых почвах, вдвое больше содержание в насыпном грунте, супесчаных и песчаных почвах с высоким содержанием  $C_{\text{орг}}$ .

Наименее благоприятные условия для накопления Pb сложились в северной и западной частях Москвы (САО, СВАО, СЗАО, ЮЗАО и ЗАО) в почвах легко-, средне- и тяжелосуглинистого грансостава, в которые не вносились торфо-песчаные смеси. Последние обладают повышенной способностью к адсорбции ТММ из-за высокого содержания органического вещества.

*Цинк.* Распределение Zn зависит от гранулометрического состава городских почв и местоположения на территории города. В почвах песчаного, легко-, средне- и тяжелосуглинистого состава среднее содержание Zn в 1,6 раза ниже, чем в супесчаных почвах, образующихся при подсыпке торфо-песчаной смеси, и насыпных грунтах (по данным 2012 г., 94,8 и 150,0 мг/кг соответственно), которые способны более активно аккумулировать ТММ. Почвы с повышенным на 20–22 % содержанием Zn расположены в ЦАО, СВАО, ЮВАО, ЮАО.

Наименьшее количество Zn выявлено в почвах четырех округов — САО, ВАО, ЗАО, СЗАО. Так, в почвах СЗАО в 2016 г. среднее содержание Zn было равно 62,0 мг/кг, что более чем в 2 раза ниже среднегородского значения.

*Бенз(а)пирен.* Уровень содержания БаП в почвах города определяется их гранулометрическим составом и пространственным положением (рис. 8). По данным 2016 г., в легко- и среднесуглинистых почвах содержание БаП в 2,3 раза меньше, чем в супесчаных — 0,026 (по 86 пробам) и 0,060 мг/кг (по 138 пробам) соответственно. Наиболее загрязнены центральная и восточная части города (ЦАО, СВАО, ВАО, ЮВАО). В 2007 г. среднее содержание БаП (0,339 мг/кг, 121 проба) в них было почти в 5 раз больше, чем в остальных округах (0,069 мг/кг, 189 проб). В 2012 г. лидировал ВАО со средним содержанием БаП в почвах 0,102 мг/кг (21 проба), что почти втрое больше, чем в других АО (0,039 мг/кг, 212 проб).



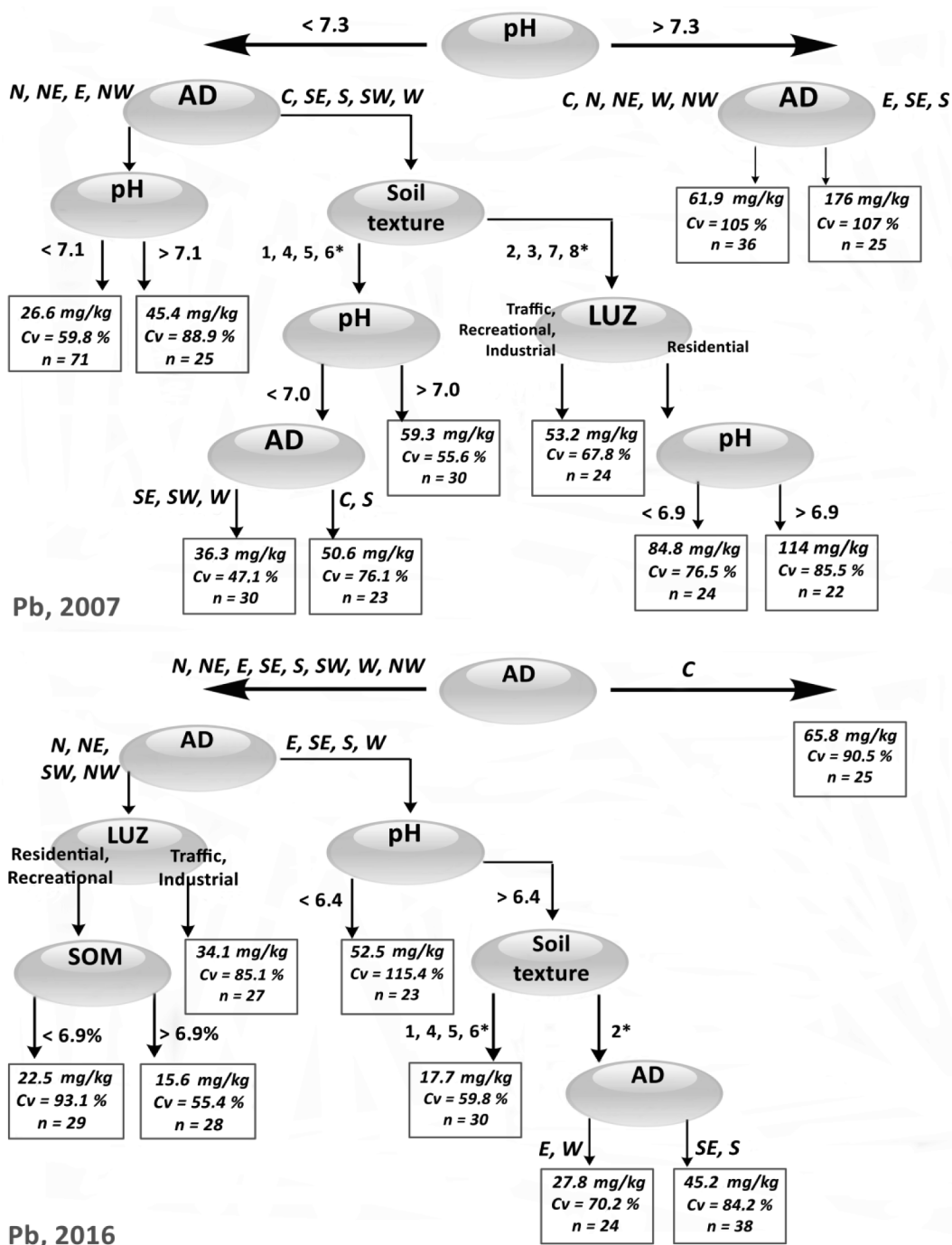
**Рис. 7.** Природно-антропогенные факторы (в овалах) распределения Pb (в прямоугольниках) в почвенном покрове Москвы. Для каждого конечного узла приводится средняя концентрация Pb, коэффициент вариации Cv и число точек опробования л.

Градации гранулометрического состава почв:  
 1 — насыпной грунт; 2 — супесь; 3 — насыпной грунт, под которым супесь; 4 — легкий суглинок; 5 — средний суглинок; 6 — песок; 7 — тяжелый суглинок; 8 — насыпной грунт, под которым суглинок.

Функциональные зоны:

Т\* — транспортная, П\* — промышленная, Р\* — рекреационная, С\* — селитебная

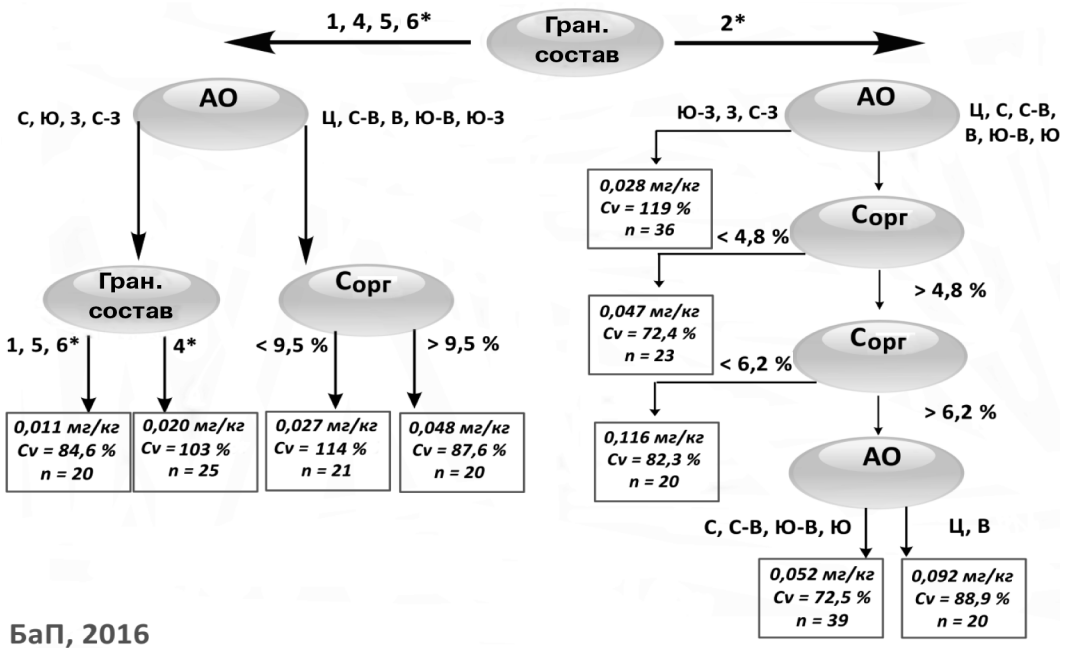
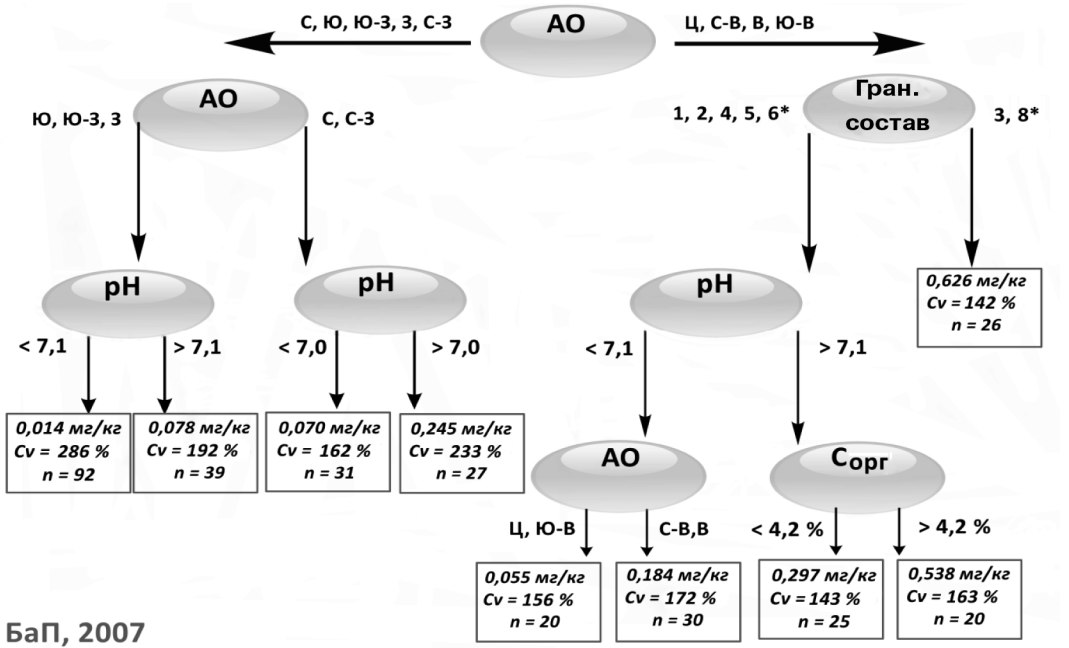




**Figure 7.** Natural and anthropogenic factors (in ovals) distribution of Pb (in boxes) in the soil cover of Moscow. The mean concentration of Pb, the coefficient of variation Cv and the number of sampling points *n* are given for each terminal node.

Gradations of soil texture:  
1 — filled soil; 2 — sandy loam; 3 — sandy loam underlain by filled soil; 4 — light loam; 5 — medium loam; 6 — sand;  
7 — clay; 8 — loam underlain by filled soil.

Land-use zones:  
residential, traffic, industrial, recreational



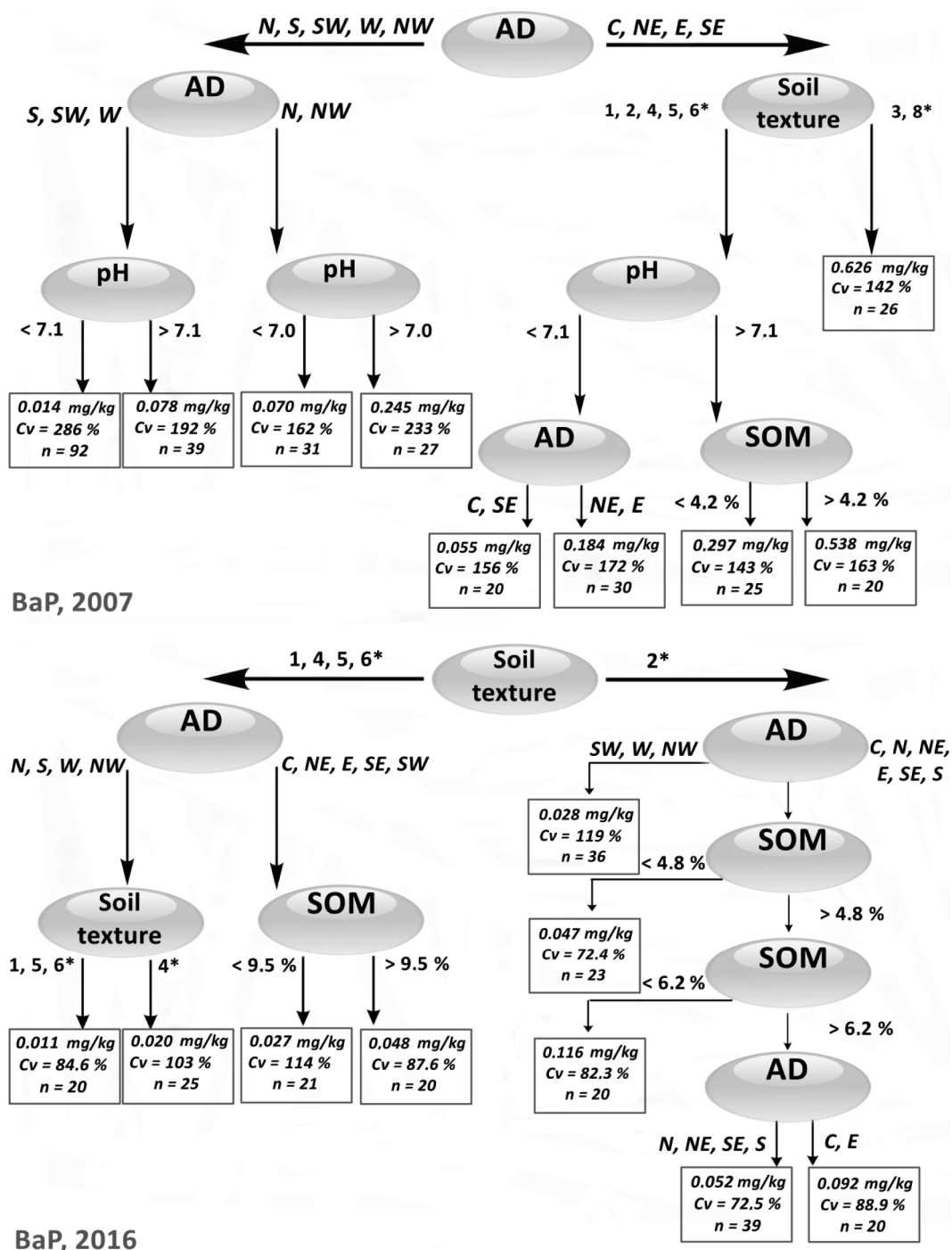
**Рис. 8.** Природно-антропогенные факторы (в овалах) распределения БаП (в прямоугольниках) в почвенном покрове Москвы.

Градации гранулометрического состава почв:

1 — насыпной грунт; 2 — супесь; 3 — насыпной грунт, под которым супесь; 4 — легкий суглинок; 5 — средний суглинок; 6 — песок; 7 — тяжелый суглинок; 8 — насыпной грунт, под которым суглинок.

Функциональные зоны:

T\* — транспортная, П\* — промышленная, P\* — рекреационная, C\* — селитебная



**Figure 8.** Natural and anthropogenic factors (in ovals) distribution of benzo(a)pyrene (in boxes) in the soil cover of Moscow.

Gradations of soil texture:

1 — filled soil; 2 — sandy loam; 3 — sandy loam underlain by filled soil;  
4 — light loam; 5 — medium loam; 6 — sand; 7 — clay; 8 — loam underlain by filled soil.

Land-use zones:

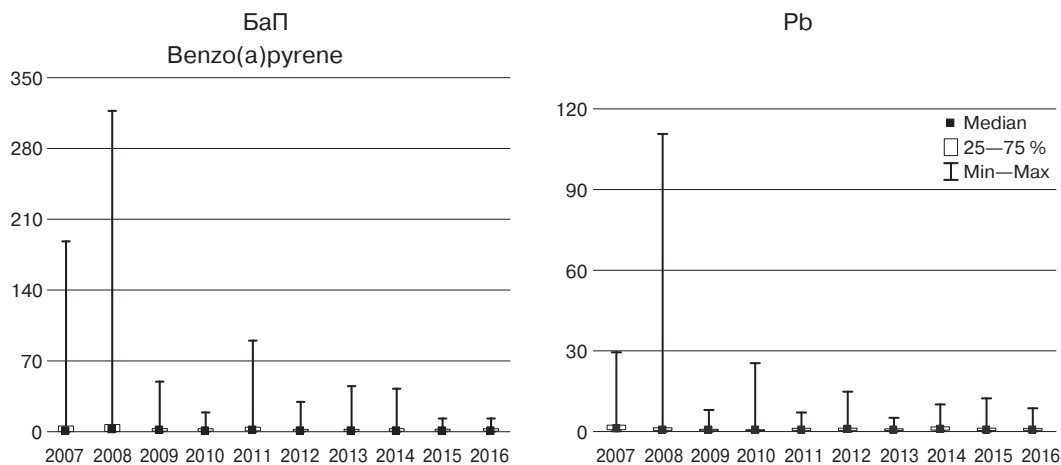
residential, traffic, industrial, recreationa

Наименьшее содержание BaП характерно для насыпных грунтов и средне-суглинистых почв, наиболее чистые АО — ЮАО, ЮЗАО и ЗАО.

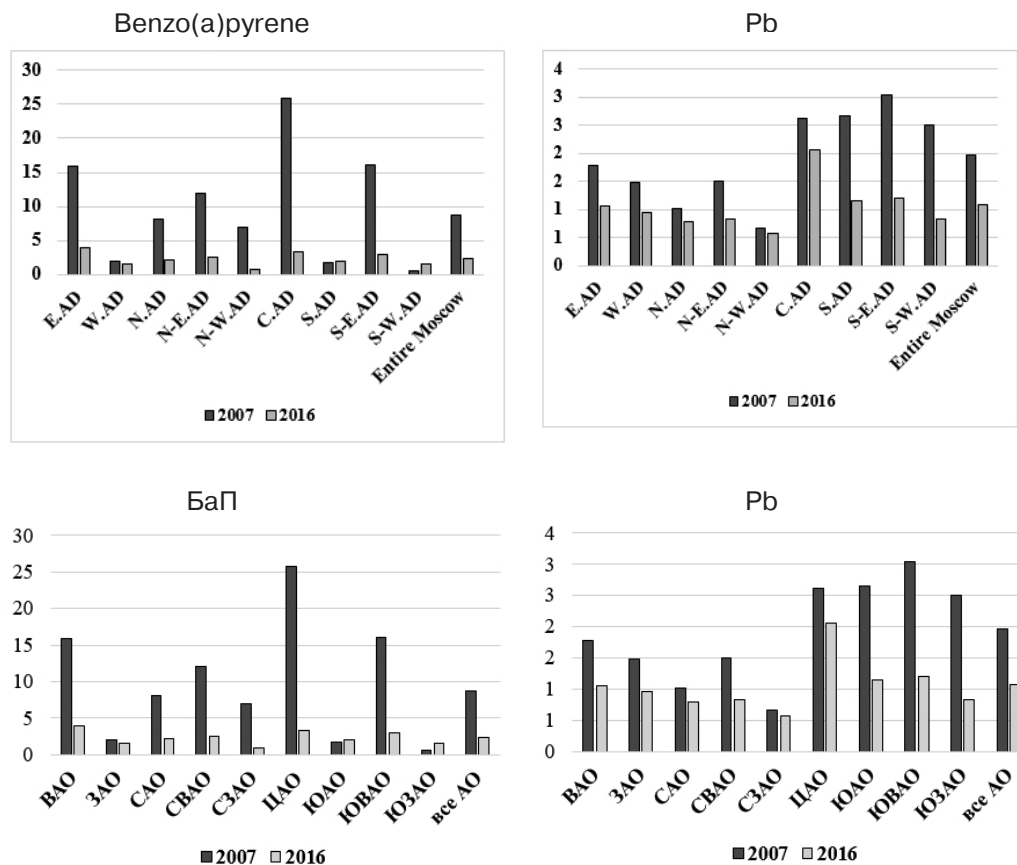
**Оценка эколого-геохимического состояния почв города.** Для оценки экологической опасности загрязнения почв использовались гигиенические нормативы — ПДК (для Cu, Zn, Ni, Pb, Hg и BaП) и ОДК (для As и Cd) [31; 32].

По данным 2007 г., в промышленной ФЗ нормативы превышены в 93 % точек (29 из 31), лидируют Zn и Pb (40 %), Zn (20 %) и Zn и BaП (7 %). В рекреационной ФЗ превышения нормативов зафиксированы в 77 % (33 из 43) точек, в 40 % — по Zn и Pb, в 20 % — по Zn, Pb и BaП, в 13 % — по Zn. Наиболее загрязненный округ выделить не удалось, а все «чистые» точки рекреационной зоны расположены в ЗАО, в СЗАО находится одна «чистая» точка. В транспортной ФЗ 70 % (30 из 43) точек имели превышения нормативов по одному или нескольким поллютантам. Лидеры по загрязнению — BaП (19 %) и ассоциация BaП — Zn — Pb (31 %). В транспортной зоне СВАО и СЗАО все точки пробоотбора имели превышения по одному или нескольким поллютантам. Около половины «чистых» точек расположены в ЮАО. В селитебной ФЗ 91 % (175 из 193) точек с превышением ПДК/ОДК, в основном по Zn и Pb (27 %), Zn, Pb и BaП (25 %) и BaП (18 %). Жилая зона наиболее загрязнена в ЮВАО (в 100 % точек опробования), а также в ВАО, ЗАО, САО, ЮАО, ЮЗАО (более 90 % точек с превышением нормативов по одному или нескольким поллютантам). Таким образом, в 2007 г. лидерами по загрязнению почв Москвы были Zn (с частотой превышения ПДК 70 %), Pb (60 %) и BaП (44 %). Превышения по Hg выявлены в 1 % точек, а содержание в почвах Ni было ниже ПДК.

В 2016 г. в промышленной ФЗ частота превышения нормативов уменьшилась до 80 %. Приоритетными поллютантами остались BaП (16,7 %) и Zn — BaП (16,7 %). В СВАО и ВАО все 100 % точек опробования имеют превышения нормативов, в ЮВАО и САО — более 90 %. Наименее загрязненный округ — ЗАО, в котором располагается половина «чистых» точек. В рекреационной ФЗ частота превышения гигиенических нормативов снизилась до 74 % (в 22 % случаев — по Zn и BaП). В трех округах (ЦАО, САО и ВАО) нормативы превышены повсеместно. В СЗАО нормативы не превышались ни по одному из поллютантов, в нем расположена половина всех «чистых» точек столицы, что связано с влиянием национального парка «Лосиный остров». В транспортной ФЗ количество превышений гигиенических нормативов снизилось до 67 %. Большинство точек загрязнены Zn, Pb и BaП. В ЦАО и ВАО превышения ПДК/ОДК наблюдались повсеместно, треть «чистых» точек опробования расположена в ЮАО. В селитебной зоне частота превышений ПДК/ОДК снизилась до 76 % (22 % точек имели превышения по Cu, Zn, Pb, BaП, 18 % точек — Zn, Pb, BaП, 14 % — Zn и BaП). В жилой зоне ЦАО гигиенические нормативы превышены в 100 % точек, в ВАО, ЮВАО и ЗАО — в более 90 % точек. Наименее загрязнена жилая зона ЮАО, где находится почти треть всех «чистых» точек. Таким образом, в 2016 г. по частоте превышения ПДК поллютанты можно расположить в ряд: BaП (62 %) > Zn (50 %) > Pb (37 %) > Cu, As, Cd. Содержание Ni и Hg нигде не превышает ПДК.



**Рис. 9.** Динамика коэффициентов экологической опасности  $K_0$   
[**Figure 9.** Dynamics of environmental hazard indices  $K_0$ ]



**Рис. 10.** Изменение средних коэффициентов экологической опасности  $K_0$   
по административным округам г. Москвы за 2007—2016 гг.  
[**Figure 10.** Change in the average indices of environmental hazard  $K_0$  for administrative  
districts of Moscow in 2007—2016]

Наибольшая кратность превышения норматива у BaP: в 2007 г. в селитебной зоне ЮВАО  $K_0 = 188$ , в селитебной зоне ЦАО — 170 и в промышленной зоне СЗАО — 134. В 2008 г. эти превышения достигли максимальных значений за все время наблюдений: в селитебной зоне ЮВАО  $K_0 = 317$ , в промышленной зоне ВАО — 282, в рекреационной зоне ЮВАО — 199, в транспортной ЦАО — 174 (рис. 9). Второе место по кратности превышения ПДК занял Pb: в 2007 г. в селитебной зоне ЮАО  $K_0 = 29$ , в транспортной зоне ЮВАО — 14, в селитебной зоне ВАО и ЮЗАО — 11. В 2008 г. зарегистрирован пик  $K_0 = 111$  в селитебной зоне СВАО. К 2016 г. максимальные значения  $K_0$  у BaP уменьшились до 12–13, т.е. более чем в 100 раз, а у Pb — до 3–8 (рис. 9). Средние значения  $K_0$  для BaP за последнее десятилетие понизились во всех округах, за исключением ЮАО и ЮЗАО, а Pb — на всей территории города (рис. 10).

### Выводы

Анализ многолетней динамики содержания поллютантов в почвах отдельных АО Москвы показал двукратное увеличение содержания Cu, Cd, As в ЦАО и Cd в ЗАО и СЗАО, а также As в САО, СВАО и ВАО в 1,4–2,3 раза. Во всех АО наметилась тенденция к снижению загрязнения Zn, Pb и Hg. По сравнению с 2007 г. в 2016 г. среднее содержание всех ТММ в почвах города уменьшилось или осталось неизменным, за исключением As. Концентрация BaP во всех округах, кроме ЮАО и ЮЗАО, уменьшилась в 4–8 раз. Наблюдаемое уменьшение содержания ТММ и BaP в почвах Москвы может быть обусловлено значительным сокращением выбросов от автотранспорта и промышленных источников. Однако говорить об улучшении экологической ситуации в Москве преждевременно, поскольку при ежегодном мониторинге городских почв такие опасные ТММ как Sb, Mo, W, Cr, V не определяются.

Пространственное распределение ТММ и BaP в почвах Москвы определяется в первую очередь количеством и геохимической специализацией источников загрязнения, которые сильно различаются по административным округам. Центральный, Восточный, Юго-Восточный округа лидируют по загрязнению Cu и Pb, особенно в щелочных почвах. Центральный и Юго-Восточный округа выделяются по загрязнению Hg, также наиболее выраженному в щелочных почвах. Центральный, Северо-Восточный, Юго-Восточный и Южный округа наиболее загрязнены Zn, количество которого увеличивается с ростом pH, и Cd, который интенсивно аккумулируется в органическом веществе. Почвы тяжелого гранулометрического состава в Юго-Восточном, Южном и Юго-Западном округах наиболее сильно обогащены Ni. Северо-Восточный, Юго-Восточный и Западный округа отличаются высокими концентрациями As, особенно в почвах легкого грансостава с высоким содержанием органического вещества. По содержанию BaP лидирует Восточный округ, за ним следуют Центральный, Северо-Восточный и Юго-Восточный. Содержание поллютантов в почвах разных ФЗ различается слабо.

Частота превышения гигиенических нормативов к 2016 г. уменьшилась. В транспортной зоне она стала меньше на 3 %, в основном за счет Zn, Pb и BaP. Наибольший антропогенный пресс испытывают транспортные зоны ЦАО и ВАО, наименьший — ЮАО. Количество загрязненных Cu — Zn — Pb — BaP точек в

селитебной зоне уменьшилось на 15 %, наиболее загрязнены почвы ЦАО, ВАО, ЮВАО, ЗАО, наименее — ЮАО. Экологическая ситуация в рекреационной зоне также несколько улучшилась за счет уменьшения на 3 % частоты превышений ПДК/ОДК Zn и BaP. Наиболее чистые рекреационные территории в СЗАО и ЗАО, наиболее загрязненные — в ЦАО, САО и ВАО. В промышленной зоне частота превышения нормативов сократилась на 13 %. Основными загрязнителями являются Zn, Pb и BaP с максимальным содержанием в промзонах СВАО, ВАО, ЮВАО и САО. Превышения ПДК максимальны для BaP, однако их кратность за 10-летний период снизилась более чем в 100 раз.

В последнее десятилетие в Москве увеличились объемы работ по санации почв с ликвидацией неорганизованных свалок, озеленением территории города и заменой/рекультивацией поверхностного слоя почв. Однако, как показали наши исследования, использование торфо-песчаных смесей, обогащенных органическим веществом, приводит к ускоренному накоплению в городских почвах многих ТММ, особенно Cd, Cu, As, Ni, Hg. Повышенная аккумулярующая способность рекультивационных смесей на основе песка и торфа отчетливо проявилась у Pb, Zn и BaP, содержание которых в 2016 г. обнаружило тенденцию к повышению в почвах с легким гранулометрическим составом, обусловленным внесением торфо-песчаных смесей. Это делает необходимым оптимизацию состава рекультивационных материалов.

© Кошелева Н.Е., Цыхман А.Г., 2018



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

#### **Благодарности:**

Работа выполнена в рамках сотрудничества географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и Государственного природоохранного бюджетного учреждения «Мосэкомониторинг».

Работа выполнена при финансовой поддержке Русского географического общества (проект РФФИ № 17-05-41024-РГО).

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- [1] *Касимов Н.С., Власов Д.В., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М.* Геохимия ландшафтов Восточной Москвы. М.: АПР, 2016. 276 с.
- [2] *Ачкасов А.И., Варава К.В., Самаев С.Б.* и др. Интенсивность и тенденции изменения химического загрязнения почв Москвы // *Геоэкологические проблемы Новой Москвы*. М.: Медиа-ПРЕСС, 2013. С. 65–70.
- [3] *Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М.* Многолетняя динамика и факторы накопления бенз(а)-пирена в городских почвах (на примере ВАО Москвы) // *Вестник Московского университета*. Серия 17: Почвоведение. 2011. № 2. С. 25–35.
- [4] *Никифорова Е.М., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Новикова О.В.* Пространственно-временные тренды загрязнения городских почв и растений соединениями свинца (на примере Восточного округа Москвы) // *Вестник Московского университета*. Серия 5: География. 2010. № 1. С. 11–20.
- [5] *Ладонина Н.Н., Ладонин Д.В., Наумов Е.М., Большаков В.А.* Загрязнение тяжелыми металлами почв и травянистой растительности Юго-Восточного округа г. Москвы // *Почвоведение*. 1999. № 7. С. 885–893.
- [6] *Прикладная геохимия*. Вып. 6: Экологическая геохимия Москвы и Подмосковья / ред. Э.К. Буренков, А.А. Кременецкий. М.: ИМГРЭ, 2004. 326 с.

- [7] Кузнецова И.Н., Глазкова А.А., Шалыгина И.Ю., Нахаев М.И., Архангельская А.А., Звягинцев А.М., Семутникова Е.Г., Захарова П.В., Лезина Е.А. Сезонная и суточная изменчивость концентраций взвешенных частиц в приземном воздухе жилых районов Москвы // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27. № 6. С. 473–482.
- [8] Агапкина Г.И., Чиков П.А., Шелепчиков А.А., Бродский Е.С., Фешин Д.Б., Буханько Н.Г., Балашова С.П. Полициклические ароматические углеводороды в почвах Москвы // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2007. № 3. С. 38–47.
- [9] Официальный сайт ГПБУ «Мосэкомониторинг». URL: <http://www.mosecom.ru> (дата обращения: 14.03.2018).
- [10] О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2016 году / под ред. А.О. Кульбачевского. М.: ДПиООС; НИиПИ ИГСП, 2017. 363 с.
- [11] ГОСТ 17.4.1.02–83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М.: Стандартинформ, 2008. 5 с.
- [12] Москва в 2000–2013 гг.: краткий статистический справочник. М.: Мосгорстат, 2014. 74 с.
- [13] Вагнер Б.Б., Манучаряц Б.О. Геология, рельеф и полезные ископаемые Московского региона. М.: Изд-во МГПУ, 2003. 82 с.
- [14] Климат Москвы в условиях глобального потепления / под ред. А.В. Кислова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2017. 288 с.
- [15] Саульская Т.Д. Экологические проблемы постиндустриального развития г. Москвы: дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2018. 158 с.
- [16] Битюкова В.Р. Интегральная оценка экологической ситуации городов России // Региональные исследования. 2014. № 4. С. 49–57.
- [17] Битюкова В.Р., Саульская Т.Д. Изменение антропогенного воздействия производственных зон Москвы в постсоветский период // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2017. № 3. С. 34–41.
- [18] Varentsov M., Wouters H., Platonov V., Konstantinov P. Megacity-Induced Mesoclimatic Effects in the Lower Atmosphere: A Modeling Study for Multiple Summers over Moscow, Russia // Atmosphere. 2018. Vol. 9. No. 2. 24 p. doi:10.3390/atmos9020050.
- [19] Герасимова М.И. География почв России. М.: МГУ, 2007. 312 с.
- [20] Мартыненко И.А., Прокофьева Т.В., Строганова М.Н. Состав и строение почвенного покрова лесных, лесопарковых и парковых территорий г. Москвы // Лесные экосистемы и урбанизация. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. С. 69–90.
- [21] Комитет лесного хозяйства Московской области // Сайт Правительства Московской области. URL: <http://mosreg.ru> (дата обращения: 14.03.2018).
- [22] Махрова А.Г. Субурбанизация и постсубурбанизация в условиях развитой агломерации (на примере Московской столичной агломерации) // Экономика и география. СПб.: Междунар. центр соц.-эконом. исслед. «Леонтьевский центр», 2013. С. 211–237.
- [23] Единая межведомственная информационно-статистическая система. URL: <http://fedstat.ru> (дата обращения: 14.04.2018).
- [23] Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния / под ред. Н.С. Касимова. М.: ИП Филимонов, 2014. 560 с.
- [25] Охрана окружающей среды в России: стат. сб. / Федеральная служба государственной статистики. М., 2016.
- [26] Саульская Т.Д. Реновация производственных зон Москвы и ее экологическая оценка // Известия РАН. Серия географическая. 2018. № 1. С. 77–88.
- [27] Прокофьева Т.В., Мартыненко И.А., Иванников Ф.А. Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию // Почвоведение. 2011. № 5. С. 611–623.
- [28] Кошелева Н.Е., Корляков И.Д., Хайбрахманов Т.С. Условия формирования и параметры аномалий тяжелых металлов и металлоидов в почвенном покрове Восточного округа Москвы // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: мат.-лы межд. науч. конф. Минск, 2017. С. 87–90.



- [29] Состояние почвенного покрова города Москвы / Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. URL: [http://www.dpioos.ru/eco/ru/condition\\_soil](http://www.dpioos.ru/eco/ru/condition_soil) (дата обращения: 14.03.2018).
- [30] Саен Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
- [31] ГН 2.1.7.2041-06. ПДК химических веществ в почве. М.: Издательство стандартов, 2006. 14 с.
- [32] ГН 2.1.7.2511-09. ОДК химических веществ в почве. М.: Издательство стандартов, 2009. 11 с.
- [33] Rawls W.J., Pachepsky Ya.A. Using field topographic descriptors to estimate soil water retention // *Soil Science*. 2002. Vol. 167. No. 6. Pp. 423–435.
- [34] Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор) // *Почвоведение*. 2013. № 7. С. 871–881.
- [35] Судницын И.И., Куренина И.И., Фронтасьева М.В., Павлов С.С. Химический состав почв г. Москва и г. Дубна // *Агрохимия*. 2009. № 7. С. 66–70.
- [36] Ладонин Д.В. Элементы платиновой группы в почвах и уличной пыли Юго-Восточного административного округа г. Москвы // *Почвоведение*. 2018. № 3. С. 274–283.
- [37] Власов Д.В. Геохимия тяжелых металлов и металлоидов в ландшафтах Восточного округа Москвы: дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2015. 160 с.
- [38] Восток — запад Москвы: пространственный анализ социально-экологических проблем / под ред. Н.С. Касимова. М.: Географ. ф-т МГУ, 2016. 70 с.
- [39] Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000, 1999. 768 с.
- [40] Водяницкий Ю.Н. Сродство тяжелых металлов и металлоидов к фазам-носителям в почвах // *Агрохимия*. 2008. № 9. С. 87–94.
- [41] Жидкин А.П., Геннадиев А.Н., Лобанов А.А. Индикационное значение соотношений полициклических ароматических углеводородов в системе снег — почва при разных условиях землепользования // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2017. № 5. С. 24–31.
- [42] Лодыгин Е.Д., Чуков С.Н., Безносиков В.А., Габов Д.Н. Полициклические ароматические углеводороды в почвах Васильевского острова (Санкт-Петербург) // *Почвоведение*. 2008. № 12. С. 1494–1500.
- [43] Faure P., Landais P., Schlepp L., Michels R. Evidence for Diffuse Contamination of River Sediments by Road Asphalt Particles // *Environ. Sci. Technol*. 2000. Vol. 34. Pp. 1174–1181.

#### История статьи:

Дата поступления в редакцию: 15.03.2018

Дата принятия к печати: 15.04.2018

#### Для цитирования:

Коселева Н.Е., Цыхман А.Г. Пространственно-временные тренды и факторы загрязнения почвенного покрова Москвы // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2018. Т. 26. № 2. С. 207–236. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-207-236

#### Сведения об авторах:

Коселева Наталья Евгеньевна — доктор географических наук, ведущий научный сотрудник кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Контактная информация: e-mail: [natalk@mail.ru](mailto:natalk@mail.ru)

Цыхман Анжела Гаджикеримовна — магистр кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Контактная информация: e-mail: [angelagadjikerimova@mail.ru](mailto:angelagadjikerimova@mail.ru)

## Spatial-temporal trends and factors of soil cover pollution in Moscow

N.E. Kosheleva, A.G. Tsykhman

Lomonosov Moscow State University  
1 Leninskie gory St., Moscow, 119991, Russian Federation

The distribution and factors of heavy metal and metalloid (HMM) and benzo(a)pyrene (BaP) accumulation were studied in soils of 9 administrative districts (ADs) of Moscow, according to monitoring data in more than 2200 points for 2007–2016, accomplished by the State environmental institution “Mosekomonitring”. The main physicochemical properties (pH, organic matter  $C_{org}$  and texture), the total content of Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Hg, As and BaP in soil samples were determined, land-use zoning of sampling sites was carried out and monoelemental geochemical maps were compiled. A twofold increase in the content of Cu, Cd, As in the Central AD (CAD) and Cd in the Eastern AD (EAD) and the North-Eastern (NEAD), as well as As in the CAD, NEAD and EAD was established; in all the ADs the soil pollution with Zn, Pb and Hg has been reduced. Concentration of BaP in almost all the districts decreased by 4–8 times. Anthropogenic and soil-geochemical factors of accumulation and dispersion of pollutants were determined using the regression tree method. Spatial factor is the most significant, because the quantity and geochemical specialization of pollution sources vary greatly in different parts of the city. The spatial geochemical heterogeneity of the urban soils caused by atmospheric fallouts is enhanced due to the influence of physical and chemical properties of soils: a rise in pH and  $C_{org}$  values leads to an increase in the content of Cu, Zn, Pb, Hg and Cd, As, respectively; changes in the texture affect the content of Zn, Ni, Cd, As and BaP. Comparison with MPCs/TPCs showed that the traffic zone is influenced by the greatest anthropogenic press in CAD and EAD, the residential one — in the CAD, EAD, South-Eastern and Western ADs, the recreational — in the CAD, EAD and Northern AD, the industrial — in the Eastern, South-Eastern, North-Eastern, and Northern ADs. By 2016, the MPCs/TPCs of pollutants in the urban soils were violated less frequently.

**Keywords:** soil pollution, heavy metals and metalloids, benzo(a)pyrene, urban landscapes, land-use zoning, Moscow, physicochemical properties, regression analysis, maximum permissible concentration (MPC), tentative permissible concentration (TPC)

### REFERENCES

- [1] Kasimov NS, Vlasov DV, Kosheleva NE, Nikiforova EM. *Geochemistry of landscapes in the Eastern Moscow*. Moscow: APR Publ.; 2016.
- [2] Achkasov AI, Varava KV, Samaev SB, et al. Intensity and trends of chemical contamination in soils of Moscow. *Geoecological problems of New Moscow*. Moscow: Media PRESS Publ.; 2013. p. 65–70.
- [3] Kosheleva NE, Nikiforova EM. Multiyear dynamics and factors of accumulation of benzo(a)-pyrene in urban soils (on the example of the Eastern Administrative District, Moscow). *Moscow University Soil Science Bulletin. Serie 17: Pochvovedenie*. 2011;66(2): 65–74.
- [4] Nikiforova EM, Kasimov NS, Kosheleva NE, Novikova OV. Spatio-temporal trends in lead compounds pollution of urban soils and plants (on the example of the Eastern Administrative District, Moscow). *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya: Geografiya*. 2010;1: 11–20.
- [5] Ladonina NN, Ladonin DV, Naumov EM, Bolshakov VA. Contamination of soils and herbaceous vegetation with heavy metals in the South-Eastern Administrative District of Moscow. *Eurasian Soil Science*. 1999;32(7): 799–807.
- [6] Burenkov AK, Kremenetskii AA. (eds.) *Applied geochemistry. Issue 6. Environmental geochemistry of Moscow and Moscow region*. Moscow: IMGRE Publ.; 2004.

- [7] Kuznetsova IN, Glazkova AA, Shalygina IYu, Nahaev MI, Arkhangelskaya AA, Zvyagintsev AM, Semutnikova EG, Zakharova PV, Lesina EA. Seasonal and diurnal variability of particulate matter PM10 in surface air of Moscow habitable districts. *Optika atmosfery i okeana*. 2014;27(6): 473–482.
- [8] Agapkina GI, Chikov PA, Shelepchikov AA, Brodskii ES, Feshin DB, Bukhan'ko NG, Balashova SP. Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils of Moscow. *Moscow University Soil Science Bulletin. Serie 17: Pochvovedenie*. 2007;62(3): 149–158.
- [9] State environmental organization “Mosekomonitring”. Available from: <http://www.mosecom.ru>
- [10] Kulbachevsky AO. (ed.) *Report on the state of the environment in Moscow in 2016*. Moscow: DPiOOS Publ.; NIIPI IGCP Publ.; 2017.
- [11] *GOST (State Standard) 17.4.1.02.—83: Nature Protection. Soils. Classification of Chemicals for Pollution Control*. Moscow: Izd. Standartov Publ.; 2008.
- [12] *Moscow in 2000—2013: Brief statistical guide*. Moscow: Mosgorstat Publ.; 2014.
- [13] Wagner BB, Manucharyants BO. *Geology, topography and mineral resources of the Moscow region*. Moscow: Publishing house of Moscow State Pedagogical University; 2003.
- [14] Kislov AV. (ed.) *The climate of Moscow in the conditions of global warming*. Moscow: MSU Publishing House; 2017.
- [15] Saulskay TD. *Environmental problems of postindustrial development of the Moscow city*. Moscow: MSU Publ.; 2018.
- [16] Bityukova VR. Integral assessment of ecological situation in Russian cities. *Regional studies*. 2014;32(4): 49–57.
- [17] Bityukova VR, Saulskay TD. Change in anthropogenic impact of industrial zones of Moscow in the post-Soviet period. *Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya: Geografiya*. 2017;3: 34–41.
- [18] Varentsov M, Wouters H, Platonov V, Konstantinov P. Megacity-induced mesoclimatic effects in the lower atmosphere: a modeling study for multiple summers over Moscow, Russia. *Atmosphere*. 2018;9(2): 24. doi:10.3390/atmos9020050.
- [19] Gerasimova MI. *Geography of soils in Russia*. Moscow: Moscow State University Publ.; 2007.
- [20] Martynenko IA, Prokofieva TV, Stroganova MN. The composition and structure of the soil cover of forest, parkland and park zones of Moscow. In: *Forest ecosystems and urbanization*. Moscow: The partnership of scientific publications KMK Publ.; 2008. p. 69–90.
- [21] Moscow region Government website. *Committee of forestry of the Moscow region*. Available from: <http://mosreg.ru> (accessed: 14.03.2018).
- [22] Makhrova AG. Suburbanization and postsuburbanization within the developed Metropolitan area (on the example of the Moscow Metropolitan area). In: *Economics and geography*. Saint Petersburg: International social-economic research center «Leontiev center» Publ.; 2013. p. 211–237.
- [23] General interdepartmental information and statistical system. Available from: <http://fedstat.ru> (accessed: 14.04.2018).
- [24] Kasimov NS. (ed.) *The regions and cities of Russia: integrated assessment of the environment state*. Moscow: IP Filimonov Publ.; 2014.
- [25] Federal agency of state statistics. *Environmental protection in Russia. Statistical book*. Moscow; 2016.
- [26] Saulskay TD. Renovation of industrial zones in Moscow and environmental assessment. *Izvestiya RAS. Geographical series*. 2018;1: 77–88.
- [27] Prokof'eva TV, Martynenko IA, Ivannikov FA. Classification of Moscow soils and parent materials and its possible inclusion in the classification system of Russian soils. *Eurasian Soil Science*. 2011;44(5): 561–571.
- [28] Kosheleva NE, Korlyakov ID, Khaybrakhmanov TS. Conditions of formation and parameters of anomalies of heavy metals and metalloids in the soil cover of the Eastern district of Moscow. In: *Modern problems of geochemistry, geology and prospecting of mineral deposits: materials of the international scientific conference*. Minsk; 2017. p. 87–90.

- [29] Department for environmental management and protection of Moscow. *Condition of soil cover in the Moscow city*. Available from: [http://www.dpioos.ru/eco/ru/condition\\_soil](http://www.dpioos.ru/eco/ru/condition_soil) (accessed: 14.03.2018).
- [30] Saet YE, Revich BA, Yanin EP, et al. *Geochemistry of the environment*. Moscow: Nedra Publ.; 1990.
- [31] *Hygienic standards 2.1.7.2041-06. Maximum permissible concentrations (MPCs) of chemical substances in the soils*. Moscow: Standard publishing house; 2006.
- [32] *Hygienic standards 2.1.7.2511-09. Tentative permissible concentrations (TPCs) of chemicals substances in the soils*. Moscow: Standard publishing house; 2009.
- [33] Rawls WJ, Pachepsky YaA. Using field topographic descriptors to estimate soil water retention. *Soil Science*. 2002;167(6): 423–435.
- [34] Vodyanitskii YN. Contamination of soils with heavy metals and metalloids and its ecological hazard (analytic review). *Eurasian Soil Science*. 2013;46(7): 793–801.
- [35] Sudnitsyn II, Kurenina II, Frontasyeva MV, Pavlov SS. Chemical composition of soils in Moscow and Dubna. *Agrochemistry*. 2009;7: 66–70.
- [36] Ladonin DV. Platinum-group elements in soils and street dust of the South-Eastern administrative district of Moscow. *Eurasian Soil Science*. 2018;51(3): 268–276.
- [37] Vlasov DV. *Geochemistry of heavy metals and metalloids in landscapes of the Eastern district of Moscow*. Moscow: MSU Publ.; 2015.
- [38] Kasimov NS. (ed.) *East — West of Moscow: a spatial analysis of socio-environmental problems*. Moscow: Faculty of geography, MSU Publ.; 2016.
- [39] Perelman AI, Kasimov NS. *Landscape geochemistry*. Moscow: Astreya-2000 Publ.; 1999.
- [40] Vodyanitskii YN. The affinity of heavy metals and metalloids to the phases-carriers in soils. *Agrochemistry*. 2008;9: 87–94.
- [41] Zhidkin AP, Gennadiev AN, Lobanov AA. Indication significance of the relations of individual polycyclic aromatic hydrocarbons in the “snow–soil” system under different land-use conditions. *Vestnik Moskovskogo Unviersiteta. Seriya: Geografiya*. 2017;5: 24–32.
- [42] Lodygin ED, Chukov SN, Beznosikov VA, Gabov DN. Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils of Vasilievsky island (St. Petersburg). *Eurasian Soil Science*. 2008;41(12): 1321–1326.
- [43] Faure P, Landais P, Schlepp L, Michels R. Evidence for diffuse contamination of river sediments by road asphalt particles. *Environ. Sci. Technol*. 2000;34: 1174–1181.

**Article history:**

Received: 15.03.2018

Revised: 15.04.2018

**For citation:**

Kosheleva NE, Tsykhman AG. Spatial-temporal trends and factors of soil cover pollution in Moscow. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018; 26(2): 207–236. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-207-236

**Bio Note:**

*Kosheleva Natalya Evgenevna* — Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher of the Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Geographical Faculty of Moscow State University. *Contact information:* e-mail: [natalk@mail.ru](mailto:natalk@mail.ru)

*Tsykhman Anzhela Gadzhikerimovna* — Master of the Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Geographical Faculty of Moscow State University. *Contact information:* e-mail: [angelagadjikerimova@mail.ru](mailto:angelagadjikerimova@mail.ru)



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-237-250

УДК 504.03:911.375

## «Грязные» города России: факторы, определяющие загрязнение атмосферного воздуха

Н.Н. Клюев, Л.М. Яковенко

Институт географии РАН

Российская Федерация, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29

Проведен анализ качества атмосферного воздуха в городах России за 1991–2016 гг. За этот период 4 города (Братск, Магнитогорск, Чита и Южно-Сахалинск) практически ежегодно попадали в «черные списки» Росгидромета как хронически, так и экстремально загрязненных городов. Среди регионов России по высокому уровню загрязнения атмосферы выделяются города Иркутской области (Братск, Иркутск, Зима и др.), Красноярского края (Красноярск, Норильск, Минусинск и др.), а также Свердловской (Екатеринбург, Нижний Тагил и др.) и Челябинской (Магнитогорск, Челябинск и др.) областей. Выявлены ведущие факторы формирования экологической обстановки в городах в зависимости от их локализации, специализации и людности: 1) крупные выбросы промышленности (Норильск, Новокузнецк и др.) и транспорта (Москва, Екатеринбург и др.); 2) выбросы преимущественно неидентифицированных источников загрязнения (Селенгинск, Зима и др.); 3) высокий естественный потенциал загрязнения атмосферы (Нерюнгри, Чита и др.); 4) «импорт» загрязнений из внешних источников из-за неблагоприятного эколого-географического положения (Минусинск, д. Ясная Поляна и др.). Рассмотрены возможные взаимовлияния экологической обстановки в городах и регионального развития.

**Ключевые слова:** российские города, загрязнение атмосферы, факторы формирования экологической обстановки, региональное развитие

### Введение

Исследования показывают, что по широкому кругу параметров Россия относится к числу экологически благополучных стран планеты [1]. Воздействия населения и хозяйства на природу в России приходятся на огромную территорию, поэтому наша страна выглядит благополучной на глобальном фоне. Отечественные экологические проблемы, как правило, имеют локальный характер и часто связаны с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха в городах.

С экологической точки зрения города — это «паразиты биосферы», они не могут существовать без окружающих их ландшафтов. Состояние природной среды в российских городах заметно улучшают огромные разреженные пространства, полноводные реки, слабо освоенные территории, обширные леса. Однако несмотря на это, уровни загрязнения воздуха в российских и зарубежных мегаполисах в целом сопоставимы.

В городах России, где средние за год концентрации какого-либо вещества превышают 1 ПДК, проживает 56 млн чел., причем это число с учетом новой предель-

ной концентрации формальдегида. Три года назад она была повышена более чем в 3 раза (это своеобразный способ борьбы за чистоту воздуха — за счет снижения требований к его качеству). Если же брать прежнюю ПДК формальдегида, то сверхнормативному загрязнению воздуха подвержено 100 млн горожан. А в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения воздуха проживает более 16 млн чел., т.е. 15 % городского населения. И, наконец, треть населения живет на территориях, где уровень загрязнения вообще не наблюдается [2].

При оценке качества атмосферного воздуха в городах исследователи и практики часто ориентируются либо на величину выбросов в атмосферу вредных веществ, либо на уровни загрязнения воздуха. В настоящей статье в центре внимания находится качество воздуха, а выбросы выступают одним из факторов его формирования. В работе предпринята попытка обобщить данные наблюдений Росгидромета за загрязнением воздуха в российских городах за постсоветский период (1991—2016 гг.), представить на этой основе общую картину территориального распределения загрязненных городов и тенденций его изменения.

### **Изученность проблемы**

Росгидромет ежегодно составляет и публикует списки городов с высоким уровнем загрязнения воздуха [2]. Годовые «срезы» загрязненных городов отражались на картах в [3] и в наших публикациях [4]. В Экологическом атласе России [5] такие города показаны по обобщенным данным за пятилетие (1995—1999 гг.) и не дифференцированы по частоте вхождения в состав «грязных» городов. Тенденции загрязнения атмосферы российских городов за 1998—2003 гг. рассматривались в работе [6], где проведена также их группировка по причинам неблагоприятного состояния воздушного бассейна. Отметим, что эта группировка выполнена на основе экспертных оценок, без каких-либо количественных параметров.

Экологическим, в том числе атмосфероохранным проблемам городов посвящены исследования М.П. Ратановой, В.Р. Битюковой, их соавторов и последователей [7—9]. В [7] для анализа используется показатель удельных (на 1000 руб. промышленной продукции) выбросов в атмосферу. Расчет изменений этого показателя важен для оценки структурно-технологических сдвигов в экономике города. Отметим только, что позитивная динамика удельных выбросов служит индикатором оздоровления производства, но не городских территорий.

Многими авторами используется такой показатель воздействия на атмосферу, как количество выбросов на одного жителя города, например [10]. Н.С. Касимов с соавторами [8. С. 178] считают, что посредством «коэффициента эмиссионной нагрузки — суммарных выбросов на человека в год — оценивается риск для здоровья населения». По нашему мнению, подушевые выбросы являются ложно ориентирующим показателем, который характеризует «выбросовооруженность» жителя города, его «природоразрушающие» потенции. А для оценки риска здоровью населения выбросы надо скорее умножать, а не делить на количество жителей. Но учитывая, что выбросы — это факторы воздействия, которые вследствие пространственно-временной изменчивости свойств природной среды сильно

трансформируются (усиливаются или ослабляются), для оценки (сугубо, конечно, предварительной) риска здоровью человека логичнее использовать не величину выбросов, а уровень загрязнения атмосферы. В этой связи нами предлагается показатель *социальной опасности загрязнения*, рассчитываемый как произведение повторяемости случаев высокого загрязнения воздуха в городе на численность его населения.

Важным фактором формирования качества воздуха являются метеоусловия, определяющие перенос, рассеивание и вымывание загрязняющих веществ. Видный вклад в их исследование внесли М.Е. Берлянд, Э.Ю. Безуглая и другие специалисты Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. Для целей настоящей работы использованы результаты районирования территории России по потенциалу загрязнения атмосферы (ПЗА) [11].

### Материалы и методы

При оценке экологической ситуации в городах часто используют величину выбросов вредных веществ в атмосферу — стационарных (в основном промышленных) и транспортных (в основном автотранспортных), т.е. показатель *воздействия* на природу. В силу несовершенства статистики окружающей среды этот показатель не лишен ряда недостатков. Величина выбросов мало информативна, поскольку токсичность разных веществ различается многократно. Так, 1 г бензо(а)-пирена по токсичности эквивалентен 3 т оксида углерода. Отчетные данные по выбросам промышленности далеко не объективны. Даже по оценкам Российского союза промышленников и предпринимателей, реальные выбросы предприятий превышают отчетные в 3—4 раза (Коммерсантъ. 21 января 2013 г.). Совсем не отчитываются о выбросах множество мелких предприятий.

На долю так называемых неорганизованных источников выбросов (карьеров, отвалов, терриконов, официальных и несанкционированных свалок, мусорных полигонов,строек, открытых складов, асфальтовых покрытий, печного отопления индивидуальных домов и др.), по некоторым оценкам, приходится до половины всех реальных выбросов. Центральным отоплением обеспечено 80 % жилого фонда страны, но в Кировской области — только 56 %, а в Тыве — 37 %. Даже в городе-миллионере Ростове-на-Дону 13 % домовладений используют для отопления печи, выбросы которых никак не фиксируются.

Оценки выбросов автотранспорта очень условны — они рассчитываются по расходу топлива, без учета его качества, характеристик двигателей, автодорожной обстановки. Не удивительно, что между величиной выбросов транспорта, фигурирующей в официальной статистике, и численностью населения городов нами выявлена прямо пропорциональная зависимость — коэффициент парной корреляции, рассчитанный по 128 городам, составляет 0,99. Это вызывает большие сомнения, ведь уровень автомобилизации сильно различается по регионам (обеспеченность населения регионов России личными автомобилями варьирует от 488 до 142), не говоря уже о различиях в характеристиках машин и качестве топлива. Кроме того, методика расчета транспортных выбросов не раз менялась, что затрудняет анализ динамических рядов.

В связи с этим, на наш взгляд, не совсем корректно искать взаимосвязи между выбросами в атмосферу в городе и заболеваемостью его населения, а такие попытки встречаются в литературе, например в работе [12].

Из-за различий в устойчивости воздушной среды к загрязнению (условий рассеивания, аккумуляции, трансформации и миграции веществ), а также характеристик и расположения источников выбросов, одинаковые выбросы формируют разные уровни загрязнения атмосферы. Для оценки *изменений* воздушной среды используются данные об уровне загрязнения воздуха.

Росгидромет ежегодно составляет два списка городов: 1) с очень высоким уровнем загрязнения воздуха (назовем их «хронически загрязненные города»); 2) с максимально высокой концентрацией отдельных загрязняющих веществ («города экстремального загрязнения»). В качестве основного показателя уровня загрязнения воздуха в городе нами принимается частота его встречаемости в этих двух «черных списках» Росгидромета за исследуемый период (1991–2016 гг.). Эти данные взяты из Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды в РФ» за соответствующие годы, а также из обобщающей сводки [13].

### Результаты и их обсуждение

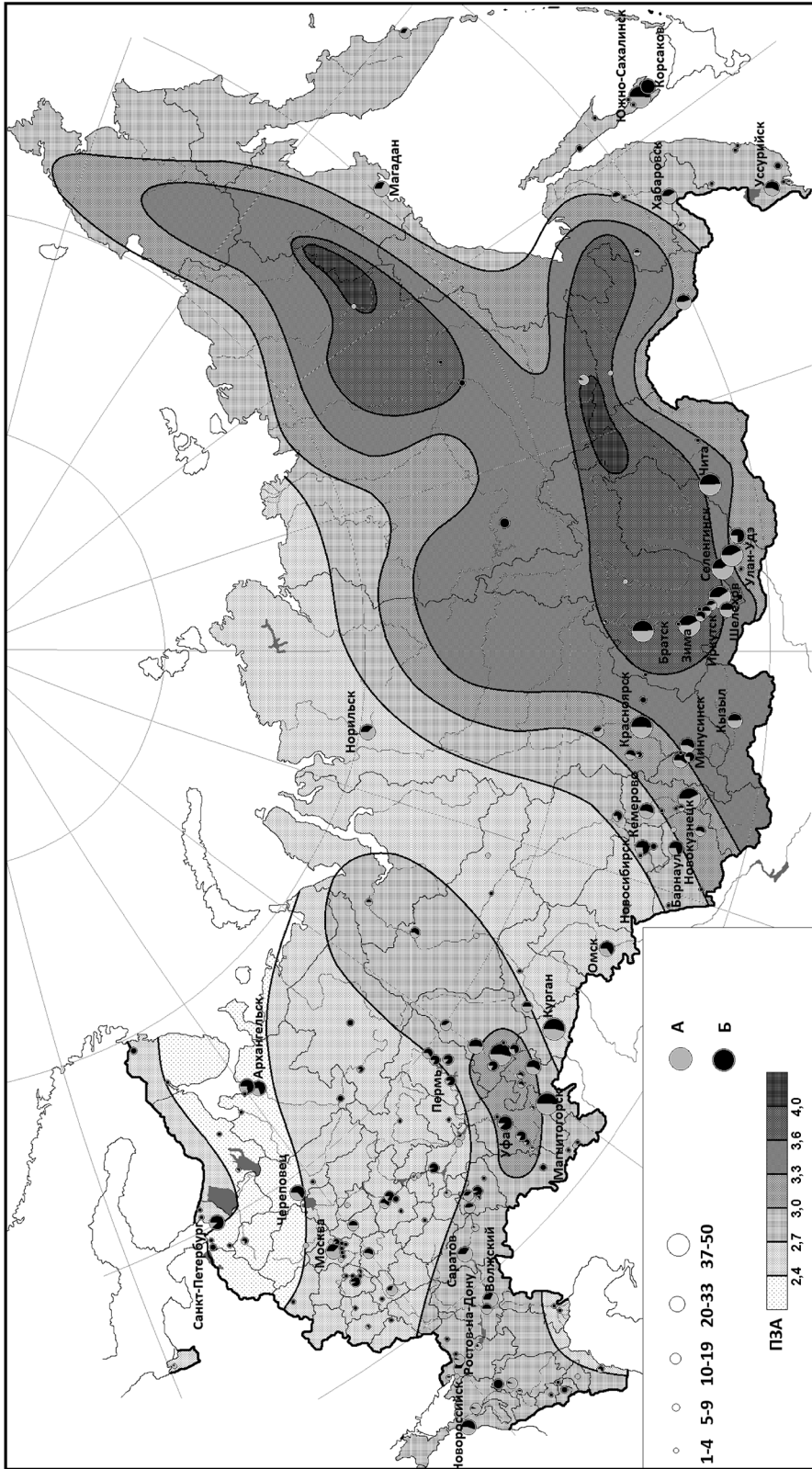
На составленной нами карте (см. рисунок; картограф — А.Н. Васильцова), отражающей размещение городов с высоким уровнем загрязнения атмосферы, выделяются районы их концентрации: Прибайкалье и Забайкалье, юг Сибири (в особенности Восточной), Средний и Южный Урал, Московско-Тульский ареал.

В двадцатку городов с наихудшим качеством воздуха (по обоим параметрам) не входит ни один город Европейской территории страны (до Урала). Ситуация на востоке страны заметно хуже в силу ряда причин: локализации зимой устойчивого высотного Сибирского антициклона с нисходящими потоками, не дающими рассеиваться загрязнениям; малого количества осадков, очищающих атмосферу; часто котловинного расположения городов с плохой продуваемостью; длительного отопительного сезона; преимущественно угольно-мазутной энергетики (а не газовой, как на западе), причем часто использующей высокотемпературные бурые угли; специализации на добывающей и тяжелой индустрии.

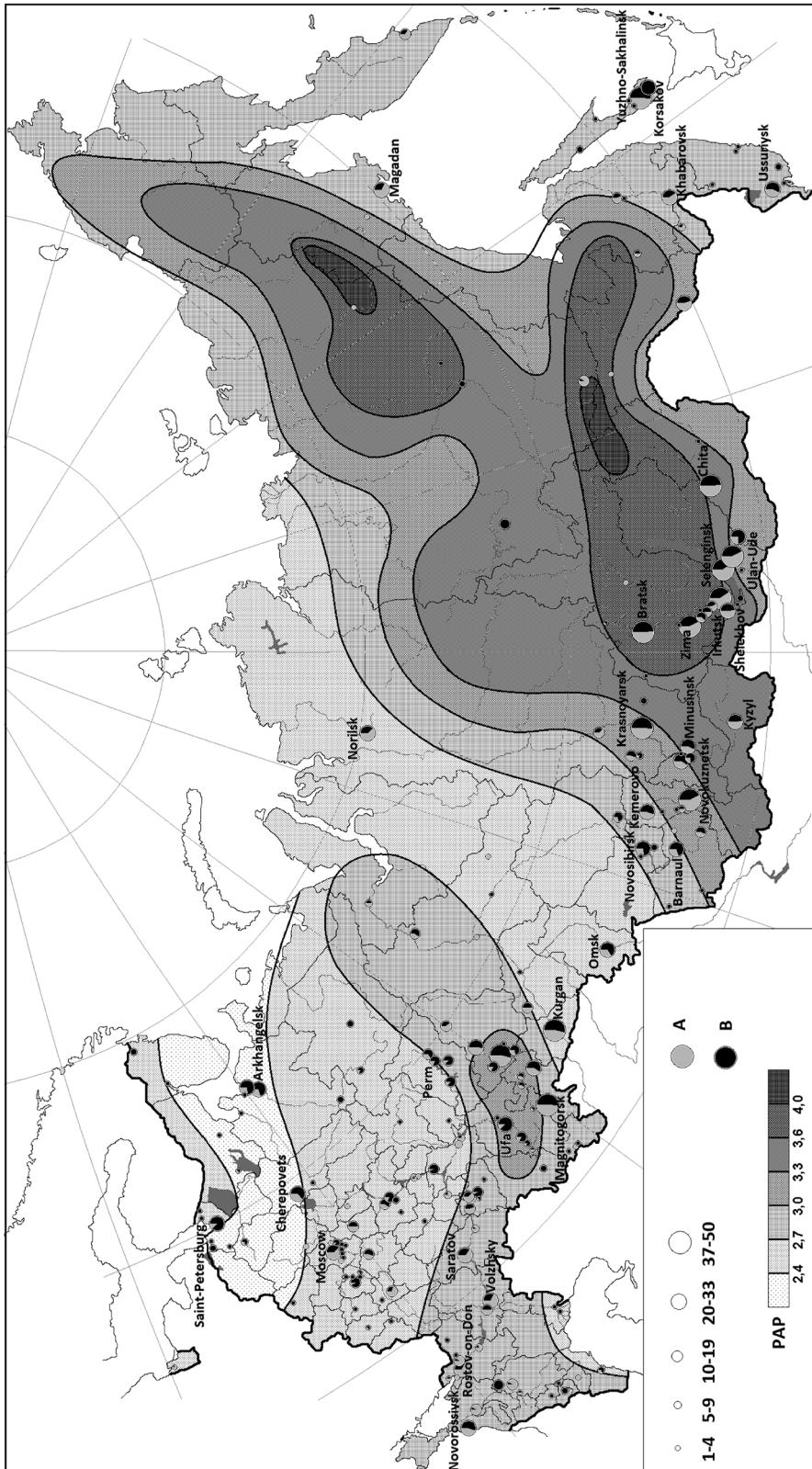
Среди регионов России по высокому уровню загрязнения выделяются города Иркутской области (Братск, Иркутск, Зима и др.), Красноярского края (Красноярск, Норильск, Минусинск и др.), а также Свердловской (Екатеринбург, Нижний Тагил и др.) и Челябинской (Магнитогорск, Челябинск и др.) областей.

Сравнение карты уровней загрязнения атмосферы в городах (см. рисунок) с картой выбросов [4] показывает, что выбросы распределены в целом более равномерно, чем загрязненные города. На карте выбросов прежде всего видна их концентрация в городах Урала, множество некрупных городов-загрязнителей в Центре и Поволжье и отдельные крупные очаги выбросов в Южной Сибири. На карте загрязнения атмосферы резко выделяется юг Восточной Сибири, Урал уступает ей по насыщенности загрязненными городами, а Центр и Поволжье характеризуются рассредоточенным размещением не самых «грязных» городов.





**Рис.** Города с высоким уровнем загрязнения воздуха в 1991—2016 гг.: величина круга показывает, сколько раз город вошел в списки городов «хронического загрязнения» (А) и/или «экстремального загрязнения» (Б), ПЗА — потенциал загрязнения атмосферы (по Э.Ю. Безуглой)



**Figure.** Cities with high levels of air pollution in 1991—2016: the value of the circle shows how many times the city was included in the lists of cities of "chronic pollution" (A) and/or "extreme pollution" (B), PAP — potential of atmospheric pollution (by E.Yu. Bezuglaya)

В литературе отмечалась высокая степень локализации выбросов в России: на первые 10 городов приходится 47 % всех выбросов [8. С. 168]. Концентрация случаев высокого загрязнения воздуха гораздо меньше. На 10 первых городов приходится 21 % случаев высокого загрязнения (26 % в списке «хронически загрязненных» городов и 18 % в списке городов «экстремального загрязнения»). Расхождение концентрации выбросов и концентрации случаев высокого загрязнения может свидетельствовать как о сильном влиянии величины ПЗА, так и о возможном большом вкладе в общее загрязнение не поддающихся учету диффузных источников загрязнения.

Разность рангов городов по величине выбросов, с одной стороны, и по уровню загрязнения атмосферы, с другой, может служить определенным индикатором несовершенства статистики окружающей среды или мониторинга загрязнения атмосферы. Если ранг города по уровню загрязнения намного превышает его ранг по выбросам (Южно-Сахалинск, Зима, Чита, Селенгинск), возможно наличие неидентифицированных либо внешних их источников. В противном случае вероятны недостатки наблюдательной сети мониторинга (Норильск, Москва, Санкт-Петербург). (Видимо, этот вариант Н.С. Касимов с соавторами [8. С. 185] называют «воздействиями, превышающими изменения».)

За 1991—2016 гг. Магнитогорск, Южно-Сахалинск, Братск и Чита почти никогда не покидали оба «черных списка» Росгидромета, поэтому их можно назвать всегда и хронически экстремально загрязненными городами (см. табл.). Для обеспечения качества атмосферного воздуха на уровне санитарных норм в более чем сотне российских городов вредные выбросы требуется сократить не на несколько процентов, а в разы, что потребует много времени и средств. Поэтому пока стратегическая цель кардинального оздоровления городской среды не достигнута, нужно принимать меры тактического характера, например обеспечить жителей неблагополучных городов компенсирующими экологическими надбавками, аналогичными северным надбавкам, выплачиваемым за проживание в условиях дискомфортного климата.

Для определения приоритетных городов, требующих неотложных мер по оздоровлению воздушной среды, следует ориентироваться на оценки социальной опасности загрязнения, которые рассчитываются с учетом как уровня загрязнения атмосферы города, так и численности его населения. Согласно этому критерию, приоритетный список возглавляет Москва, далее с большим отрывом следуют Санкт-Петербург, Екатеринбург и другие крупнейшие города страны.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха определяется сложным сочетанием множества факторов. Выявлены ведущие факторы формирования экологической обстановки в городах (см. табл.) в зависимости от их локализации, специализации и людности: 1) крупные выбросы промышленности (Норильск, Новокузнецк и др.) и транспорта (Москва, Екатеринбург и др.); 2) выбросы преимущественно «неорганизованных», часто не идентифицированных источников загрязнения (Селенгинск, Зима и др.); 3) высокий естественный потенциал загрязнения атмосферы (Нерюнгри, Чита и др.); 4) «импорт» загрязнений из внешних источников из-за неблагоприятного эколого-географического положе-

ния (Минусинск, подверженный влиянию выбросов Черногорска, Саяногорска и Абакана; д. Ясная Поляна, «зажатая» между Тулой и Щекино и др.)<sup>1</sup>. Ситуация, естественно, сильно ухудшается при совокупном влиянии двух и более факторов (например, в Братске).

Подчеркнем, что приведенные в таблице оценки степени влияния факторов являются относительными, они относятся лишь к анализируемой совокупности городов, а шкалы выбросов и ПЗА (высокие, средние, низкие) указаны относительно российских условий.

Сравнение повторяемости вхождения городов в списки наиболее загрязненных за два периода (1991—2003 и 2004—2016 гг.) показало, что из 192 городов относительно «позеленели» 131, ухудшили экологическое состояние 45, а в 16 городах изменений не произошло. Обращает на себя внимание, что тенденции к экологизации фиксируются в федеральном и региональных центрах (Москве, Хабаровске, Ростове-на-Дону и др.), что, по всей видимости, связано с их деиндустриализацией, а в центрах металлургии (Липецк) и нефтепереработки (Хабаровск, Омск), вероятно, сказывается совершенствование основных и воздухоочистительных технологий на профильных предприятиях городов.

Таблица

**Факторы, формирующие высокий уровень загрязнения воздуха в некоторых городах России**

Город	Встречаемость в «черных списках» в 1991—2016 гг.	Факторы				Эколого-географическое положение
		Выбросы стационарные	Выбросы транспортные	Выбросы валовые	ПЗА	
Магнитогорск	50	+++	+	+++	+	
Южно-Сахалинск	50		+			
Братск	47	+++		++	+++	
Чита	47	+	+	+	+++	
Красноярск	44	+++	++	+++	+	
Новокузнецк	42	+++	+	+++	+	
Екатеринбург	41	+	+++	+++	+	
Селенгинск	39	+			+++	
Иркутск	38	++	++	++	+++	
Зима	37				+++	
Улан-Удэ	37		+	+	++	
Челябинск	32	+++	+++	+++	+	
Нижний Тагил	31	+++		++	+	
Норильск	31	+++		+++		
Москва	25	++	+++	+++		
Минусинск	23				+++	+++
д. Ясная Поляна	13					+++

*Примечание.* Относительное значение фактора: + низкое; ++ среднее; +++ высокое.

<sup>1</sup> Трудноизмеримый вклад внешних источников в загрязнение города, по-видимому, весьма велик. Так, по оценкам В.Р. Битюковой и С.Г. Сафронова, в каждом пятом российском городе преобладают внешние источники антропогенного воздействия на природу, а в трети городов наблюдается равный вклад внешних и внутренних источников.

**Factors forming a high level of air pollution in some cities of Russia**

City	Occurrence in the "black lists" in 1991—2016	Factors				
		Industrial emission	Transport emissions	Total emissions	Potential of atmospheric pollution	Ecological-geographical location
Magnitogorsk	50	+++	+	+++	+	
Yuzhno-Sakhalinsk	50		+			
Bratsk	47	+++		++	+++	
Chita	47	+	+	+	+++	
Krasnoyarsk	44	+++	++	+++	+	
Novokuznetsk	42	+++	+	+++	+	
Yekaterinburg	41	+	+++	+++	+	
Selenginsk	39	+			+++	
Irkutsk	38	++	++	++	+++	
Zima	37				+++	
Ulan-Ude	37		+	+	++	
Chelyabinsk	32	+++	+++	+++	+	
Nizhni Tagil	31	+++		++	+	
Norilsk	31	+++		+++		
Moscow	25	++	+++	+++		
Minusinsk	23				+++	+++
Yasnaya Polyana village	13					+++

*Notation.* Relative value of the factor: + low; ++ secondary; +++ high.

Кардинальное решение проблемы грязного воздуха в российских городах невозможно без регулирования территориального развития страны, которое практически отсутствует. А рыночная стихия ведет к неуправляемой концентрации населения и хозяйства в ограниченном числе городов, влекущей за собой комплекс неразрешимых экологических проблем. На карте постсоветского промышленного строительства [14] хорошо видна его сверхконцентрация в Московском и Санкт-Петербургском регионах.

Экологически ущербная политика стимулирования региональной асимметрии и поощрения гипертрофии столиц, вызывающая сверхконцентрацию населения и, следовательно, бытовых отходов, обусловила в последнее время появление новой проблемы полигонных (свалочных) газов. В 2018 г. от них серьезно страдали жители Волоколамска, соседствующего с мусорным полигоном «Ядрово». В 2017 г. неприятные запахи от полигона «Кучино» близ Балашихи ощущали не только ее жители, но и москвичи в центре столицы. Впрочем, источник этих запахов очень долго выявлялся контролирующими органами и установлен лишь вероятно, что свидетельствует об изъянах мониторинга воздуха даже в Москве. Запахи и превышения ПДК сероводорода периодически появляются в Москве и часто связываются с деятельностью Московского НПЗ (хотя это не подтверждалось официально) и другими источниками.

Кроме территориальной, необходима и вразумительная государственная экологическая политика, которой тоже пока нет. Так, принятая в 2006 г. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики России до 2020 г. (правда, нереализованная из-за очередного кризиса) предусматривала высвобождение газа для обеспечения экспортных поставок и переориентацию отечественной энергетики на менее экологичные виды топлива. Доля газа должна была уменьшиться с 68 до 50 %, а угля — возрасти с 25 до 46 %. Намного более экологичный газ резервировался не «для внуков», а для экспорта. Россия — крупнейший в мире экспортер природного газа, а уровень газификации, например, Сахалинской области (газодобывающего региона) составляет 11 %. При этом для строящейся Сахалинской ГРЭС-2 в качестве топлива выбран уголь вместо газа, что, кстати, вызвало удорожание проекта. Заметим, что это внеэкономическое решение нельзя назвать социальным, ведь население нуждается не только в рабочих местах в сфере угледобычи, но и в чистом воздухе. К этому можно добавить, что в «нулевые» годы разрабатывались проекты дальневосточных угольных электростанций для экспорта электроэнергии в Китай.

Среди городов с особо «грязным» воздухом много центров алюминиевой промышленности, которая работает во многом на импортном сырье и экспортирует львиную долю своей продукции. При этом почти 50 % российского потребления алюмосодержащих изделий это импорт. А вредные выбросы алюминиевого производства, естественно, остаются «нам и внукам».

После запуска нефтепровода Восточная Сибирь — Тихий океан легкие сорта нефти пошли на азиатский рынок, а на нефтеперерабатывающие заводы центра России увеличились поставки высокосернистой (следовательно, менее экологичной) нефти.

Конечно, нельзя, как ортодоксальные «зеленые», фокусироваться только на интересах охраны окружающей среды, нужно видеть экологические вопросы во всем комплексе социально-экономических проблем страны. Торможение в экологических целях угледобычи создает проблему рабочих мест, которая не решается в одночасье. Однако безудержное наращивание угольного экспорта (за 1993—2016 гг. российский экспорт угля возрос более чем в 8 раз — с 19 до 166 млн т) и переход с газовой на угольную генерацию ухудшают и без того невысокое качество атмосферного воздуха в городах и не отвечают российским национальным экологическим интересам.

### **Заключение**

Составленная карта, отражающая размещение городов России с высоким уровнем загрязнения атмосферы за 1991—2016 гг., выявляет районы их концентрации: Прибайкалье и Забайкалье, юг Сибири (в особенности Восточной), Средний и Южный Урал, Московско-Тульский ареал. Среди регионов России с высоким уровнем загрязнения выделяются города Иркутской области, Красноярского края, а также Свердловской и Челябинской областей.

Выявлены ведущие факторы формирования экологической обстановки в городах в зависимости от их локализации, специализации и людности: крупные

выбросы промышленности и транспорта; выбросы преимущественно «неорганизованных» источников загрязнения; высокий естественный потенциал загрязнения атмосферы; «импорт» загрязнений из внешних источников из-за неблагоприятного эколого-географического положения.

Для обеспечения качества атмосферного воздуха на уровне санитарных норм в более чем сотне российских городов требуется сократить вредные выбросы не на несколько процентов, а в разы. Поэтому пока стратегическая цель кардинального оздоровления городской среды не достигнута, нужно принимать меры тактического характера — обеспечить жителей городов компенсирующими надбавками за проживание в экологически неблагоприятных условиях.

Кардинальное решение проблемы грязного воздуха в российских городах невозможно без регулирования территориального развития страны, которое практически отсутствует. А рыночная стихия ведет к неуправляемой концентрации населения и хозяйства в ограниченном числе городов, влекущей за собой комплекс неразрешимых экологических проблем, что не отвечает российским национальным экологическим интересам.

© Ключев Н.Н., Яковенко Л.М., 2018



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

#### **Благодарности:**

Исследование выполнено по бюджетной теме Института географии РАН «Пространственная динамика, градиенты и территориальные конфликты в современной России».

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- [1] *Klyuev N.N.* Russia's Natural-Resource Sphere and Trends in Its Development // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2015. Vol. 85. No. 4. Pp. 303—315. DOI: 10.1134/S2079970514040091.
- [2] Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». М.: Минприроды России; НИИ-Природа, 2017. 760 с.
- [3] *Кочуров Б.И.* География экологических ситуаций (экодиагностика территорий). М.: ИГ РАН, 1997. 156 с.
- [4] Природопользование в территориальном развитии современной России / под ред. И.Н. Волковой, Н.Н. Ключева. М.: Медиапресс, 2014. 360 с.
- [5] Экологический атлас России. М.: Карта, 2002. 128 с.
- [6] *Стурман В.И.* География экологического неблагополучия российских городов // Экология урбанизированных территорий. 2007. № 1. С. 47—52.
- [7] *Битюкова В.Р.* Социально-экологические проблемы развития городов России. М.: ЛИБРОКОМ, 2009. 448 с.
- [8] *Касимов Н.С., Битюкова В.Р., Власов Д.В.* Экологическое состояние городов России // Геохимия ландшафтов и география почв. М.: АПР, 2012. С. 157—185.
- [9] *Bitjukova V.R., Safronov S.G.* Assessment of the Ecological Situation in Russia Using the Method of Potential Surfaces of Human Impact // Regional Research of Russia. 2015. No. 4. Pp. 367—377. DOI: 10.1134/S2079970515040048.
- [10] *Веселова В.Н.* Воздействие на атмосферу // География Сибири в начале XXI в.: в 6 т. Т. 4. Природопользование. Новосибирск: Гео, 2014. С. 211—226.
- [11] *Безуглая Э.Ю.* Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 184 с.

- [12] *Коломейцева О.Л.* Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения в городах Приморского края // *Вестник Российского университета дружбы народов.* Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2013. № 4. С. 79—84.
- [13] *Соколовский В.Г.* Атмосферный воздух России // *Использование и охрана природных ресурсов в России.* 2005. № 1. С. 96—108.
- [14] *Klyuev N.N.* Industrial and Transport Development of the Territory of Russia in the Post-Soviet Period // *Geography and Natural Resources.* 2018. Vol. 39. No. 1. Pp. 1—9. DOI: 10.1134/S1875372818010018.

**История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 23.05.2018

Дата принятия к печати: 20.06.2018

**Для цитирования:**

*Клюев Н.Н., Яковенко Л.М.* «Грязные» города России: факторы, определяющие загрязнение атмосферного воздуха // *Вестник Российского университета дружбы народов.* Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 2. С. 237—250. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-237-250

**Сведения об авторах:**

*Клюев Николай Николаевич* — доктор географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геополитических исследований Института географии РАН. *Контактная информация:* e-mail: klyuev@igras.ru

*Яковенко Лариса Макаровна* — научный сотрудник отдела социально-экономической географии Института географии РАН. *Контактная информация:* e-mail: larisa.mak.yak@igras.ru

## **“Dirty” cities in Russia: factors determining air pollution**

**N.N. Klyuev, L.M. Yakovenko**

Institute of Geography of RAS  
29 Staromonetny St., Moscow, 119017, Russian Federation

The analysis of quality of atmospheric air in cities of Russia for 2000—2016 has been carried out. During this period 4 cities (Bratsk, Magnitogorsk, Chita and Yuzhno-Sakhalinsk) almost every year fell into the “black lists” of Roshydromet — both chronically and extremely polluted cities. Among Russian regions on high level of atmospheric pollution the cities of Irkutsk region (Bratsk, Irkutsk, Zima, etc.), Krasnoyarsk region (Krasnoyarsk, Norilsk, Minusinsk, etc.), as well as Sverdlovsk (Yekaterinburg, Nizhny Tagil, etc.) and Chelyabinsk (Magnitogorsk, Chelyabinsk, etc.) regions are allocated. The leading factors of formation of environmental situation in cities depending on their localization, specialization and population size have been revealed: 1) large industrial emissions (Norilsk,



Novokuznetsk, etc.) and transport emissions (Moscow, Yekaterinburg, etc.); 2) emissions of mostly unidentified sources of pollution (Selenginsk, Zima, etc.); 3) high natural potential of atmospheric pollution (Neryungri, Chita, etc.); 4) “import” of pollution from external sources due to an unfavorable ecological and geographical location (Minusinsk, Yasnaya Polyana, etc.). Possible mutual influences of environmental situation in cities and regional development have been considered.

**Keywords:** Russian cities, atmospheric pollution, factors of formation of environmental situation, regional development

## REFERENCES

- [1] Klyuev NN. Russia’s natural-resource sphere and trends in its development. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2015;85(4): 303—315. DOI: 10.1134/S2079970514040091.
- [2] *Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2016 g.»* [The State Report “On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2016”]. Moscow: Minprirody Rossii Publ.; NIA-Priroda Publ.; 2017. (In Russ.)
- [3] Kochurov BI. *Geografiya ehkologicheskikh situacij (ehkodiagnostika territorij)* [The geography of environmental situations (ecodiagnosics of the territories)]. Moscow: IG RAN Publ.; 1997. (In Russ.)
- [4] Vólkovej IN., Klyueva NN. (eds.) *Prirodopol’zovanie v territorial’nom razvitii sovremennoj Rossii* [Environmental management in the territorial development of modern Russia]. Moscow: Mediapress Publ.; 2014. (In Russ.)
- [5] *Ehkologicheskij atlas Rossii* [Ecological Atlas of Russia]. Moscow: Karta Publ.; 2002. (In Russ.)
- [6] Sturman V.I. Geografiya ehkologicheskogo neblagopoluchiya rossijskih gorodov [Geography of environmental problems in Russian cities]. *Ehkologiya urbanizirovannyh territorij*. 2007;1: 47—52. (In Russ.)
- [7] Bityukova VR. *Social’no-ehkologicheskie problemy razvitiya gorodov Rossii* [Socio-ecological problems of urban development in Russia]. Moscow: LIBROKOM Publ.; 2009. (In Russ.)
- [8] Kasimov NS., Bityukova VR., Vlasov DV. Ekologicheskoe sostoyanie gorodov Rossii [Ecological condition of Russian cities]. In: *Geohimiya landshaftov i geografiya pochv* [Geochemistry of landscapes and geography of soils]. Moscow: APR Publ.; 2012. p. 157—185. (In Russ.)
- [9] Bityukova VR., Safronov SG. Assessment of the ecological situation in Russia using the method of potential surfaces of human impact. *Regional Research of Russia*. 2015;4: 367—377. DOI: 10.1134/S2079970515040048.
- [10] Véselova VN. Vozdejstvie na atmosferu [Effects on the atmosphere]. In: *Geografiya Sibiri v nachale XXI v.* [Geography of Siberia in the beginning of the 21st century]. Vol. 4. *Prirodopol’zovanie* [Nature management]. Novosibirsk: Geo Publ.; 2014. p. 211—226. (In Russ.)
- [11] Bezuglaya EYu. *Meteorologicheskij potencial i klimaticheskie osobennosti zagryazneniya vozduha gorodov* [Meteorological potential and climatic characteristics of urban air pollution]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ.; 1980. (In Russ.)
- [12] Kolomejceva OL. Ocenka vliyaniya zagryazneniya atmosfernogo vozduxa na zaboлеваemost’ naseleniya v gorodax Primorskogo kraja [Assessment of the impact of atmospheric air pollution on population morbidity in the cities of Primorsky krai]. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatelnosti* [Bulletin of Peoples’ Friendship University of Russia. Series: Ecology and Life Safety]. 2013;4: 79—84. (In Russ.)
- [13] Sokolovskij VG. Atmosferyj vozduh Rossii [Atmospheric air of Russia]. *Ispol’zovanie i ohrana prirodnyh resursov v Rossii*. 2005;1: 96—108. (In Russ.)
- [14] Klyuev NN. Industrial and transport development of the territory of Russia in the Post-Soviet period. *Geography and Natural Resources*. 2018;39(1): 1—9. DOI: 10.1134/S1875372818010018.

### Article history:

Received: 23.05.2018

Revised: 20.06.2018

**For citation:**

Klyuev NN, Yakovenko LM. “Dirty” cities in Russia: factors determining air pollution. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(2): 237–250. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-237-250

**Bio Note:**

*Klyuev Nikolai Nikolaevich* — Ph. Doctor of Geography, Leading Scientific Researcher, Institute of Geography of Russian Academy of Sciences. *Contact information:* e-mail: klyuev@igras.ru

*Yakovenko Larisa Makarovna* — Scientific Researcher, Institute of Geography of Russian Academy of Sciences. *Contact information:* e-mail: larisa.mak.yak@igras.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-251-260

УДК 378.1:504

## Обоснование экологической политики на уровне университета

Л.Е. Круглова, М.М. Редина, А.П. Хаустов

Российский университет дружбы народов  
Российская Федерация, 115093, Москва, Подольское ш., 8/5

В статье представлено обоснование экологической политики на уровне университета, предложены ее основные составляющие элементы, выявленные на основе анализа экополитик российских и международных вузов, а также основополагающих концепций, сформированных для Российской Федерации. Показан метод, на основании которого возможно выявление слабых мест экологической безопасности университета, требующих особого внимания. Этим методом является всемирный рейтинг университетов GreenMetric (GreenMetric World University Rankings), цель которого — ранжирование вузов по всему миру в зависимости от устойчивого экологического развития кампусов и создания энергосберегающей модели управления университетами. Согласно этому рейтингу был произведен расчет на примере Российского университета дружбы народов и подробно рассмотрены причины полученных значений, так как именно эти результаты дают вузу основание усилить недоработанные моменты соответствующими пунктами экологической политики.

**Ключевые слова:** экологическая политика, экологический рейтинг, экология, устойчивое развитие, кампус

### Введение

Эффективность осуществления экологической политики по значимости может быть сравнима с реализацией устойчивого развития. Она должна стать практическим инструментом для обеспечения надежной системы приоритетов и индикации любых моделей устойчивого развития, охраны природы, обеспечения разумного природопользования и здоровья человека. Проблема внедрения экологической политики на уровне университета является актуальной на сегодняшний день, так как экополитика представляет собой определенную совокупность намерений и принципов, создающих основу для разработки конкретных целей и задач для деятельности по улучшению экологической ситуации на территории вуза.

Целью настоящей работы является формирование основ экологической политики университета на примере действующего вуза с учетом многочисленных экологических, экономических, управленческих и других факторов.

Внедрение экологической политики позволит университету снизить антропогенную нагрузку на своей территории, что благоприятно скажется на состоянии окружающей среды, здоровье студентов и сотрудников, а также местных жителей, проживающих в данном районе.

Инновационная среда вуза тесно взаимодействует с экологической политикой, поскольку использование передовых решений и энергосберегающих технологий позволяет высшему образовательному учреждению функционировать без ущерба для его основной образовательной деятельности. Широкое использование накопленного инновационного потенциала при реализации экологической политики дает возможность университету продемонстрировать свои основные достижения в области рационального природопользования, а также показать себя с лучшей стороны как для инвесторов, партнеров и абитуриентов, так и для всего региона в целом. Однако следует отметить, что реализация экологической политики не должна приуменьшать и отодвигать на второй план реализацию инновационной политики вуза, ее исполнение должно проходить рационально и согласовываться с другими нормативными документами университета [1].

На сегодняшний день большинство ведущих вузов мира реализуют стратегию устойчивого развития, которая включает в себя не только развитие образования и технологий, но и обширную экологическую стратегию под названием Green Campus («Зеленый кампус») [1].

Стратегия устойчивого развития «Зеленый кампус» предполагает реализацию экологической политики, которая находится на одном уровне с инновационной политикой и другими мероприятиями, носящими системный характер. Следует отметить, что любое экологическое преобразование связано, прежде всего, с экономией и оптимальным распределением ресурсов, так как невозможно обеспечить устойчивое развитие университета без разработки и внедрения инноваций рационального природопользования.

Для формирования экологической политики высшего образовательного учреждения наибольший интерес представляет всемирный рейтинг университетов GreenMetric (GreenMetric World University Rankings) [2], целью которого является ранжирование вузов по всему миру в зависимости от устойчивого экологического развития кампусов и создания энергосберегающей модели управления университетами.

Для 2017 г. руководством GreenMetric были определены критерии и их весовые коэффициенты для расчета рейтинга, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

**Категории и весовые коэффициенты для расчета рейтинга GreenMetric [2]**

**The categories and weighting factors to calculate the rating GreenMetric**

№	Категория	Процент от общей суммы (%)
1.	Окружение и инфраструктура (SI)	15
2.	Энергия и изменение климата (EC)	21
3.	Отходы (WS)	18
4.	Вода (WR)	10
5.	Транспорт (TR)	18
6.	Образование (ED)	18
	Итого	<b>100</b>

№	Criteria	The percentage of the total amount (%)
1.	Setting and Infrastructure (SI)	15
2.	Energy and Climate Change (EC)	21
3.	Waste (WS)	18
4.	Water (WR)	10
5.	Transportation (TR)	18
6.	Education (ED)	18
	Total amount	<b>100</b>

Из этого следует, что экологический рейтинг представляет собой анализ индексов экологической эффективности университета, необходимый для выявления проблемных областей, требующих дальнейшей корректировки экологической политики и повышения ее результативности.

## Материалы и методы

В настоящее время подходы к формированию экологической политики университета еще не разработаны. Поэтому при ее написании можно опираться на концепции, сформированные для государства, а также на политики, написанные для других отечественных и зарубежных вузов.

Проанализировав экополитики нескольких российских университетов, программы «Зеленый Кампус» (Green Campus) в США и «ЭкоКампус» (EcoCampus) в Великобритании, систему экологического менеджмента в зарубежных вузах, были выделены основные элементы и общие черты, присутствующие в данных документах.

Экологическая политика представляет собой основу формирования экологических целей и задач университета. Политика должна быть понятной для заинтересованных сторон, а также подлежать постоянному пересмотру, чтобы оставаться актуальной в изменяющихся условиях.

Элементами экологической политики являются: цели, задачи, принципы, приоритеты и механизмы реализации (инструменты). Данные элементы для каждого вуза можно сформировать, проанализировав его особенности. При этом нужно обратить особое внимание на слабые места, исходя из анализа рейтинга, представленного ниже.

Для выявления позиций, требующих наибольшего внимания в данный момент, был использован рейтинг GreenMetric, разработанный индонезийским университетом World University Rankings. Цель рейтинга — количественная оценка усилий по поддержанию устойчивости (экологичности) кампусов.

Согласно методике [2] каждому критерию (табл. 1) присваивается свой коэффициент, в соответствии с которым университет может сделать вывод, насколько он близок к эталонному значению, предложенному методикой.

## Результаты и их обсуждение

Для установления особенностей, характерных для РУДН, был произведен расчет критериев. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов критериев рейтинговой оценки

№	Категории и индикаторы	Баллы	Расчетные значения
	<b>Окружение и инфраструктура (SI)</b>		
SI 1.	Отношение площади открытого пространства к общей площади	300	200
SI 2.	Отношение площади открытого пространства к населению кампуса	300	200
SI 3.	Площадь кампуса, покрытая лесом	200	100
SI 4.	Площадь кампуса, покрытая посаженной растительностью	200	200

Продолжение табл. 2

№	Категории и индикаторы	Баллы	Расчетные значения
SI 5.	Площадь кампуса, поглощающая воду	300	0
SI 6.	Бюджет университета, выделенный на цели устойчивого развития	200	150
	<b>Итого</b>	<b>1500</b>	<b>850</b>
	<b>Энергия и изменение климата (EC)</b>		
EC 1.	Использование энергоэффективных приборов	200	150
EC 2.	Внедрение «умных зданий»	300	0
EC 3.	Производство возобновимой энергии на территории кампуса	300	0
EC 4.	Отношение общего потребления электроэнергии к населению кампуса	300	200
EC 5.	Соотношение возобновляемых источников энергии к потреблению энергии	200	0
EC 6.	Применение элементов зеленого строительства	300	300
EC 7.	Программа сокращения выбросов парниковых газов	200	132
EC 8.	Отношение общего углеродного следа к населению кампуса	300	300
	<b>Итого</b>	<b>2100</b>	<b>1082</b>
	<b>Отходы (WS)</b>		
WS 1.	Программа сокращения использования бумаги и пластика в кампусе	300	300
WS 2.	Программа рециклинга отходов университета	300	99
WS 3.	Обращение с токсичными отходами	300	300
WS 4.	Обращение с органическими отходами	300	0
WS 5.	Обращение с неорганическими отходами	300	198
WS 6.	Очистные сооружения	300	198
	<b>Итого</b>	<b>1800</b>	<b>1095</b>
	<b>Вода (WR)</b>		
WR 1.	Программа водосбережения	300	75
WR 2.	Программа повторного использования воды	300	0
WR 3.	Использование водосберегающих приборов	200	100
WR 4.	Потребление очищенной (оборотной) воды	200	0
	<b>Итого</b>	<b>1000</b>	<b>175</b>
	<b>Транспорт (TR)</b>		
TR 1.	Отношение количества транспортных средств (автомобилей и мотоциклов) к населению кампуса	200	150
TR 2.	Отношение автобусных маршрутов к населению кампуса	200	50
TR 3.	Отношение количества велосипедов к населению кампуса	200	100
TR 4.	Тип парковочной зоны	200	50
TR 5.	Транспортные инициативы по сокращению частных транспортных средств на территории кампуса	200	100
TR 6.	Транспортная программа, предназначенная для ограничения или уменьшения парковки в кампусе, за последние 3 года	200	50
TR 7.	Услуги автобусов	300	300
TR 8.	Велосипедная и пешеходная политика	300	198
	<b>Итого</b>	<b>1800</b>	<b>998</b>
	<b>Образование (ED)</b>		
ED 1.	Соотношение курсов в области устойчивого развития к общим курсам/модулям	300	50
ED 2.	Соотношение финансирования исследований в области устойчивого развития к общему финансированию исследований	300	100
ED 3.	Публикации в области устойчивого развития	300	300

Окончание табл. 2

ED 4.	Мероприятия, связанные с устойчивым развитием	300	200
ED 5.	Студенческие организации в области устойчивого развития	300	0
ED 6.	Веб-сайт по вопросам в области устойчивого развития	300	0
	<b>Итого</b>	<b>1800</b>	<b>650</b>
	<b>ВСЕГО</b>	<b>10 000</b>	<b>4850</b>

*Примечание.* Баллы — максимально возможное значение согласно методике [2]; расчетные значения — баллы, полученные в ходе расчетов согласно методике [2].

Table 2

**The results of calculations of the criteria of rating**

№	Categories and indicators	Points	Calculated value
	<b>Setting and Infrastructure (SI)</b>		
SI 1.	Ratio of open space to total area	300	200
SI 2.	The ratio of the area of open space to the population of the campus	300	200
SI 3.	Total area on campus covered in forest	200	100
SI 4.	Total area on campus covered in planted vegetation	200	200
SI 5.	Total area on campus for water absorption beside forest and planted vegetation	300	0
SI 6.	University budget for sustainability effort within a year	200	150
	<b>Total amount</b>	<b>1500</b>	<b>850</b>
	<b>Energy and Climate Change (EC)</b>		
EC 1.	Energy efficient appliances usage are replacing conventional appliances	200	150
EC 2.	Smart Building implementation	300	0
EC 3.	Renewable energy produce inside campus	300	0
EC 4.	The ratio of total consumption to the population of the campus	300	200
EC 5.	Ratio of renewable energy produce/production towards total energy usage per year	200	0
EC 6.	Elements of green building implementation as reflected in all construction and renovation policy	300	300
EC 7.	Greenhouse gas emission reductions program	200	132
EC 8.	The ratio of the total carbon footprint of the population of the campus	300	300
	<b>Total amount</b>	<b>2100</b>	<b>1082</b>
	<b>Waste (WS)</b>		
WS 1.	Program to reduce the use of paper and plastic in campus	300	300
WS 2.	Recycling program for university waste	300	99
WS 3.	Toxic waste handled	300	300
WS 4.	Organic waste treatment	300	0
WS 5.	Inorganic waste treatment	300	198
WS 6.	Sewerage disposal	300	198
	<b>Total amount</b>	<b>1800</b>	<b>1095</b>
	<b>Water (WR)</b>		
WR 1.	Water conservation program implementation	300	75
WR 2.	Water recycling program implementation	300	0
WR 3.	The use of water efficient appliances	200	100
WR 4.	Piped water consumed	200	0
	<b>Total amount</b>	<b>1000</b>	<b>175</b>

End of table 2

№	Categories and indicators	Points	Calculated value
	<b>Transportation (TR)</b>		
TR 1.	Ratio of vehicles (cars and motorcycles) to campus population	200	150
TR 2.	The attitude of the shuttle bus route to the campus population	200	50
TR 3.	The ratio of bicycles to the population of the campus	200	100
TR 4.	Parking area type	200	50
TR 5.	Transportation initiatives to decrease private vehicles on campus	200	100
TR 6.	Transportation program designed to limit or decrease the parking area on campus over the last 3 years	200	50
TR 7.	Shuttle service	300	300
TR 8.	Bicycle and pedestrian policy on campus	300	198
	<b>Total amount</b>	<b>1800</b>	<b>998</b>
	<b>Education (ED)</b>		
ED 1.	The ratio of courses in the field of sustainable development in general courses/modules	300	50
ED 2.	The ratio of research funding in the field of sustainable development of total research funding	300	100
ED 3.	Number of scholarly publications on environment and sustainability published	300	300
ED 4.	Number of events related to environment and sustainability	300	200
ED 5.	Number of student organizations related to environment and sustainability	300	0
ED 6.	Existence of a university-run sustainability website	300	0
	<b>Total amount</b>	<b>1800</b>	<b>650</b>
	<b>ALL</b>	<b>10 000</b>	<b>4850</b>

*Notation.* Points — maximum possible value according to the method [2]; calculated values — data obtained in the course of calculations according to the method [2].

Были получены данные, которые наглядно отображают ситуацию рассматриваемого учебного заведения. Обоснуем причины результатов.

*Окружение и инфраструктура.* Данный критерий показывает экологический комфорт и озеленение территорий университета и кампуса. Результат составляют 850 баллов из возможных 1500. Как видно из сравнения, итог не достигает максимальных значений. При этом увеличение показателя этой категории не представляется возможным для рассматриваемого учебного заведения. Снижению баллов способствуют невозможность увеличения количества посаженной растительности и отсутствие площади, поглощающей воду (открытого грунта), так как это снизит комфортность перемещений по территории для сотрудников и студентов. При этом следует принять во внимание, что застройка и обустройство территорий происходили в советское время при действии других стандартов. Таким образом, можно сделать вывод, что изменение показателей данного критерия невозможно.

*Энергия и изменение климата.* Данная категория отражает наличие энергосберегающих технологий, которые являются одним из ключевых направлений развития энергетической политики, и получила 1082 балла из 2100. Такие данные связаны с отсутствием на территории «умных зданий», источников возобновляемой энергии, а также тем, что программа сокращения парниковых газов находится на начальной стадии реализации.



Полученные результаты наглядно отражают необходимость корректировки и доработки политики энергосбережения, что может быть отражено в экологической политике.

*Отходы.* Итогом служит значение в 1095 баллов из возможных 1800. Это связано с отсутствием условий для переработки отходов непосредственно на территории вуза. Тем не менее возможно увеличение показателя за счет продвижения программы рециклинга отходов, которая в данный момент начинает разрабатываться.

*Вода.* Категория, набравшая наименьшее количество баллов в процентном соотношении, а именно 175 из 1000 (17,5 %). Это связано с тем, что для достижения максимального результата университет должен разработать и реализовать программу водосбережения для зданий университета и жилых кампусов, осуществить систему сбора дождевой воды и программу повторного использования воды для садового полива, смыва в уборных или систем охлаждения. Повысить результат возможно за счет увеличения использования водосберегающих приборов более чем на 75 % от общего числа.

*Транспорт.* Характеризует транспортную политику университета, направленную на увеличение количества бесплатных автобусных маршрутов и снижение частного транспорта на территории, популяризацию велосипедов среди студентов и сотрудников. Итог в 998 баллов из 1800 связан с начальной стадией разработки программы, предназначенной для ограничения парковки на территории кампуса, и малым количеством автобусных маршрутов.

*Образование.* Индикатор, показывающий уровень экологического образования в университете. Результатом является 650 баллов из 1800 возможных, что связано с недостаточным количеством курсов и мероприятий, а также отсутствием веб-сайта в области устойчивого развития.

## **Заключение**

В результате проведенного анализа можно отметить, что российскому вузу не просто соответствовать современным международным требованиям. Однако это дает основание университету пересмотреть собственные приоритеты и двигаться в сторону устойчивого развития.

Вопросы устойчивого развития, экологии и охраны окружающей среды внедрены РУДН практически во все программы высшего образования. Университетом были сформулированы 17 глобальных целей на 2015—2030 гг.

1. Ликвидация нищеты. Качественное образование, позволяющее студентам стать высококвалифицированными специалистами, которые способны эффективно решать проблемы обеспечения доступа к необходимым природным ресурсам и вопросы их рационального использования.

2. Ликвидация голода. Обеспечение продовольственной безопасности, улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства — важнейшие направления исследований и образовательной деятельности.

3. Хорошее здоровье и благополучие. Обеспечение здоровья студентов и сотрудников благодаря высококачественному медицинскому обслуживанию, обеспечению комфортных условий обучения, работы, отдыха, проживания.

4. Качественное образование — важнейшая цель и основное направление деятельности.

5. Гендерное равенство. Равенство возможностей — одна из основных ценностей университета.

6. Чистая вода и санитария. Сбережение воды и других ресурсов, поддержание качественной среды обитания — часть корпоративной культуры.

7. Недорогостоящая и чистая энергия. РУДН стремится к энергосбережению и пропагандирует эту деятельность.

8. Достойная работа и экономический рост. Университет — престижная образовательная организация и место работы для целеустремленных и высококвалифицированных специалистов.

9. Индустриализация, инновации и инфраструктура. РУДН — центр передовых исследований по ключевым направлениям развития науки и технологий в России.

10. Уменьшение неравенства. РУДН — университет равных возможностей, где могут успешно реализовать себя студенты и специалисты из разных стран, разных вероисповеданий и национальностей.

11. Устойчивые города и населенные пункты — одно из центральных научных направлений РУДН. Университет реализует проекты, направленные на формирование стратегий устойчивого развития, повышение показателей экологической результативности, энерго- и ресурсоэффективности.

12. Ответственное потребление и производство. Университет осознает свою ответственность за воздействие на окружающую среду и демонстрирует своим примером возможности по экологизации.

13. Борьба с изменением климата. Вопрос сохранения климата в центре научных исследований специалистов университета.

14. Сохранение морских экосистем. РУДН развивает образовательные программы по сохранению морской среды, поддерживает научные исследования по тематике изучения и сохранения морской среды.

15. Сохранение экосистем суши. Значительное количество научных исследований и образовательных программ посвящено сохранению экосистем суши.

16. Мир, правосудие и эффективные институты. Образование — один из действенных инструментов «мягкой силы», способствующей распространению идей мира и взаимопонимания.

17. Партнерство в интересах устойчивого развития. Осуществляется научное и образовательное сотрудничество с вузами и научными организациями практически по всему миру. Студенты РУДН — представители 155 стран.

Университет демонстрирует возможности обеспечения устойчивого развития также посредством экологической политики.

Экополитика может служить основным инструментом корректировки слабых мест вуза и задавать правильный вектор дальнейшего движения и изменений, что благоприятно сказывается как на окружающей обстановке, так и на международном престиже.

Отсюда следует, что при написании собственной экологической политики университет может руководствоваться опытом других российских и международных вузов и расчетами на основании рейтинга GreenMetric. Несмотря на вероятный

невысокий результат, университеты должны стремиться к соответствию новым стандартам и нормам в области устойчивого развития и экологического благополучия.

© Круглова Л.Е., Редина М.М., Хаустов А.П., 2018



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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Уражок Т.В.* Внедрение концепции «Зеленый кампус» как составляющей инновационного потенциала вуза // Регулирование экономической деятельности и деловая среда: проблемы, перспективы и решения: сборник трудов по материалам I Международной научно-практической конференции. 2016. № 1(1). С. 386–394.
- [2] Руководство GreenMetric. Всемирный рейтинг университетов 2017. Электронный источник: [ui\\_greenmetric\\_guideline\\_2017.pdf](#) (дата обращения: 04.06.2018).

### История статьи:

Дата поступления в редакцию: 14.04.2018

Дата принятия к печати: 06.05.2018

### Для цитирования:

*Круглова Л.Е., Редина М.М., Хаустов А.П.* Обоснование экологической политики на уровне университета // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 2. С. 251–260. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-251-260

### Сведения об авторах:

*Круглова Лолита Евгеньевна* — студентка 2-го курса магистратуры экологического факультета Российского университета дружбы народов. *Контактная информация:* e-mail: lolita.ev.kruglova@gmail.com

*Редина Маргарита Михайловна* — доктор экономических наук, доцент, декан экологического факультета, заведующая кафедрой прикладной экологии Российского университета дружбы народов. *Контактная информация:* e-mail: redina\_mm@rudn.university

*Хаустов Александр Петрович* — доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры прикладной экологии Российского университета дружбы народов, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации. *Контактная информация:* e-mail: khaustov\_ap@rudn.university

## Justification of environmental policy at the university level

L.E. Kruglova, M.M. Redina, A.P. Khaustov

Peoples' Friendship University of Russia  
8/5 Podolskoe shosse, Moscow, 115093, Russian Federation

This paper presents the rationale for environmental policy at the university level, its main constituent elements identified on the basis of the analysis of the environmental policies of Russian and international

universities, as well as the fundamental concepts formed for the Russian state. The method on the basis of which it is possible to identify weaknesses of ecological safety of the university requiring special attention is shown. This method is the world ranking of universities GreenMetric (GreenMetric world University Rankings), the purpose of which is to rank universities around the world, depending on the sustainable environmental development of campuses and the creation of an energy-saving model of university management. The calculation is made according to this rating on the example of the Peoples' Friendship University of Russia and the reasons for the received values are considered in detail, since these results give the university grounds to strengthen the unfinished moments by the relevant paragraphs of environmental policy.

**Keywords:** environmental policy, ecological policy, environmental rating, ecology, sustainable development, campus

## REFERENCES

- [1] Urazhok T.V. Vnedreniye kontseptsii «Zelenyy kampus» kak sostavlyayushchey innovatsionnogo potentsiala vuza. In: *Regulirovaniye ekonomicheskoy deyatelnosti i delovaya sreda: problemy, perspektivy i resheniya. Sbornik trudov po materialam I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. 2016;1(1): 386—394. (In Russ.)
- [2] *GreenMetric University Ranking 2017. Manual*. Available from: [ui\\_greenmetric\\_guideline\\_2017.pdf](#) (accessed: 4th June 2018).

### Article history:

Received: 14.04.2018

Revised: 06.05.2018

### For citation:

Kruglova LE, Redina MM, Khaustov AP. Justification of environmental policy at the university level. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(2): 251—260. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-251-260

### Bio Note:

*Kruglova Lolita Evgenievna* — Master Student of the 2nd year of the Ecological Faculty of Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information:* e-mail: lolita.ev.kruglova@gmail.com

*Redina Margarita Michaylovna* — Doctor of Economics Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Ecology, Head of the Department of Applied Ecology of Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information:* e-mail: redina\_mm@rudn.university

*Khaustov Alexander Petrovich* — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Applied Ecology of Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation. *Contact information:* e-mail: khaustov\_ap@rudn.university



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-261-268

УДК 504.03(075)

## Устойчивое развитие: междисциплинарные аспекты совершенствования учебного курса

Т.В. Ващалова

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

Актуальным для совершенствования учебного курса «Устойчивое развитие» является знакомство студентов с основными принципами системного анализа междисциплинарных проблем, методологией анализа риска и различными аспектами влияния социокультурных особенностей общества на состояние окружающей среды и безопасное функционирование техносферы.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, высшее образование, системный подход, общественное сознание

**Актуальность.** Концепция устойчивого развития с первых лет ее организационного оформления существует как компонент высшего и среднего специального образования. Наиболее серьезны его позиции в естественно-научном и уже в экологическом сегментах.

Современная практика преподавания курса «Устойчивое развитие», на наш взгляд, нуждается в совершенствовании как по структуре, так и по содержанию. Основное направление оптимизации — изменение содержательной части за счет увеличения доли блоков общенаучной, гуманитарной и методологической информации. Это диктует междисциплинарный характер самой проблемы перехода к устойчивому развитию (в глобальном масштабе) и ее значение среди иных глобальных проблем.

**Цель работы.** Автор не ставит своей задачей представить готовый план или тезисы дополнительных (замещающих) разделов в курс лекций по устойчивому развитию, однако хотела бы предложить заинтересованным коллегам результаты разномасштабных обобщений на означенную тему. Они могут быть в той или иной форме использованы в лекциях и на семинарских занятиях или послужить основой для собственных творческих разработок.

### Материалы и методы

В основе содержательной части статьи анализ литературных источников, осмысление опыта преподавания курса «Устойчивое развитие» и подготовки одноименного учебного пособия. Источники, использованные непосредственно или переосмысленные автором, группируются следующим образом:

а) труды, вошедших в «золотой фонд» библиотеки устойчивого развития (В.И. Вернадский, Н.И. Моисеев, К.С. Лосев, В.И. Данилов-Данильян и др.);

б) труды философов, социологов и культурологов, разрабатывавших проблему взаимодействия общества, природы и техносферы, а также представителей естественных наук, пытавшихся увязать результаты гуманитарных исследований с социально-экологической практикой или оценить меру реализуемости тех или иных стратегий перехода к устойчивому развитию;

в) литература по теории риска и практическим приложениям риск-анализа для разработки комплекса мероприятий по безопасному функционированию природно-хозяйственных систем.

Автор не претендует на исчерпывающий характер своего обобщения и будет рада, если коллеги включатся в дальнейшую разработку данной темы.

## **Обсуждение и результаты**

### *Общая характеристика содержательной части дополнительных тематических блоков*

Междисциплинарность проблематики устойчивого развития проявляется не только в целях и задачах, записанных в профильных документах ООН. В работах ведущих специалистов этого направления неоднократно указывалось на взаимовлияние и взаимозависимость процессов, определяющих устойчивость развития в производственной, социальной и природно-экологической сферах. Это положение диктует необходимость введения в курс «Устойчивое развитие»: 1) понятия о системном анализе, синергетике и соответствующего пополнения понятийного аппарата; 2) информации о концепции управления риском как методической основе выстраивания стратегии управления устойчивым развитием территорий.

1. Синергетика изучает закономерности образования и разрушения упорядоченных структур в сложных неравновесных системах, каковыми являются большинство природных и социальных систем. Важнейшим для понимания особенностей жизнедеятельности таких систем стало открытие И.Р. Пригожиным эффекта бифуркации (в области физической химии) и обоснование Г. Хакеном его действия в иных областях науки, изучающих указанные системы. Принципиальным в эффекте бифуркации является непредсказуемость путей перехода возмущенной системы из одного устойчивого состояния в другое и ее высокая чувствительность даже к весьма слабым возмущающим воздействиям.

Развитие синергетики или теории самоорганизации систем в нашей стране связано с именем С.П. Курдюмова и сложившегося вокруг него круга исследователей разного профиля. Они стимулировали применение синергетического подхода к анализу комплекса проблем нашей страны — экологических, экономических, демографических и, в целом, к проблематике перехода России к устойчивому развитию [1—3]. В частности, синергетический подход, лидером которого выступил академик Н.И. Моисеев, повлиял на переосмысление характера и результатов взаимовлияния человека и природы.

Опора на идеи системного анализа и синергетики требует закрепления в терминологическом аппарате будущих специалистов по проблемам устойчивого развития обозначения пространственной единицы, функционирование и развитие

которой зависит от взаимодействия всего комплекса протекающих здесь процессов. Обобщая термины, использованные для этих целей разными специалистами, предлагаем остановиться на социоприродных системах. Корень «социо» в данном случае трактуется расширительно (и общество, и техносфера), как противопоставление природе. Его менее удачной, на наш взгляд, альтернативой могла бы стать природно-хозяйственная система.

Социоприродная система — высшая иерархическая единица анализа устойчивости развития, которая может использоваться в разномасштабных исследованиях. Основным критерий выделения — единый центр управления ее трансформациями. Ранг полномочий управляющего центра определяет масштаб рассматриваемой системы. В рамках социоприродной системы осмысливается и координируется информация об особенностях жизнедеятельности трех основных подсистем более низкого ранга — природы (окружающей среды), общества и техносферы — и, что особенно важно, их прямых и обратных связей.

Изучение первой из названных подсистем суть профессиональная деятельность представителей естественных наук. Нетехнические особенности развития техносферы как элемента социоприродной системы начинают изучать философы и культурологи. Влияние техносферы (и общества) на природу пока оценивается преимущественно на локальном и точечном уровнях — через оценку последствий хозяйственной (в широком смысле слова) деятельности в штатном и аварийном режимах. Влияние природы на техносферу (и общество) учитывается через эффекты, создаваемые неблагоприятными и опасными природными процессами и стихийными бедствиями.

Взаимодействие общества и техносферы изучается главным образом на региональном и локальном уровнях и только в виде одностороннего влияния — как ухудшение среды обитания, сказывающееся на качестве жизни населения. В более общем виде это взаимодействие, в частности изучение общества как источника рисков для техносферы, позволяет философам указать на диспропорции в темпах модернизации техносферы и сознания (общественного, группового, индивидуального). Это одна из ключевых глобальных проблем, определяющих устойчивость развития. Другой является беспредельность совершенствования техники и технологии, с одной стороны, и конечность биологических (физиологических) возможностей человека как оператора сложных систем, с другой.

2. Практические приложения теории риска (в формате методики его анализа и управления) ныне активно используются в различных сферах деятельности. Знакомство с основами риск-анализа начинается с овладения базовыми понятиями: риск, ущерб, опасность, подверженность, уязвимость, защищенность, источник риска, объект риска. Управление риском основано на здравом смысле, что диктует необходимость ответа на следующие вопросы: 1) что защищать? 2) до какой степени? 3) от чего защищать? 4) какими способами?

Определение объекта защиты для территориальной социоприродной системы в контексте проблематики устойчивого развития однозначно. Это ее население в единстве прошлых, нынешних и грядущих поколений. Остальные подсистемы (природная среда, техносфера) подвергаются рискам функционирования в той мере, в какой это позволяет им выполнять задачи обеспечения жизнедеятельно-

сти социума в оптимальном (в крайнем случае — минимально необходимом) режиме. Эта идеология решения проблемы продвижения на пути к устойчивому развитию нашла практическое применение (в частности [4]), которое необходимо расширять.

Применение риск-анализа требует осознания того, что каждая из трех основных подсистем социоприродной (природно-хозяйственной) системы — источник риска для двух других и одновременно — объект рискованных воздействий от них же. Дальнейшее выявление и ранжирование всех рисков для объекта управления (защиты) — необходимый этап разработки стратегии устойчивого развития. В основе ранжирования рисков понятие об его допустимом уровне, определение которого задается социокультурными и финансово-экономическими реалиями управляющего центра.

Для принятия решений о допустимости риска опасные воздействия от источников разного происхождения должны быть «приведены к общему знаменателю» для сравнения или суммирования. Наиболее продуктивным для оценки перспектив устойчивого развития представляется подход, основанный на учете возможности (да — нет), скорости (часы, дни, годы) и полноты восстановления объекта (полностью; если частично, то в какой мере), подвергшегося разрушительным или угнетающим воздействиям. Этот подход применим к объектам разной степени сложности, разнесенным в пространстве и времени, например [5].

#### *О некоторых результатах междисциплинарного изучения взаимодействия подсистем социоприродной системы*

Различные аспекты взаимодействия подсистем социоприродной системы изучаются неравномерно и не единообразно в методическом плане. Это вынуждает представить их результаты, значимые для совершенствования учебного курса «Устойчивое развитие», в формате кратких обзоров по проблемам взаимодействия (взаимовлияния) подсистем социоприродной системы.

Механизмы взаимовлияния общества и природы (отчасти и техносферы) привлекли внимание представителей естественных наук в 80-х гг. XX в. в рамках работ по федеральной научно-исследовательской программе, нацеленной на снижение ущербов от опасных природных и техносферных процессов и явлений.

Выявленная на фактическом материале пространственная неоднородность в частоте и тяжести негативных последствий при сопоставимом уровне экономических и технических возможностей предотвращения стимулировала поиск ответов в социокультурных особенностях территориальных групп населения и психологии рискогенного поведения. Наиболее полное из известных нам обобщений на данную тему было выполнено С.М. Мягковым в цикле публикаций 1990-х гг. Их основные результаты состоят в следующем.

Совершение действий, дестабилизирующих в ближайшем или отдаленном будущем среду обитания, генетически свойственно человеку по двум основным причинам. Во-первых, в психологических механизмах, определяющих поведение человека, мотив достижения цели оказывается сильнее избегания опасности, память об удачах сильнее памяти о поражениях, советы в поддержку принятого решения воспринимаются охотнее предупреждений об опасности. Во-вторых,



деятельностная природа человека, в процессе эволюции вида перешедшая в творческую деятельность, всегда будет стимулировать изменение окружающего мира, условий жизни и самого человека, в том числе с непредсказуемыми последствиями.

Основой устойчивого существования территориальных групп населения на догосударственном этапе была (этническая) культура, понимаемая как система мер по адаптации людей к их природному и социальному окружению. Ее биосоциальной основой являлось признание высшей ценностью благополучие живущего и грядущих поколений соплеменников. Индивидуальная готовность к риску и достижению частных целей в рамках такой культуры ограничивалась или блокировалась этнокультурным запретом на выбор целей, опасных для благополучия народа (табу) [5; 6]. Остатки этих механизмов еще проявляются у некоторых народов или в отдельных сферах экономической и социальной политики [7].

По мере развития государственной формы организации населения и связанным с ней социальным (и мировоззренческим) расслоением, а также регулярными войнами за материальные и территориальные ресурсы, прежние культурные механизмы контроля устойчивости социоприродных систем были разрушены. К эффектам войн, разрушительным и истощающим различные виды ресурсов, добавилось экономическое соперничество в межвоенный период, а на современном этапе еще и престижное потребление. Их разноплановые эффекты делают невозможным переход к устойчивому развитию на глобальном уровне для многих крупных регионов [8].

Косвенная оценка уровня приемлемого риска снижения качества подсистемы «природная среда» в общероссийском масштабе была выполнена в процессе опроса, результаты которого опубликованы в «Литературной газете» в марте 1990 г. Общественная атмосфера той эпохи, социокультурные особенности респондентов, а также результаты более поздних тестирований позволяют считать ее максимальной из возможных. Терпеть ощутимые ограничения в привычном образе жизни ради экологической безопасности ближайшего поколения потомков готова была только половина опрошенных. Судьба последующего поколения заботила лишь четверть из них, а о более далеких не думал никто.

Взаимодействие подсистем «общество» и «техносфера» затрудняется слабой разработанностью теории техносферы, насчитывающей менее трех десятилетий. Критический анализ работ, выполненных в этом направлении к концу первого десятилетия XXI в., представлен в [9; 10]. Некоторые обобщения в этой предметной области касаются особенностей общественного сознания и влияния на него текущей социально-экономической и социально-психологической обстановки.

В курсе «Устойчивое развитие» необходимо привлечь внимание слушателей к тому, что история человечества — это и история смены типов общественного сознания, следующая за сменой типов жизнеобеспечивающей деятельности: охота и собирательство (архаическое), земледелие, скотоводство, ремесла (традиционное), промышленное производство (модернизационное). Иерархия ценностей и поведенческие практики каждого типа сознания максимально адаптированы к типу жизнеобеспечения, определившему его возникновение. При этом в любом реальном социуме одновременно сосуществуют носители всех видов общественного сознания. Деятельность носителей модернизационного сознания часто не-

сет угрозу природной подсистеме, а носители традиционного и архаического сознания, при прочих равных условиях, — источник повышенного риска для техносферы (в том числе и бытовой).

Опасность модернизационного сознания в наиболее обобщенном виде воплощена в вере в научно-технический прогресс и возможность решения всех экологических проблем технологическими способами. К опасным проявлениям архаического и традиционного сознаний относятся: игнорирование долгосрочных последствий рискованных действий; пренебрежение инструкциями и регламентами в профессиональной сфере, необязательность в исполнении законов; активизация «древних сознаний» и связанных с ними практик жизнедеятельности в эпохи экономических и социальных потрясений. Более широко часть этих вопросов освещена в [11; 12]. Необходимо отметить, что наиболее ранней констатацией связи техногенной катастрофы с социальной психологией следует считать оценку академиком В.А. Легасовым первопричины чернобыльской аварии: «недостаточность суммы духовных качеств большинства операторов сложных технических систем» для управления такими системами [13]. В отношении обыденных ЧС влияние общественных процессов показано А.Б. Эповым на примере кризисов августа 1991 г. и октября 1993 г. [14].

### Выводы

Проблематика устойчивого развития междисциплинарна. Вместе с тем как самостоятельный учебный курс он читается лишь студентам некоторых естественно-научных специальностей, при этом суть его гуманитарной составляющей, а также методологические основы решения проблем устойчивого развития остаются «за кадром».

Знакомство обучающихся с основами синергетического подхода к проблемам устойчивого развития и методикой разработки их территориальных стратегий создаст основу разумного подхода к решению задач разного ранга и степени сложности. Понимание культурных и психологических механизмов бытового и производственного поведения людей способно избавить от ряда экофильных (и не только) иллюзий. Кроме того, оно может быть использовано при разработке шкал ранжирования рисков в частных случаях взаимодействия подсистем «общество» и «природа», «общество» и «техносфера».

© Ващалова Т.В., 2018



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

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика как новое мировидение: диалог с И. Пригожиным // Вопросы философии. 1992. № 12. С. 3—12.
- [2] Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М.: Наука, 1994. 236 с.
- [3] Будущее России в зеркале синергетики. М.: КомКнига, 2006. 272 с.
- [4] Тюмень: показатели устойчивого развития. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2004. 308 с.
- [5] Мясков С.М. Социальная экология. Этнокультурные основы устойчивого развития. М.: НИИПИИЭГ, 2001. 144 с.

- [6] *Мягков С.М.* Проблемы отношения человека к социально-экологическому риску // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 1998. № 6. С. 8—15.
- [7] *Мягков С.М.* Природный риск: особенности восприятия // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 1994. № 4. С. 30—36.
- [8] *Переход к устойчивому развитию: глобальный, региональный и локальный уровни. За рубежом опыт и проблемы России.* М.: Товарищество научных изданий КМК, 2002. С. 169—181.
- [9] *Попкова Н.В.* Философия техносферы. М.: ЛКИ, 2008. 344 с.
- [10] *Дергачева Е.А.* Тенденции и перспективы социотехноприродной глобализации. М.: ЛИБРОКОМ, 2009. 232 с.
- [11] *Вацалова Т.В.* Социальные факторы техносферной аварийности: опыт анализа статистики // Социологические исследования. 2006. № 1. С. 65—72.
- [12] *Яковенко И.Г.* Риски социальной трансформации российского общества: культурологический аспект. М.: Прогресс-Традиция, 2006. 176 с.
- [13] *Легасов В.А.* Проблемы безопасного развития техносферы // Коммунист. 1987. № 8.
- [14] *Эпов А.Б.* Закономерности возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций и их связь с природными процессами // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1994. Вып. 12. С. 15—21.

**История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 15.04.2018

Дата принятия к печати: 06.05.2018

**Для цитирования:**

*Вацалова Т.В.* Устойчивое развитие: междисциплинарные аспекты совершенствования учебного курса // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 2. С. 261—268. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-261-268

**Сведения об авторе:**

*Вацалова Татьяна Владимировна* — кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. *Контактная информация:* e-mail: vtv\_53@mail.ru

## **Sustainable development: interdisciplinary aspects of academic course development**

**T.V. Vashchalova**

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

Important for the improvement of the course “Sustainable development” is to familiarize students with the basic principles of the system analysis of interdisciplinary problems, risk analysis methodology and various aspects of the impact of sociocultural characteristics of society on the environment and the safe functioning of the technosphere.

**Keywords:** sustainable development, higher education, system approach, social consciousness

## REFERENCES

- [1] Knyazeva EN, Kurdyumov SP. Sinergetika kak novoe mirovidenie: dialog s I. Prigozhinym. *Voprosy filosofii*. 1992;12: 3–12.
- [2] Knyazeva EN, Kurdyumov SP. *Zakony evolyutsii i samoorganizatsii slozhnykh sistem*. Moscow: Nauka Publ.; 1994.
- [3] *Budushchee Rossii v zerkale sinergetiki*. Moscow: KomKniga Publ.; 2006.
- [4] Tyumen': pokazateli ustoichivogo razvitiya. Tyumen': IPOS SO RAN Publ.; 2004.
- [5] Myagkov SM. *Sotsial'naya ekologiya. Etnokul'turnye osnovy ustoichivogo razvitiya*. Moscow: NIiPIIEG; 2001.
- [6] Myagkov SM. Problemy otnosheniya cheloveka k sotsial'no-ekologicheskomu risku. *Vestnik Mosk. un-ta. Serie 5: Geografiya*. 1998;6: 8–15.
- [7] Myagkov SM. Prirodnyi risk: osobennosti vospriyatya. *Vestnik Mosk. un-ta. Serie 5: Geografiya*. 1994;4: 30–36.
- [8] Perehodom k ustoichivomu razvitiyu: global'nyi, regional'nyi i lokal'nyi urovni. In: *Zarubezhnyi opyt i problemy Rossii*. Moscow: KMK Publ.; 2002. p. 169–181.
- [9] Popkova NV. *Filosofiya tekhnosfery*. Moscow: LKI Publ.; 2008.
- [10] Dergacheva EA. *Tendentsii i perspektivy sotsiotekhnoprirodnoi globalizatsii*. Moscow: LIBROKOM Publ.; 2009. 232 s.
- [11] Vashchalova TV. Sotsial'nye faktory tekhnosfernoi avariinosti: opyt analiza statistiki. *Sotsiologicheskie issledovaniya*. 2006;1: 65–72.
- [12] Yakovenko IG. *Riski sotsial'noi transformatsii rossiiskogo obshchestva: kul'turologicheskii aspekt*. Moscow: Progress-Traditsiya Publ.; 2006.
- [13] Legasov VA. Problemy bezopasnogo razvitiya tekhnosfery. *Kommunist*. 1987;8.
- [14] Epov AB. Zakonomernosti vozniknoveniya tekhnogennykh chrezvychainykh situatsii i ikh svyaz' s prirodnyimi protsessami. In: *Problemy bezopasnosti pri chrezvychainykh situatsiyakh*. 1994;12: 15–21.

### Article history:

Received: 15.04.2018

Revised: 06.05.2018

### For citation:

Vashchalova TV. Sustainable development: interdisciplinary aspects of academic course development. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(2): 261–268. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-261-268

### Bio Note:

*Vashchalova Tatiana Vladimirovna* — Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Geographical Faculty, Lomonosov State University. *Contact information*: e-mail: vtv\_53@mail.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-269-272

УДК 341.3

## Природное наследие и вооруженные конфликты современности: этический подход и международное гуманитарное право<sup>1</sup>

С.С. Горбунов

Российский университет дружбы народов  
Российская Федерация, 125481, Москва, Подольское шоссе, 8/5

В кратком сообщении предлагается идея о необходимости разработки Международной конвенции о защите объектов природного наследия в условиях вооруженных конфликтов, основанной на базовых принципах международного экологического и международного гуманитарного права, связанной с недостаточной, по нашему мнению, защищенностью объектов природного наследия от воздействия вооруженных конфликтов.

**Ключевые слова:** вооруженные конфликты, всемирное наследие, природное наследие, международное гуманитарное право

Современные этические концепции включают в круг этической ответственности не только отношения между людьми, но и отношение каждого человека в отдельности и всего общества в целом к его живому окружению. В настоящем сообщении хотелось бы обратить внимание на недостаточную, по нашему мнению, степень отражения заботы об окружающей жизни (на разных уровнях ее биологической организации) в нормах современного международного гуманитарного права. Человечество до сих пор не избавилось от проблемы вооруженных конфликтов. Однако степень этического развития человека, как и степень его научной компетентности, значительно увеличились. Усилия международного сообщества привели к появлению понятия всемирного наследия, которое, как известно, включает в себя как культурное, так и природное наследие человечества. Что касается культурного наследия, значительным шагом вперед, сделанным обществом в XX в., стало появление в международном гуманитарном праве целого ряда положений и документов, защищающих его от воздействия вооруженных конфликтов. Одним из примеров этого является Гагская конвенция от 14 мая 1954 г.

Что же касается всемирного природного наследия, то в международном гуманитарном праве можно обнаружить лишь частичное упоминание о защите окру-

---

<sup>1</sup> См. больше по теме: *Горбунов С.* Благоговение перед жизнью: современная этика и живая природа. М.: Респект-пресс, 2015. С. 128–144. Доступно также по адресу: [https://www.researchgate.net/publication/319044532\\_Blagogovenie\\_pered\\_ziznu\\_Sovremennaa\\_etika\\_i\\_zivaa\\_priroda\\_Reverence\\_for\\_Life\\_The\\_modern\\_Ethics\\_and\\_a\\_Life\\_Nature](https://www.researchgate.net/publication/319044532_Blagogovenie_pered_ziznu_Sovremennaa_etika_i_zivaa_priroda_Reverence_for_Life_The_modern_Ethics_and_a_Life_Nature).

жающей среды от воздействий вооруженных конфликтов. Например, Дополнительный протокол к Женевским конвенциям от 12 августа 1949 г., касающийся защиты жертв международных вооруженных конфликтов (Протокол I, принят в Женеве 8 июня 1977 г.), и Конвенция о запрещении военного или иного враждебного использования средств воздействия на окружающую среду (Приложение к резолюции Генеральной Ассамблеи ООН 31/72 от 10 декабря 1976 г.).

Однако, по нашему мнению, меры, устанавливаемые существующими документами, являются недостаточными для полноценной защиты природного наследия. Для этого следовало бы, руководствуясь прежде всего этическим принципом недопущения уничтожения окружающей жизни, оградить природное наследие от любого воздействия вооруженных конфликтов.

Базовыми принципами в таком случае должны стать:

1. Демилитаризация и необороняемость особо ценных территорий, относящихся к категории природного наследия. Превращение территорий природного наследия в полностью *демилитаризованные* зоны, на которые находящимся в конфликте сторонам запрещается распространять свои военные операции.

2. Недопустимость любой эксплуатации объектов природного наследия в интересах сторон конфликта.

3. Обеспечение нормальной и безопасной деятельности организаций, напрямую связанных с поддержкой и обеспечением сохранения (существования) объектов природного наследия, в зоне конфликта.

По сути, перед обществом в целом и международным сообществом в частности сегодня встает вопрос о необходимости разработки новых и действенных норм международного гуманитарного права, направленных на обеспечение безопасности окружающей жизни в случае конфликтных ситуаций. Возможно, эти нормы могут быть закреплены в особом документе международного гуманитарного права или в виде дополнений к уже существующим документам. В любом случае главным и основополагающим остается этический критерий, указывающий на фундаментальную ценность окружающей жизни.

В заключение мы предлагаем идею о возможной разработке Международной конвенции о защите объектов природного наследия в условиях вооруженных конфликтов, основанной на базовых принципах международного экологического и международного гуманитарного права.

© Горбунов С.С., 2018



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

#### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 26.04.2018

Дата принятия к печати: 10.05.2018

#### **Для цитирования:**

Горбунов С.С. Природное наследие и вооруженные конфликты современности: этический подход и международное гуманитарное право // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 2. С. 269–272. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-269-272

**Сведения об авторе:**

*Горбунов Святослав Сергеевич* — аспирант кафедры системной экологии экологического факультета Российского университета дружбы народов. *Контактная информация:* e-mail: svy-gorbunov@yandex.ru

## **Natural heritage and modern armed conflicts: ethical approach and international humanitarian law<sup>1</sup>**

**S.S. Gorbunov**

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)  
8/5 Podolskoe shosse, Moscow, 125481, Russian Federation

In the short announcement, we offer an idea about International convention for protection of natural heritage in armed conflicts, based on principles of nature protection, international humanitarian and international environmental law.

**Keywords:** armed conflicts, World Heritage, natural heritage, international humanitarian law

Modern ethical concepts include in the range of ethical responsibility not only relationships between people, but also the relation of each individual and society as a whole towards their living environment. In this announcement we would like to draw attention to the underrepresentation, as seen by us, of concern about surrounding life (at various levels of its biological organization) in the norms of modern international humanitarian law. The mankind still has not freed itself from armed conflicts. However, the degree of ethical development of man, as well as his scientific competence, has increased significantly. The efforts of the international community led to the introduction of the concept of world heritage, which is known to include both cultural and natural heritage of mankind. As for cultural heritage, a significant step forward made by the society in the XX century was the emergence of several documents and provisions in the international humanitarian law protecting it from the impact of armed conflicts. One example of this is the Hague Convention of 14 May 1954.

As for the world natural heritage, you can only find a partial reference to the protection of the environment from the impact of armed conflicts under international humanitarian law, e.g. the Additional Protocol to the Geneva Conventions of 12 August 1949, relating to the protection of victims of international armed conflicts and adopted in Geneva on 8 June 1977 (Protocol I), and the Convention on the Prohibition of Military or Any Other Hostile Use of Environmental Modification Techniques (Annex to UN General Assembly resolution 31/72 of 10 December 1976).

However, we consider the measures imposed by existing instruments insufficient for full-fledged protection of the natural heritage. To fully protect it, we should shield it from any impact of armed conflicts, being guided first of all by the ethical principle of non-destruction of the surrounding life.

---

<sup>1</sup> See more: Gorbunov S. *Ecology, Ethics and Law*. Moscow: Respect-press Publ.; 2015. p. 123–137.

These should be basic principles:

1. Outstanding areas related to natural heritage category should be demilitarized and undefended. Conversion of natural heritage areas into fully demilitarized zones means that conflicting parties are forbidden to extend their military operations over there.

2. Any exploitation of natural heritage for the benefit of conflicting parties should be prohibited.

3. Normal and safe operation of organizations directly engaged in the support and preservation of natural heritage objects in the conflict zone should be ensured.

In fact, today the society as a whole and the international community in particular are facing the question of the need to develop new and efficient terms of international humanitarian law which would ensure safety of surrounding life in case of conflict. Perhaps these terms may be set out in a separate document of international humanitarian law, or assume the form of additions to the existing documents. In any case, the main and fundamental part in this case is played by the ethical criterion, indicating the fundamental value of life around us.

As conclusion we offer an idea about International Convention for Protection of Natural Heritage in Armed Conflicts, based on principles of nature protection, international humanitarian and international environmental law.

**Article history:**

Received: 26.04.2018

Revised: 10.05.2018

**For citation:**

Gorbunov SS. Natural heritage and modern armed conflicts: ethical approach and international humanitarian law. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(2): 269—272. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-2-269-272

**Bio Note:**

*Gorbunov Svyatoslav Sergeevich* — Postgraduate Student, System Ecology Department, Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information:* e-mail: svy-gorbunov@yandex.ru



## **ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК РУДН. СЕРИЯ: ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

1. Текст статьи должен быть набран на компьютере в текстовом редакторе Microsoft Word 6, 7, 97 или 2000 через 1,5 интервала шрифтом Times New Roman (размер шрифта 14 пт) на стандартных листах А4 (поля слева — 3 см, справа — 1 см, сверху и снизу — по 2,5 см). Объем статьи (вместе с таблицами, иллюстрациями и библиографией) не должен превышать 12 страниц.

2. Статья должна содержать в указанном порядке:

— название статьи; имя, отчество и фамилию авторов; полное название организации и ее структурного подразделения с указанием почтового адреса (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 должны быть приложены:

— 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. Иванов<sup>1</sup>, П.П. Петров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Российский университет дружбы народов  
Российская Федерация, 115093, Москва, Подольское шоссе, 8/5

<sup>2</sup> Московский государственный университет  
Российская Федерация, 119899, Москва, Воробьевы горы

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

а рисунки — подрисуючную 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:*

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бонд В.В. Сравнительная клеточная и видовая радиочувствительность. М.: Атомиздат, 1974. С. 5—17.
- [2] Роун Ш. Озоновый кризис. М.: Мир, 1993.
- [3] Connor M.J., Wheeler L.A. Depletion of cutaneous glutathione by ultraviolet radiation // Photochem. Photobiol. 1987. Vol. 46. 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](mailto: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

ПВ	место	литер

на журнал

**20829**

(индекс издания)

**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)

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

---