



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

**Том 26 № 1 (2018)**  
**DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1**  
**<http://journals.rudn.ru/ecology>**  
**Научный журнал**  
**Издается с 1993 г.**

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

---

**Главный редактор**

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

**Члены редакционной коллегии**

***Калабин Геннадий Александрович*** — доктор 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 экологического Университета Палермо (Италия)

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

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

***Седов Сергей Николаевич*** — профессор Института геологии UNAM (Мексика)

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

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

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

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

4 выпуска в год (ежеквартально).

Языки: русский, английский, 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: *М.П. Малахов*

Компьютерная верстка: *О.Г. Горюнова*

#### Адрес редакции:

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

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

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

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

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

---

Подписано в печать 16.08.2018. Выход в свет 30.08.2018. Формат 70×100/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «NewtonС».

Усл. печ. л. 13,55. Тираж 500 экз. Заказ № 19. Цена свободная.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Российский университет дружбы народов» (РУДН)

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

Отпечатано в типографии ИПК РУДН

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



**RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY**

**VOLUME 26 NUMBER 1 (2018)**  
**DOI 10.22363/2313-2310-2018-21-1**  
**<http://journals.rudn.ru/ecology>**  
**Founded in 1993**

**Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA**

---

**EDITOR-IN-CHIEF**

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

**EDITORIAL BOARD**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Main thematic sections:**

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

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

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

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

---

Editor *M.P. Malakhov*

Computer design: *O.G. Gorunova*

**Address of the editorial board:**

Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

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

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

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

Tel. +7 (495) 952-70-28; E-mail: [ecojournalrudn@rudn.university](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 str., 117198 Moscow, Russia

**Printed at RUDN Publishing House:**

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКОЛОГИЯ

- Беспалова Е.В.** Оценка уровня нагрузки на водную экосистему и ее состояния на основе анализа структуры фитопланктона и микрофитобентоса ..... 7

### ГЕОЛОГИЯ

- Исаев С.В.** Особенности формирования природно-технических систем на территории нефтяных месторождений ..... 18
- Гаев А.Я., Килин Ю.А.** Об обеспечении экологической безопасности горнодобывающих районов на основе минимизации негативных карстовых процессов ..... 35
- Григорец Е.А., Капралова Д.О., Пермитина Л.И.** Использование российских данных ДЗЗ для изучения динамики восстановления эколого-ресурсного потенциала лесных регионов после воздействия пожаров ..... 52
- Силаева П.Ю., Силаев А.В.** Особенности рассеивания выбросов диоксида азота предприятиями энергокомплекса и их влияние на население мегаполисов ..... 63
- Ващалова Т.В., Гармышев В.В.** Загрязнение атмосферы при пожарах в жилом секторе (на примере сибирского федерального округа) ..... 73

### БИОГЕОХИМИЯ

- Петухов А.С., Хритохин Н.А., Петухова Г.А.** Перекисное окисление липидов в клетках растений в условиях городской среды ..... 82

### РАДИОЭКОЛОГИЯ

- Павлова С.А.** Систематизация радиобиологической информации для оценки клинического состояния сельскохозяйственных животных ..... 91

### ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Каганова Ю.А.** Контроль эффективности систем очистки отходящих газов в производстве огнеупорных материалов ..... 101

### ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

- Писарева А.В., Мышкин А.И., Степанова Л.П., Яковлева Е.В.** Оценка степени влияния экологической напряженности на здоровье населения ..... 113

### БИОРЕСУРСЫ

- Silvia Alejandra Llerena, Natalia Salinas, Luiz Orlando de Oliveira, Mónica Jadán-Guerrero, Claudia Segovia-Salcedo.** Distribution of the genus *Cedrela* in Ecuador (Распространение рода цердела в Эквадоре) ..... 125

### УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ

- Алексеева Н.Н., Аршинова М.А., Банчева А.И.** Положение России в международных экологических рейтингах ..... 134

### ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- Rumiya Kaderova, Nailya Valeeva, Natalia Merkushina, Yulia Nigmatzyanova.** Zu Auswahlkriterien der Literatur für die Studenten der ökologischen Fakultät beim Englischfachunterricht (О критериях отбора материалов для обучения английскому языку специальности студентов экологического факультета) ..... 153

## CONTENTS

### ECOLOGY

- Bespalova E.V.** Assessment of level of water ecosystem and its state on the basis of analysis of structure of phytoplankton and a microphytobenthos ..... 7

### GEOECOLOGY

- Isaev S.V.** Peculiarities of forming natural-technical systems of oil fields in perm region..... 18
- Gayev A.Ya., Kilin Yu.A.** About ensuring of ecological safety in mine-extractive regions on the base of negative karst processes minimization ..... 35
- Grigorets E.A., Permitina L.I. Kapralova D.O.** Using russian remote sensing data for studing the dynamic of ecological and resourse potential recovery of forests area after the impact of forest fires.. 52
- Silaeva P.Yu., Silaev A.V.** Peculiarities of dispersion of nitrogen dioxide emissions by the energy complex enterprises and their impact on the population of megapolises ..... 63
- Vashchalova T.V., Garmyshev V.V.** Pollution of the atmosphere from fires in the residential sector (by example of siberian federal district) ..... 73

### BIOGEOCHEMISTRY

- Petukhov A.S., Khritokhin N.A., Petukhova G.A.** Lipid peroxidation in plants cells under conditions of the urban environment..... 82

### RADIOECOLOGY

- Pavlova S.A.** Systematization of information for radiobiological assessment of the clinical status of farm animals..... 91

### ENVIRONMENT PROTECTION

- Kaganova Yu.A.** Control of efficiency of gas-cleaning systems in the production of refractory materials..... 101

### HUMAN ECOLOGY

- Pisareva A.V., Myshkin A.I., Stepanova L.P., Yakovleva E.V.** Evaluation of the degree of influence of environmental stress on health of the population ..... 113

### BIORESOURCES

- Silvia Alejandra Llerena, Natalia Salinas, Luiz Orlando de Oliveira, Mónica Jadán-Guerrero, Claudia Segovia-Salcedo.** Distribution of the genus cedrela in Ecuador ..... 125

### ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

- Alekseeva N.N., Arshinova M.A., Bancheva A.I.** Position of russia in international environmental ratings ..... 134

### ENVIRONMENTAL EDUCATION

- Rumiya Kaderova, Nailya Valeeva, Natalia Merkushina, Yulia Nigmatzyanova.** On criteria for selecting material for teaching esp to ecological faculty students ..... 153



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-7-17

УДК 574.5:504.455:504.064.36

## ОЦЕНКА УРОВНЯ НАГРУЗКИ НА ВОДНУЮ ЭКОСИСТЕМУ И ЕЕ СОСТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ ФИТОПЛАНКТОНА И МИКРОФИТОБЕНТОСА

Е.В. Беспалова

Воронежский государственный университет

*Российская Федерация, 394068, Воронеж, ул. Хользунова, 40 (корпус ВГУ № 5)*

Проведенные исследования таксономической структуры фитопланктона и микрофитобентоса неоплейстоценовых и современных водных экосистем центра Восточно-Европейской равнины позволили выявить закономерности ее изменения при смене природных и природно-антропогенных условий, а также параметры ее экологической нормы. При изучении современных водных экосистем методом графического сопоставления таксономических пропорций фитопланктона и микрофитобентоса предлагается учитывать все группы микроводорослей и цианобактерии, а не только диатомовые. Исследования показали перспективность использования данного подхода для оценки состояния водных экосистем и уровня оказываемой на них нагрузки. Количественно определены пороговые значения показателей водной экосистемы, отражающие ее переход из одного состояния в другое, а также изменение уровня нагрузки на нее.

**Ключевые слова:** биоиндикация, микроводоросли, цианобактерии, графический анализ, таксономические пропорции, фитопланктон, микрофитобентос

### ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях все увеличивающиеся масштабы и мощность хозяйственной деятельности человека, а также глобальное изменение климата и его региональные проявления приводят к нарушению устойчивости и ухудшению качества вод. В данных условиях одной из актуальных задач становится оценка состояния водных экосистем и определение уровня оказываемой на них нагрузки.

Мониторинг состояния и качества поверхностных вод и их трансформаций может проводиться с использованием как физико-химических, так и биологических методов. Ограниченность гидрохимических и гидрофизических подходов к оценке водных экосистем состоит в том, что они не показывают характер и последствия воздействия на биоту поступающих в водный объект загрязнителей и их комплекса, а также факторов нехимической природы. На основе физико-химических показателей, таких как прозрачность воды, наличие взвешенных частиц, степень минерализации вод, ионный состав, чаще всего осуществляется экономическая и технологическая оценка вод, определяется их пригодность для питьевого водоснабжения и рыбоводства.

Биологическая индикация водной среды заключается в оценке ее экологического качества, степени загрязнения по структурным и экологическим характеристикам сообществ организмов, по наличию определенных показательных видов-индикаторов и их численности. Видовой состав гидробионтов служит интегральной характеристикой свойств водной среды за некоторый период времени [1]. Преимущество методов биоиндикации состоит в том, что они дают возможность оценить степень нарушенности природной системы динамических биологических связей в водоемах и обратимости — необратимости происходящих в них изменений [2; 3]. Среди гидробионтов-биоиндикаторов широко используются представители фитопланктона и микрофитобентоса, а именно микроскопические водоросли (прежде всего диатомовые) и цианобактерии, поскольку они присутствуют практически во всех водах в качестве доминантов и в системе трофических сетей входят в состав первичных продуцентов.

В практике биоиндикационных исследований применяются различные подходы к оценке экологического состояния водоемов, основанные на анализе фитопланктона и микрофитобентоса: сапробиологический анализ путем расчета значений индекса Пантле—Букка в модификации В. Сладечека и индекса Т. Ватанабе, графо-аналитический метод Г. Кнеппе, графический анализ таксономических пропорций в диатомовых комплексах Л.В. Разумовского и др. [2—6]. Анализ научной литературы [6—10] и собственные исследования автора статьи [11; 12] показывают большие возможности графического анализа таксономической структуры диатомовых комплексов в оценке состояния водных экосистем. Однако при исследовании современных водоемов, подвергающихся значительной антропогенной нагрузке, нередко возникают ситуации, когда в сообществах микроводорослей не обнаруживаются диатомеи, что ограничивает применение данного метода. Также необходимы четкие количественные критерии, позволяющие определять переход водной экосистемы из одного состояния в другое. Именно поэтому целью авторского исследования стало усовершенствование графического метода анализа таксономической структуры фитопланктона и микрофитобентоса, которое бы позволило использовать его для водоемов естественного и искусственного происхождения, испытывающих различный уровень нагрузки.

## МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Метод графического сопоставления таксономических пропорций подробно изложен в работах Л.В. Разумовского [7; 8] и состоит из выполнения ряда таких действий:

1) определение относительной численности всех идентифицированных таксонов видового и более низкого рангов (форм и разновидностей) для каждого комплекса, отобранного в заданном пункте наблюдения. Желательно, чтобы выборки были одинаковы и сопоставимы по объему (500 особей);

2) ранжирование выборок по относительной численности от максимального к минимальному;

3) расчет результирующей путем осреднения нескольких ранжированных выборок, которое позволяет абстрагироваться от короткопериодных (суточных, сезонных) флуктуаций;



4) построение гистограмм распределения таксономических пропорций фитопланктона и микрофитобентоса в координатах: порядковый номер таксона в ранжированном ряду (ось абсцисс), его относительной численности (ось ординат), %. Линии строятся двумя способами: с учетом всего спектра таксонов и без учета таксонов с численностью ниже 1% (без «хвоста» гистограммы). Анализ полученных графиков ведется в линейной и логарифмической системах координат, при этом в последней анализируются не сами кривые, а их степенные тренды. Описание основных моделей соотношения численностей таксонов в сообществе приведено в работах В.К. Шитикова и Г.С. Розенеберга, Н.В. Лебедовой и Д.А. Криволицкого [1; 13].

Модернизация метода графического анализа таксономической структуры фитопланктона и микрофитобентоса состоит прежде всего в том, что графические построения для современных водных экосистем предлагается вести не только по диатомовым, но по всем группам микроводорослей (диатомовым, зеленым, эвгленовым и др.) и цианобактериям (ранее именуемым синезелеными водорослями) в связи с периодическим исчезновением диатомей из микрофитосообществ под влиянием антропогенной нагрузки. Данное нововведение не затрагивает водные экосистемы минувших эпох, для которых анализируются только диатомовые комплексы в виду сохранности в древнеозерных отложениях только створок диатомей.

Фактическими сведениями для исследований послужили:

— архивные и опубликованные материалы по диатомовой флоре из разрезов древнеозерных отложений: Польное Лапино в бассейне Верхнего Дона, Бибирево и Чёлсма-22 в Ярославско-Костромском Поволжье, Балашиха в бассейне Верхней Оки [14–16];

— собственные и архивные материалы изучения сообществ микроводорослей и цианобактерий Матырского (за период 2010–2016 годы) и Воронежского (1988–2016 годы) водохранилищ [11; 12; 17];

— архивные и опубликованные материалы изучения сообществ микроводорослей и цианобактерий озер Рамза и Кипец (2007–2014 годы), расположенных в пределах государственного природного заповедника «Воронинский» [12; 18].

Всего проанализированы данные по более 1650 пробам фитопланктона и микрофитобентоса.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования позволили выявить закономерности изменения таксономической структуры фитопланктона и микрофитобентоса **неоплейстоценовых и современных водных экосистем** в зависимости от смены природных и природно-антропогенных условий [11]. На примере неоплейстоценовых озер (разрезы Польное Лапино, Бибирево, Балашиха) показано, что при благоприятных климатических условиях (во время климатического преоптимума и оптимума) наблюдаются логнормальные и плавные гиперболические очертания гистограмм распределения таксономических пропорций в диатомовых комплексах. Пики более 40% развития отдельных таксонов микроводорослей, «ломаная линия» и

непропорциональные гиперболические очертания гистограмм фиксируются при неблагоприятных природных условиях конца межледниковья — начала оледенения и позднеледниковья — начала следующего межледниковья и характеризуют кризисные состояния водных экосистем. Это соответствует кратковременным климатическим флуктуациям переходных этапов между ледниковыми и межледниковыми эпохами [19]. Для суровых перигляциальных условий криолитозоны характерны пики свыше пределов 50—60%, что подтверждается анализом диатомовых комплексов разреза Чёлсма-22. В современных водных экосистемах сходные изменения таксономической структуры сообществ микроводорослей и цианобактерий проявляются при усилении воздействия природно-антропогенных факторов [12]. Пример гистограммы распределения таксономических пропорций фитопланктона и микрофитобентоса в линейной системе координат приведен на рисунке 1.

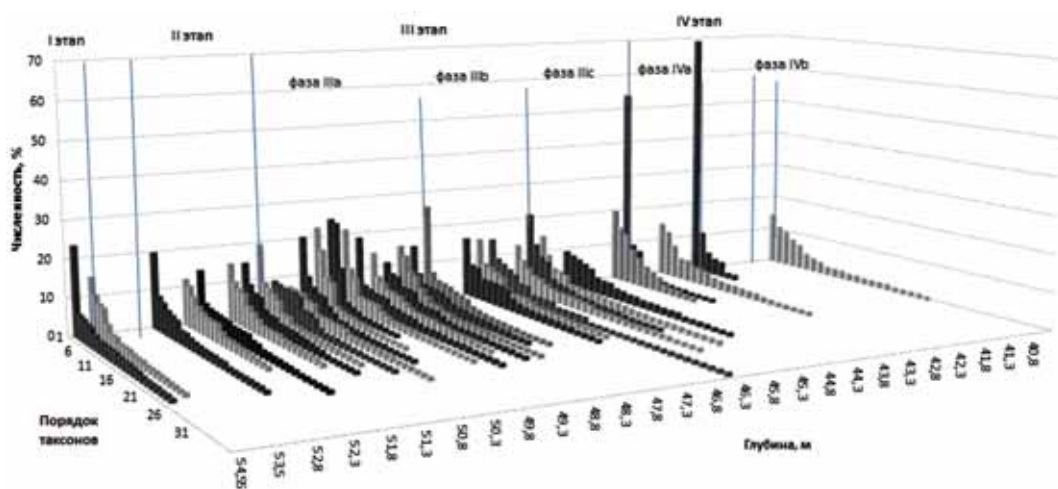


Рис. 1. Таксономическая структура диатомовых комплексов Бибиревского озера

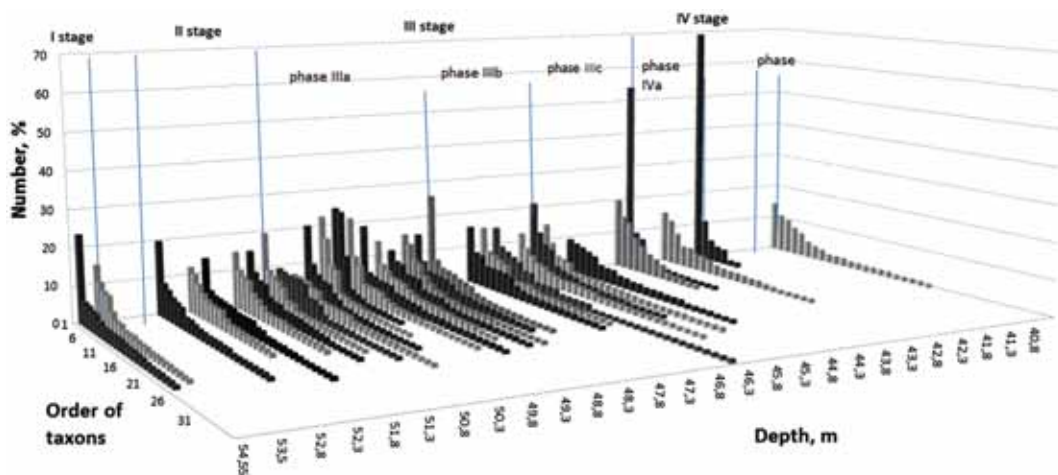


Fig. 1. Taxonomical structure of diatomic complexes of the Bibirevo lake

Выявленные закономерности изменения таксономической структуры položены в основу определения экологической нормы распределения таксономических пропорций в сообществах микроводорослей и цианобактерий современных водных экосистем. При этом учтен дифференцированный подход к водным объектам, согласно которому «для водных объектов заповедных территорий не допустимы никакие экологические модификации; для природных водоемов с умеренной антропогенной нагрузкой — не допустимы экологические модификации, ведущие к экологическому регрессу; для искусственных экосистем не допустимы экологические модификации, ведущие к экологическому и метаболическому регрессу» [20].

Для природных и природно-антропогенных водных экосистем незаповедных территорий нормой распределения таксономических пропорций в сообществах микроводорослей и цианобактерий являются логнормальные и плавные гиперболические очертания графиков таксономических пропорций с пиками до 40%. Пики выше 40%, а также переход графиков к непропорциональным гиперболическим очертаниям и очертаниям «ломаной линии» свидетельствуют о крайне сильном воздействии на водоемы, сравнимом с суровыми условиями позднеледниковья, переходом от межледниковья к оледенению. Такие признаки зафиксированы в различные годы в таксономической структуре фитопланктона и микрофитобентоса Матырского и Воронежского водохранилищ [11; 12].

На примере озер Рамза и Кипец определено, что для озер, расположенных на территории особо охраняемых природных территорий, предполагающих минимальный уровень антропогенного воздействия, нормой служат пики до 20%, логнормальный и логарифмический характер распределения графиков таксономических пропорций в сообществах микроводорослей и цианобактерий, что соответствует фоновому состоянию согласно теории экологических модификаций [12]. Сходные очертания принимают гистограммы в диатомовых комплексах межледниковых озер при наиболее благоприятных природных условиях. Уровни 20 и 40% совпадают с балльной шкалой оценок обилия микроводорослей и цианобактерий, где численность 20—40% соответствует 7 баллам («очень часто»), численность 40—100% соответствует 9 баллам («в массе») и характерна для доминирующих форм.

Проведенные исследования также позволили количественно определить пороговые показатели водной экосистемы, отражающие ее переход из одного состояния в другое, а также изменение уровня нагрузки на нее. Состояния водной экосистемы соотнесены с экологическими модификациями по В.А. Абакумову [19]. При графическом анализе в линейной системе координат критерии оценки следующие: 1) относительная численность первого таксона в ранжированном ряду (на графиках проявляется в виде пиков и отражает явление монодоминирования); 2) тип распределения и очертания графиков. Для определения типа распределения для каждой гистограммы подбираются различные тренды для оценки сходства (согласия) наблюдаемого (эмпирического) распределения с теоретическим распределением. Для оценки статистической достоверности графических построений рассчитывается коэффициент детерминации ( $R^2$ ). Разработанная шкала оценочных критериев в линейной системе координат отражена в таблице 1.

Таблица 1

**Критерии оценки уровня нагрузки на водную экосистему и ее состояния (экологической модификации по В.А. Абакумову) в линейной системе координат**

Уровень нагрузки на водную экосистему	Численность первого таксона в ранжированном ряду, %	Гистограмма распределения таксономических пропорций		Состояние водной экосистемы
		Тип линии тренда	Форма гистограммы	
Низкий	<20	логистический $Y = \frac{\alpha}{1 + e^{b(x-x_0)}} + c$	сигмоидальная (выпукло-вогнутая)	«Фоновое состояние»
Средний	20—40	логистический	сигмоидальная (выпукло-вогнутая)	«Экологическое напряжение»
		экспоненциальный с малым показателем экспоненты ( $Y = ae^{-bx}$ , $b < 1$ )	вогнутая	
Высокий	40—80	экспоненциальный с большим показателем экспоненты ( $b > 1$ )	вогнутая и «ломаная линия»	«Экологический регресс»
Очень высокий	>80			

Table 1

**Evaluation criteria of load level on a water ecosystem and its state (ecological modification according to V.A. Abakumov) in the linear frame**

Load level on a water ecosystem	The number of the first taxon in the ranged row, %	Histogram of distribution of taxonomical proportions		State of a water ecosystem (ecological modification)
		Type of trend line	Histogram form	
Low	<20	logistic $Y = \frac{\alpha}{1 + e^{b(x-x_0)}} + c$	sigmoidal (convexo-concave)	"background state"
Average	20—40	logistic	sigmoidal (convexo-concave)	"ecological stress"
		exponential with a small indicator exhibitors ( $Y = ae^{-bx}$ , $b < 1$ )	concave	
High	40—80	exponential with a big indicator exhibitors ( $b > 1$ )	concave and "the broken line"	"ecological regress"
Очень высокий	>80			

Дополнительно проводится анализ в логарифмической системе координат, в которой зависимость между  $x$  и  $Y$  принимает вид функции  $Y = kx^\alpha$ , где  $\alpha$  — показатель степенной функции (тренда). Показатель степени  $\alpha$  определяет угол наклона линии и зависит от степени нагрузки на водоем: при ее усилении показатель степени  $\alpha$  увеличивается. Соответственно, по его значению также можно оценить уровень нагрузки на водную экосистему и ее состояние, что отражено в разработанной шкале (табл. 2). Пример графика в логарифмической системе координат приведен на рисунке 2.

Для водоемов особо охраняемых природных территорий допустим только низкий уровень нагрузки, что соответствует фоновому состоянию экосистемы. Для водоемов незаповедных территорий допустим средний уровень нагрузки. При превышении нормы рекомендуется снижение антропогенной нагрузки на водную экосистему.

Таблица 2

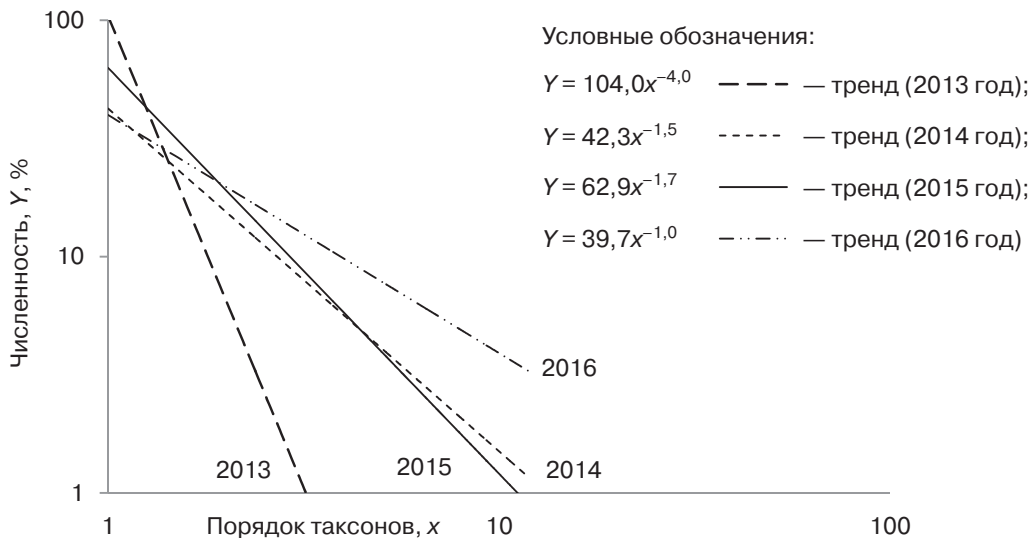
**Критерии оценки уровня нагрузки на водную экосистему и ее состояния (экологической модификации по В.А. Абакумову) в логарифмической системе координат**

Уровень нагрузки на водную экосистему	$\alpha$	Состояние водной экосистемы (экологическая модификация)
Низкий	$\alpha \geq -1$	«Фоновое состояние»
Средний	$-1,5 \leq \alpha < -1$	«Экологическое напряжение»
Высокий	$-3 \leq \alpha < -1,5$	«Экологический регресс»
Очень высокий	$\alpha < -3$	

Table 2

**Evaluation criteria of load level on a water ecosystem and its state (ecological modification according to V.A. Abakumov) in the logarithmic frame**

Load level on a water ecosystem	Value $\alpha$ — an index of a power function (trend)	State of a water ecosystem (ecological modification)
Low	$\alpha \geq -1$	“background state”
Average	$-1,5 \leq \alpha < -1$	“ecological stress”
High	$-3 \leq \alpha < -1,5$	“ecological regress”
Very high	$\alpha < -3$	



**Рис. 2.** Трансформации сообществ микроводорослей и цианобактерий Масловского затона Воронежского водохранилища ( $0,8 < R^2 < 1,0$ )

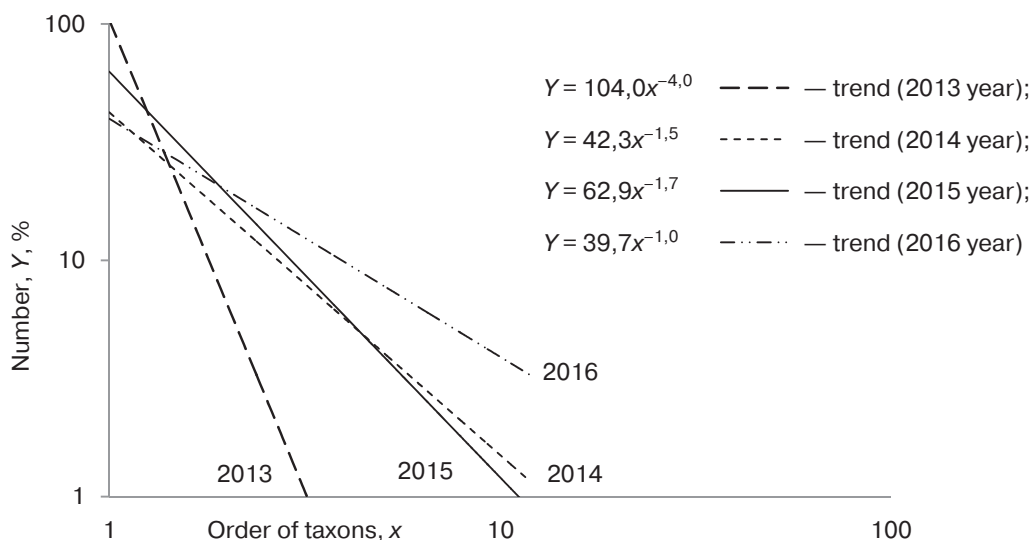


Fig. 2. Transformations of microalgas and cyanobacteria communities of the Maslovka backwater (Voronezh reservoir) ( $0,8 < R^2 < 1,0$ )

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, чем более нестабильны и суровы условия, в которых развивается водоем, тем чаще наблюдается сверхдоминирование 1–2 таксонов микроводорослей или цианобактерий, тем выше пики и более непропорциональные очертания принимает гистограмма распределения таксономических пропорций, тем большие значения принимает показатель степенной функции на графиках в логарифмической системе координат. Разработанные количественные критерии и их градации позволяют повысить эффективность проведения оценки состояния водной экосистемы и уровня оказываемой на нее нагрузки на основе анализа таксономической структуры фитопланктона и микрофитобентоса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения / Количественные методы экологии и гидробиологии: сб. науч. тр., посвященный памяти А.И. Баканова. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. С. 91–129.
- [2] Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л.: Зоологический институт АН СССР, 1974. 60 с.
- [3] Методика изучения биоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. С. 73–117.
- [4] Анциферова Г.А. Биоиндикация водных экосистем: учебно-методическое пособие для вузов. Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2014. 57 с.
- [5] Баринаева С.С., Медведева Л.А. Метод Ватанабе в оценке органического загрязнения вод // Альгология. 1998. Т. 8. № 4. С. 428–448.
- [6] Разумовский Л.В. Оценка качества вод на основе анализа структуры диатомовых комплексов // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. № 6. С. 742–750.
- [7] Разумовский Л.В. Оценка трансформации озерных экосистем методом диатомового анализа. М.: Геос, 2012. 199 с.

- [8] *Разумовский Л.В.* Природные и антропогенные трансформации водных экосистем Европейской части России по результатам диатомового анализа: автореф. дисс. ... д-ра геогр. наук. М., 2010. 50 с.
- [9] *Разумовский Л.В., Голобова М.А.* Долговременные трансформации диатомовых комплексов в озерах Борое и Глубокое // *Вестник Московского университета. Серия 16. Биология*. 2014. № 1. С. 19–23.
- [10] *Разумовский В.Л.* Выявление долговременных геоэкологических изменений малых горных озер методами диатомового анализа (Западный и Центральный Кавказ): автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. М., 2014. 25 с.
- [11] *Беспалова Е.В.* Графический анализ структуры комплексов микроводорослей межледниковых и современных водных экосистем центра Восточно-Европейской равнины // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2017. № 2. С. 13–20.
- [12] *Беспалова Е.В.* Оценка состояния водных экосистем Центрального Черноземья на основе анализа структурных перестроек комплексов микроводорослей и цианобактерий // *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*. 2017. № 3. С. 84–95.
- [13] *Лебедева Н.В., Криволицкий Д.А.* Биологическое разнообразие и методы его оценки. География и мониторинг биоразнообразия. М.: Изд-во Научного и учебно-методического центра, 2002. С. 9–142.
- [14] *Анциферова Г.А.* Межледниковые озера центра Восточно-Европейской равнины. Палеоэкология, осадконакопление и эволюция диатомовой флоры: монография. Deutschland: Изд-во Palmarium Academic Publishing, 2014. 362 с.
- [15] *Анциферова Г.А.* Эволюция диатомовой флоры и межледникового осадконакопления центра Восточно-Европейской равнины // *Тр. Воронежского государственного университета*. Вып. 2. Воронеж, 2001. 198 с.
- [16] *Анциферова Г.А., Трегуб Т.Ф., Стародубцева Н.В.* Палеоботанические методы в палеоэкологии неоплейстоцена центра Восточно-Европейской равнины // *Тр. научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета*. Вып. 31. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2005. 100 с.
- [17] *Анциферова Г.А., Беспалова Е.В.* Состояние водной среды Воронежского водохранилища в связи с экологической ситуацией в Масловском затоне // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2016. № 2. С. 91–100.
- [18] *Анциферова Г.А., Русова Н.И.* Долгосрочные последствия влияния аномальных высоких летних температур воздуха 2010–2012 годов на водные экосистемы лесостепной зоны // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2017. № 2. С. 5–12.
- [19] *Новенко Е.Ю.* Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов. М.: ГЕОС, 2016. 228 с.
- [20] *Абакумов В.А., Сиренко Л.А.* К методу контроля экологических модификаций фитоценозов / *Научные основы биомониторинга пресноводных экосистем: тр. советско-французского симпозиума*. Л.: Гидрометиздат, 1988. С. 117–131.

© Беспалова Е.В., 2018

#### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 10.02.2018

Дата принятия к печати: 28.02.2018

#### **Для цитирования:**

*Беспалова Е.В.* Оценка уровня нагрузки на водную экосистему и ее состояния на основе анализа структуры фитопланктона и микрофитобентоса // *Вестник Российского универ-*

ситета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 7—17. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-7-17

**Сведения об авторе:**

Беспалова Елена Владимировна — аспирант кафедры природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета. E-mail: elena\_bespalova@bk.ru

## **ASSESSMENT OF LEVEL OF WATER ECOSYSTEM AND ITS STATE ON THE BASIS OF ANALYSIS OF STRUCTURE OF PHYTOPLANKTON AND A MICROPHYTOBENTHOS**

**E.V. Bespalova**

Voronezh State University  
*Kholzunova str., 40 (building of VSU № 5), Voronezh, 394068, Russian Federation*

The conducted researches of taxonomical structure of phytoplankton and microphytobenthos of neopleistocene and modern water ecosystems of the center of the East European Plain allowed to reveal regularities of its change when changing natural and natural and anthropogenic conditions and also parameters of its environmental standard. It is offered at a research of the modern water ecosystems by method of graphic comparison of taxonomical proportions of phytoplankton and a microphytobenthos to consider all groups of microalgas and a cyanobacterium, and not just diatomic. Researches showed prospects of use of this approach for assessment of a condition of water ecosystems and level of the loading rendered on them. The threshold sizes of indexes of a water ecosystem reflecting its transition from one state to another and also change of level of load of it are quantitatively determined.

**Key words:** bioindication, microalgas, cyanobacteria, graphic analysis, taxonomical proportions, phytoplankton, microphytobenthos

### **REFERENCES**

- [1] Shitikov V.K., Rosenberg G.S. Assessment of biodiversity: an attempt of the formal generalization. *In: Kolichestvennyye metody ekologii i gidrobiologii (sbornik nauchnykh trudov, posvyastshionnyi pamyati A.I. Bakanova. Togliatti: Samarskii nauchnyi tsentr Rossiiskoi akademii nauk, 2005: 91—129. (In Russ.)*
- [2] Makrushin A.V. Biological analysis of water quality. Leningrad: Zoologicheskii institut AN SSSR, 1974: 60. (In Russ.)
- [3] Technique of studying of biocenoses of internal reservoirs. 1975. Moscow: 73—117. (In Russ.)
- [4] Antsiferova G.A. Bioindication of water ecosystems: an educational and methodical grant for higher education institutions. Voronezh: Izdatel'skii dom VGU, 2014: 57. (In Russ.)
- [5] Barinova S.S., Medvedeva L.A. The method of Watanabe in assessment of organic pollution of waters. *Algology*. 1998; 8 (4): 428—448. (In Russ.)
- [6] Razumovsky L.V. Evaluation test of waters on the basis of the analysis of structure of diatomic complexes. *Vodnye resursy*. 2004; 31 (6): 742—750. (In Russ.)
- [7] Razumovsky L.V. Assessment of transformation of lake ecosystems by method of the diatomic analysis. Moscow: Geos, 2012: 199. (In Russ.)
- [8] Razumovsky L.V. Natural and anthropogenic transformations of water ecosystems of the European part of Russia by results of the diatomic analysis: the abstract of the thesis for a degree of the doctor of geographical sciences: 25.00.36. Moscow, 2010: 50. (In Russ.)



- [9] Razumovsky L.V., Gololobova M.A. Long-term transformation of diatom assemblages in Boro and Glubokoe lakes. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16. Biologiya*. 2014; (1): 19–23. (In Russ.)
- [10] Razumovsky V.L. Identification of long-term geoecological changes of small mountain lakes by methods of the diatomic analysis (Western and Central Caucasus Mountains): the abstract of the thesis for a degree of the candidate of geographical sciences 25.00.36. Moscow, 2014: 25. (In Russ.)
- [11] Bespalova E.V. Graphical analysis of the structure of microalgae complexes in interglacial and modern aquatic ecosystems of the center of the Great Russian Plain. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geografiya. Geoekologiya*. 2017; (2): 13–20. (In Russ.)
- [12] Bespalova E.V. Assessment of the condition of water ecosystems of the Central Chernozem region on the basis of the analysis of restructurings of complexes of microalgas and cyanobacteria. *Problems of environmental monitoring and model operation of ecosystems*. 2017; (3): 84–95. (In Russ.)
- [13] Lebedeva N.V., Krivolutsky D.A. Biological diversity and methods of its assessment. *Geografiya i monitoring bioraznoobraziya*. Moscow: Izdatel'stvo Nauchnogo i uchebno-metodicheskogo tsentra, 2002: 9–142. (In Russ.)
- [14] Antsiferova G.A. Interglacial lakes of the center of the East European Plain. Palaeoecology, sedimentation and evolution of diatomic flora: monograph. Deutschland: Palmarium Academic Publishing publishing house, 2014: 362. (In Russ.)
- [15] Antsiferova G.A. Evolution of diatomic flora and interglacial sedimentation of the center of the East European Plain. *Trudy Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*. Voronezh, 2001; (2): 198. (In Russ.)
- [16] Antsiferova G.A., Tregub T.F., Starodubtsev N.V. Paleobotanicheskiye methods in a palaeoecology of a neopleistocene of the center of the East European Plain. *Trudy nauchno-issledovatel'skogo instituta geologii Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*. Voronezh: Izdatel'skii dom VGU, 2005; (31): 100. (In Russ.)
- [17] Antsiferova G.A., Bespalova E.V. Condition of an aqueous medium of the Voronezh reservoir in connection with an ecological situation in the Maslovka backwater. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geografiya. Geoekologiya*. 2016; (2): 91–100. (In Russ.)
- [18] Antsiferova G.A., Rusova N.I. Long-term consequences of the influence of anomalously high summer air temperatures of 2010–2012 on water ecosystems of a forest-steppe zone. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geografiya. Geoekologiya*. 2017; (2): 5–12. (In Russ.)
- [19] Novenko E.Yu. Changes of vegetation and climate of Central and Eastern Europe in a late pleistocene and the Holocene in interglacial and transitional stages of climatic macrocycles. Moscow: GEOS, 2016: 228. (In Russ.)
- [20] Abakumov V.A., Sirenko L.A. To a control method of ecological modifications of fitotsenoz. *Scientific bases of biomonitoring of freshwater ecosystems: works of the Soviet-French symposium*. Leningrad: Gidrometizdat, 1988: 117–131. (In Russ.)

**Article history:**

Received: 10.02.2018

Revised: 28.02.2018

**For citation:**

Bespalova E.V. (2018) Assessment of level of load of a water ecosystem and its state on the basis of the analysis of structure of phytoplankton and a microphytobenthos. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 7–17. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-7-17

**Bio Note:**

*Bespalova Elena Vladimirovna* — postgraduate student of the Department of Nature management of the Faculty of Geography, Geo-ecology and Tourism, Voronezh State University. E-mail: elena\_bespalova@bk.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-18-34

УДК 502.64

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ТЕРРИТОРИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

С.В. Исаев

Пермский государственный национальный исследовательский университет  
Российская Федерация, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15

Изучено формирование природно-технических систем под влиянием технологических объектов на трех нефтяных месторождениях Пермского края. Проведен отбор проб почвы на разном расстоянии от изучаемых объектов и руслах рек, затем определено содержание нефтепродуктов и хлоридов. Получены сведения о геохимической трансформации природной среды, выраженной в процессах галогенеза и битумизации около технологических объектов нефтепромыслов. Полученные результаты сравнивались с естественными фоновыми концентрациями данных поллютантов, характерными для каждого района исследования. Также выполнено сравнение в разрезе типов технологических объектов и изучаемых месторождений. По результатам работы была выявлена зона техногенного влияния по нефтепродуктам и хлоридам нефтепромысловых объектов на природную среду. Определены особенности формирования различных природно-технических систем на территории нефтяных месторождений Пермского края.

**Ключевые слова:** природно-техническая система, антропогенная трансформация, техногенез, галогенез, битумизация

На территориях нефтяных месторождений при взаимодействии технологических объектов с природной средой формируются природно-технические системы (далее — ПТС). Учитывая технологическую связанность промышленных объектов месторождения сетью трубопроводного транспорта, линиями электропередач, сетью автодорог и др., можно предположить, что месторождение представляет собой ПТС локального уровня, а промышленные площадные (скважины, дожимные насосные станции (далее — ДНС), установки по подготовке и перекачке нефти (далее — УППН) и др.) и линейные объекты (автодороги, нефтепроводы и др.) являются ПТС элементарного уровня.

При формировании и эксплуатации ПТС элементарного уровня на нефтяных месторождениях происходит воздействие на природную среду. По Солнцевой Н.П. нагрузки на природную среду связаны с физическими воздействиями (механогенез при работе техники) и с геохимическими воздействиями [5]. Хаустов А.П. у себя в работе выделил следующие типы нарушений при эксплуатации нефтепромыслов: геомеханические, гидродинамические, аэродинамические, биоморфологические [7].

Основные виды геохимического воздействия — галогенез и битумизация природной среды [1; 2; 4; 6]. Хаустов А.П. техногенез на нефтяных месторождениях рассматривает как непрерывную самоорганизацию локальных зон загрязнения (генетическая структуризация) с дифференциацией вещества (углеводородов и других соединений) во времени по разрезу и площади [8].

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА**

В целях изучения данных процессов как важных геоэкологических аспектов ПТС нефтяных месторождений Пермского края, были проведены натурные обследования с отбором проб почв на территории трех месторождениях — Кокуйском, Падунском и Озерном. Территория Кокуйского месторождения относится к природному району Кунгурской лесостепи, Падунское месторождение расположено в хвойно-широколиственных лесах, а Озерное — в болотном комплексе средней тайги (рис. 1).

Пробы отбирались в соответствии с действующими нормативными документами на разном расстоянии от основных типов технологических объектов (скважины, кусты скважин (далее — КС), ДНС, УППН, нефтегазосборных пунктов (далее — НГСП) данных месторождений и в пойме основных водотоков. Почвенные образцы для исследования были взяты в различных биотопах на глубине 0–20 см. Пробы были проанализированы в специализированной лаборатории для определения в них содержания нефтепродуктов (далее — НП) и хлорид-ионов для оценки распространения процессов битумизации и галогенеза на исследуемых территориях.

Содержание НП в почве определялось с помощью документа ПНД Ф 16.1;2.2.22—98 «Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органоминеральных почвах». Погрешность измерения данной методики составляет до 25%. Хлориды определены по М 03-06-2010 «Методика измерений массовой доли водорастворимых форм хлорид-, сульфат-, оксалат-, нитрат-, фторид-, формиат-, фосфат-, ацетат- ионов в почвах, грунтах тепличных, глинах, торфе, осадках сточных вод, активном иле, донных отложениях методом капиллярного электрофореза с использованием прибора «Капель». Погрешность определения методики до 5%.

Полученные результаты рассматривались в разрезе каждого месторождения и типов технологических объектов. Определялось распространение процессов техногенеза в ПТС. Для этого определялись концентрации и рассчитывалось среднее значение содержания НП и хлоридов в зоне влияния типов технологических объектов, сравнивалось с естественными фоновыми показателями. Статистическая обработка результатов вокруг типов технологических объектов позволит сравнить их между собой и сделать выводы о развитии процессов геохимической трансформации в ПТС элементарного уровня.

Для определения уровня геохимической трансформации в ПТС локального уровня полученные результаты сравнивались с фоновыми концентрациями, характерными для месторождения, и между собой.

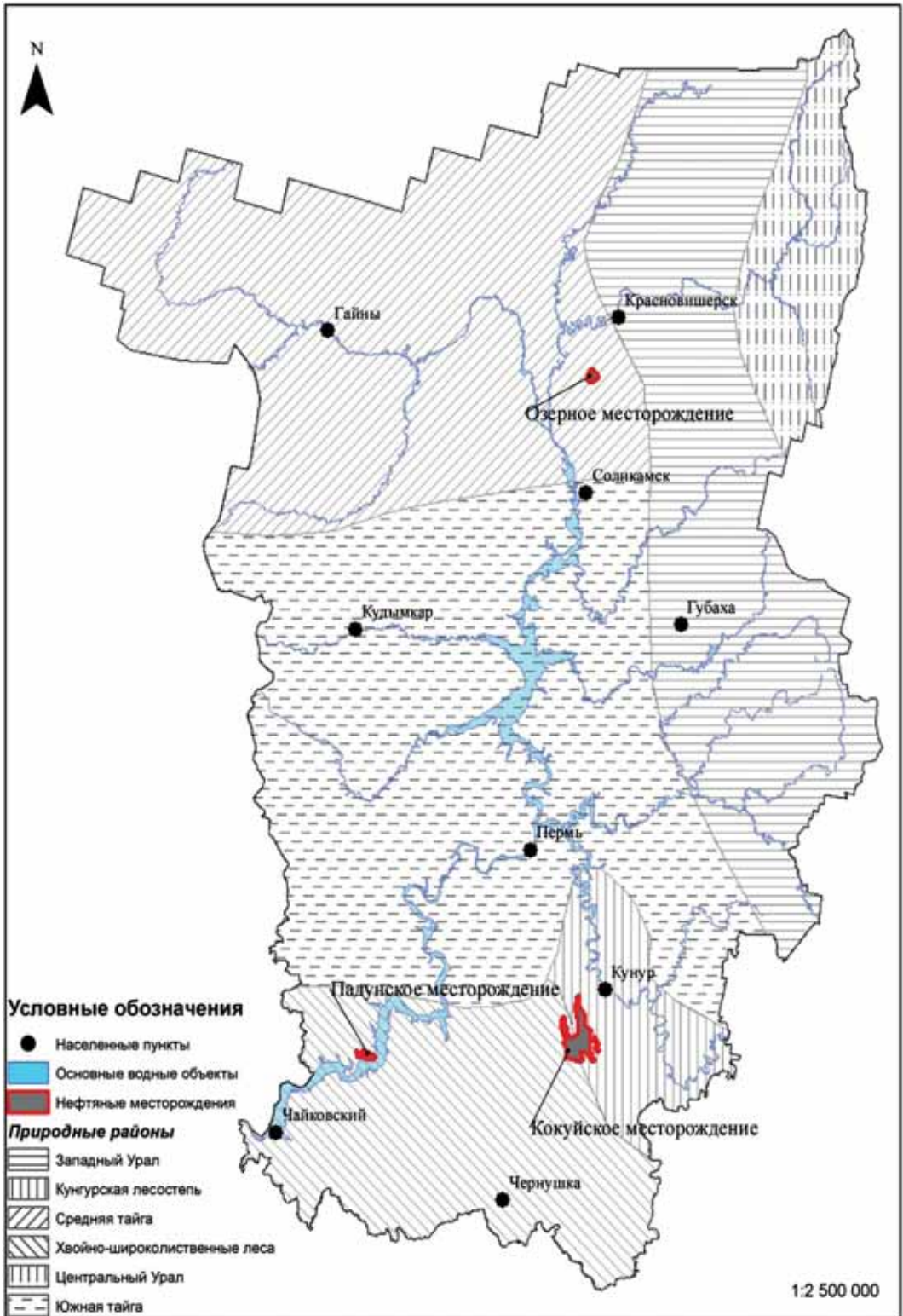


Рис. 1. Обзорная карта расположения изучаемых месторождений

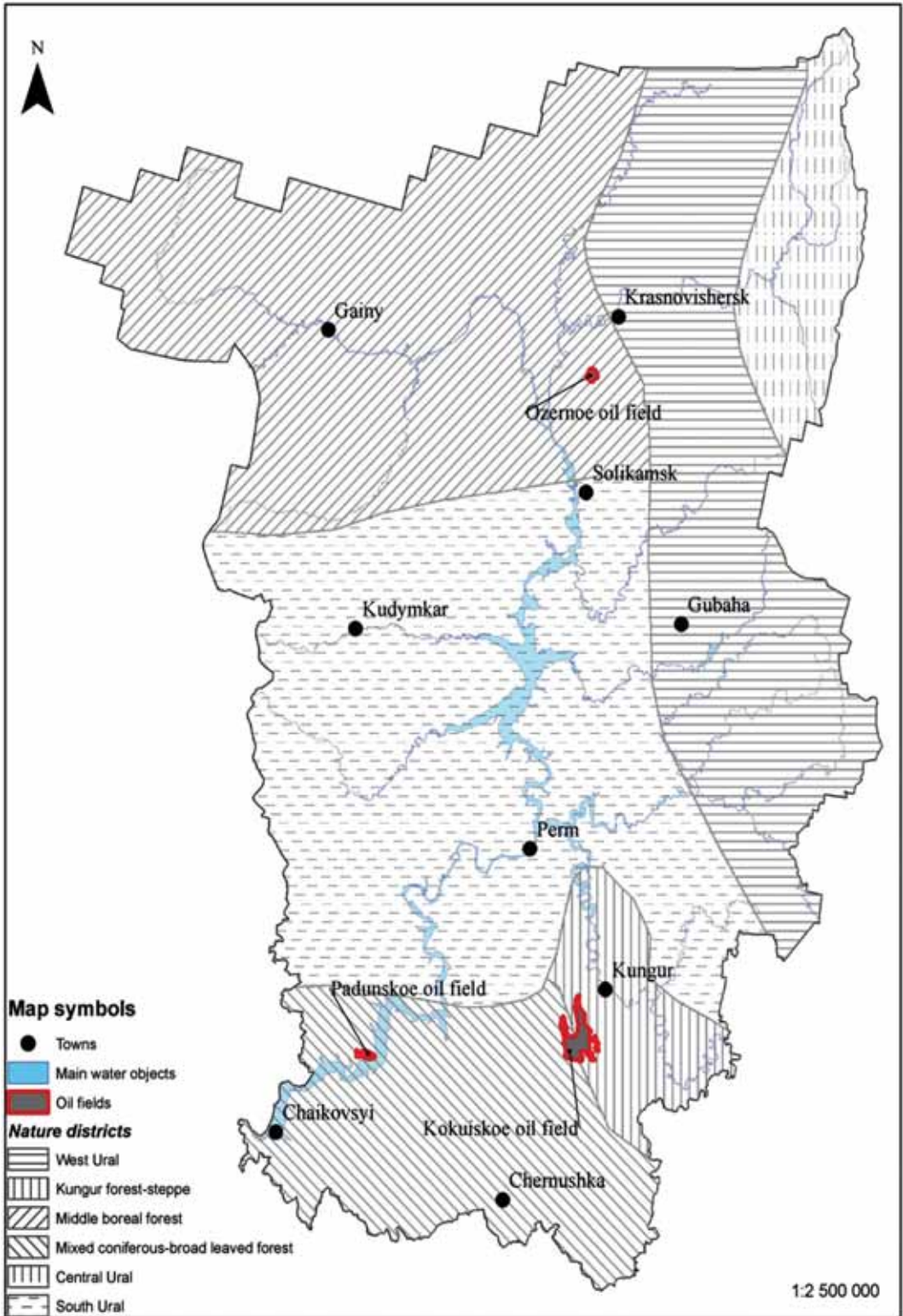


Fig. 1. Overview map of the oil fields location studied

В качестве фоновых концентраций для изучаемых месторождений были приняты концентрации НП и хлоридов в пробах, отобранных вне сферы локального антропогенного воздействия. В соответствии с документом СП 11-102—97 от 10.07.1997 № 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» фоновые пробы отбирались на достаточном удалении от поселений (с наветренной стороны), не менее чем в 500 м от автодорог, на землях (лугах, пустошах), где не применялись пестициды и гербициды.

Различия между выборками геохимических проб оценивались с помощью критерия Стьюдента и критерия Фишера. Для расчета статистических величин использовался программный продукт MS Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Озерное нефтяное месторождение.* Всего в ходе исследования территории Озерного нефтяного месторождения были проанализированы 26 проб на содержание НП и 8 на содержание хлоридов. Содержания НП и хлоридов (рис. 2) показывают, что в пробах, отобранных вокруг площадок одиночных и КС, среднее значение концентрации НП на расстоянии 50 м составляет 172 мг/кг, что превышает естественный фон в 10,7 раз. По результатам апробирования фон на месторождении по НП равен — 41 мг/кг, по хлоридам — 53 мг/кг.

На расстоянии 100 м от НГСП наблюдаются незначительные превышения фоновых концентраций НП и средняя концентрация составляет 43 мг/кг. На расстоянии 200 м от НГСП средняя концентрация НП равняется 29 мг/кг. На расстоянии 300 м средняя концентрация НП возрастает до 53 мг/кг. В связи с тем, что на расстоянии 100—300 м загрязнение НП превышает естественные фоновые показатели для Озерного месторождения, можно сделать вывод, что промышленный объект оказывает геохимическое влияние на окружающую территорию на этом удалении.

В половине проб, отобранных на расстоянии 50 м от КС, наблюдаются концентрации хлоридов ниже фоновых, в половине — выше. Среднее значение техногенного фона, наблюдаемое у скважин, равняется 90 мг/кг, что превышает естественный фон в 1,7 раз.

Среднее значение содержания НП в локальной ПТС Озерного месторождения составляет 127 мг/кг, хлоридов — 90 мг/кг.

*Кокуйское нефтяное месторождение.* Для анализа ПТС Кокуйского месторождения на содержание НП и хлоридов были проанализированы 36 проб (рис. 3).

По итогам исследований средняя концентрация НП в локальной ПТС Кокуйского месторождения составляет 492 мг/кг, по хлоридам — 23 мг/кг, что превышает естественный фон, который по НП на нефтепромысле составляет — 73 мг/кг, по хлоридам — 16 мг/кг.

Среднее значение содержания НП в почвах на расстоянии 50 м от объектов составляет 343 мг/кг. Вклад в формирование техногенного фона вносят почти все технологические объекты.

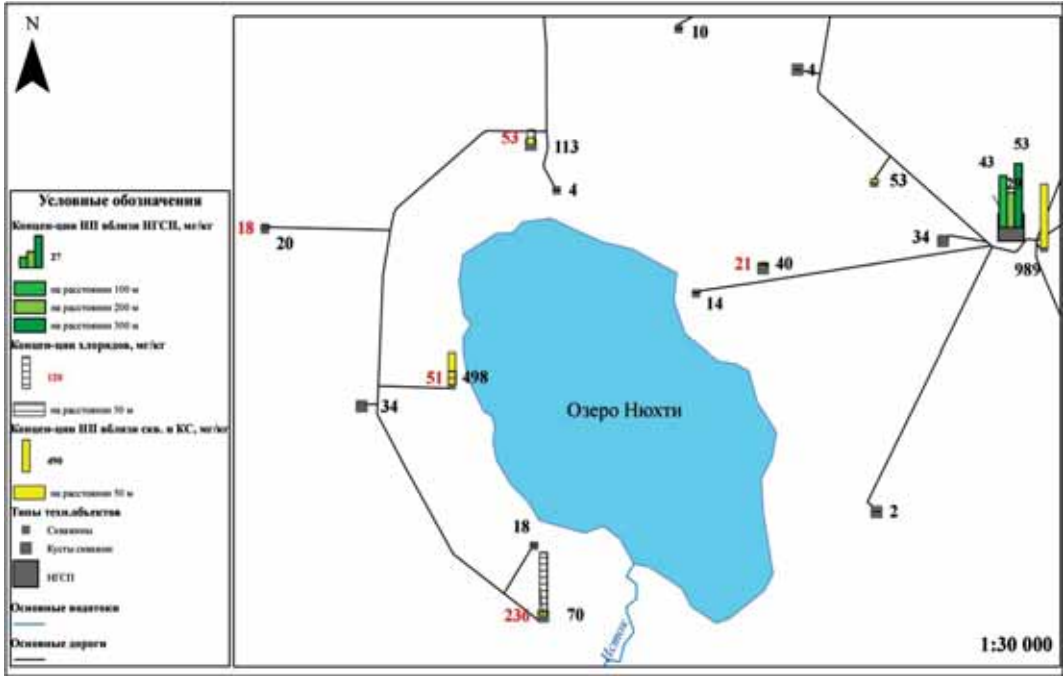


Рис. 2. Карта-схема концентраций НП и хлоридов вблизи технологических объектов Озерного нефтяного месторождения

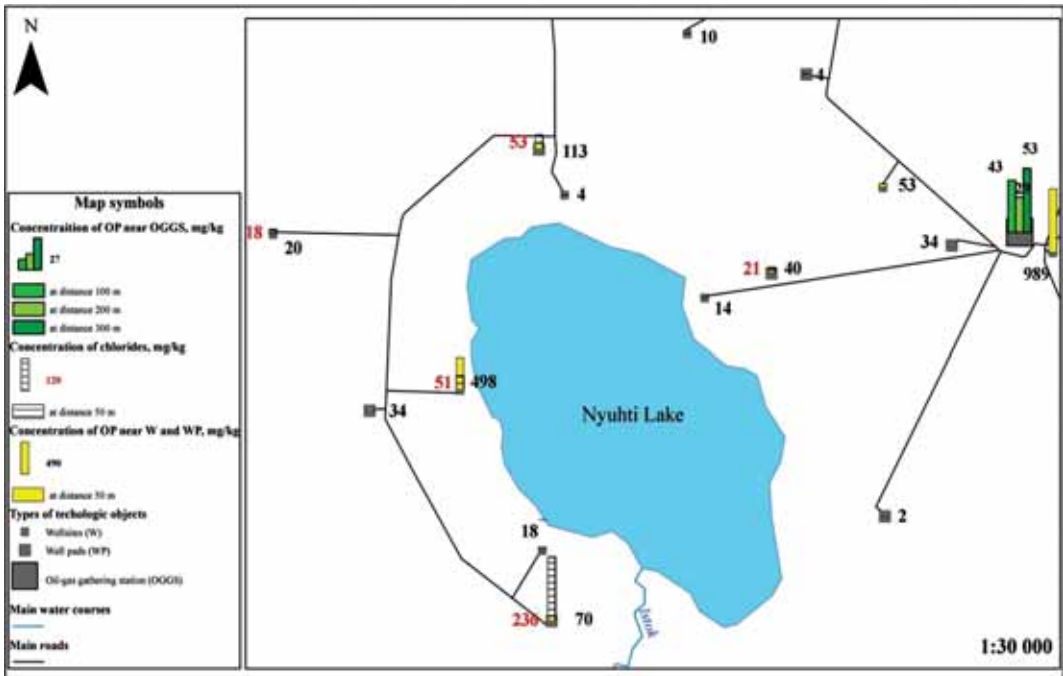
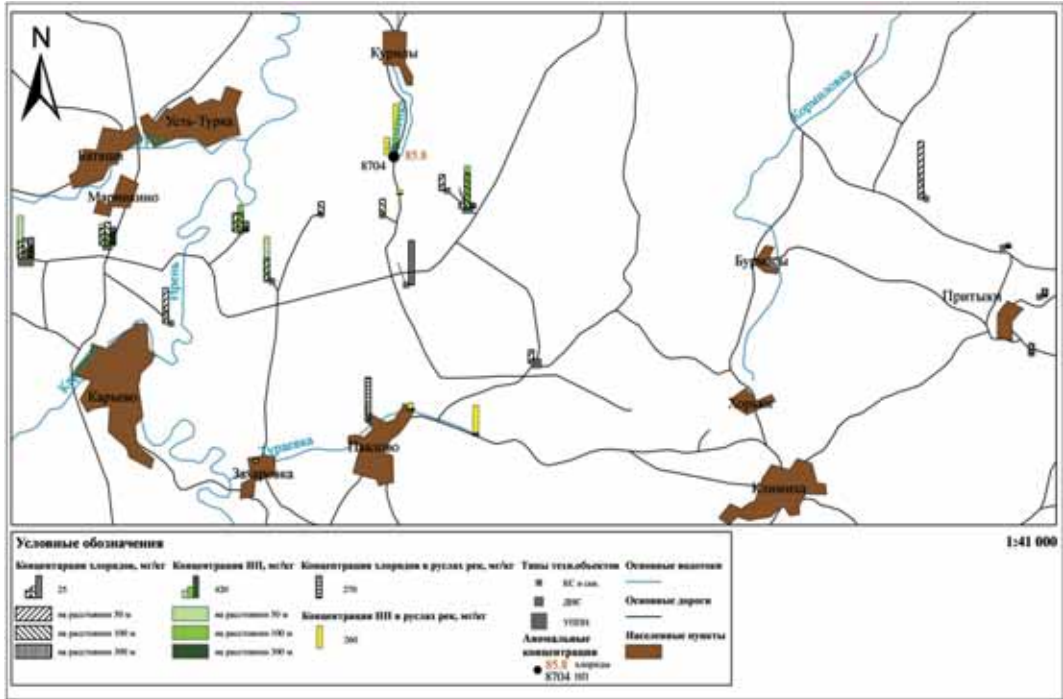
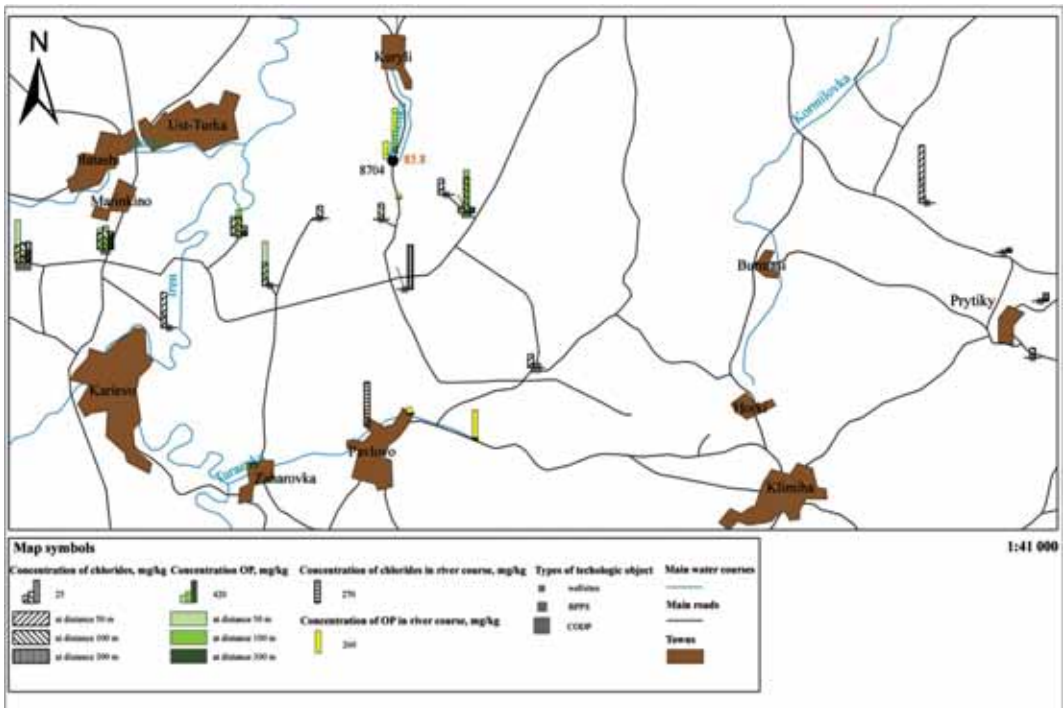


Fig. 2. Map-scheme of concentrations of oil products and chlorides near technological facilities of the Ozernoe oil field



**Рис. 3.** Карта-схема концентраций НП и хлоридов вблизи технологических объектов Кокуйского нефтяного месторождения



**Fig. 3.** Map-scheme of concentrations of oil products and chlorides near technological facilities of the Kokuiskoe oil field



На расстоянии 100 м от исследуемых объектов наблюдается динамика на снижение содержания НП. Однако по-прежнему формируется повышенный по отношению к естественному фон равный 278 мг/кг. Как и в предыдущем случае, вклад в формирование техногенного фона вносят все типы объектов.

На расстоянии 300 м среднее содержание НП в почвах в 1,8 раза выше естественных фоновых значений и составляет 134 мг/кг. Концентрация поллютантов значительно снижается, но выше фона.

Концентрация хлоридов в почвах, отобранных на расстоянии 50 м от нефтепромышленных объектов, в большинстве случаев превышает фоновые (природные) концентрации. Формируются техногенные экотопы, средняя концентрация в которых составляет 25 мг/кг.

На расстоянии 100 м наблюдается тенденция к снижению сформировавшихся концентраций хлоридов до 22 мг/кг.

Среднее значение хлоридов на расстоянии 300 м ниже естественного фона.

Пробы на р. Каменка были отобраны в истоке реки, а также местах расположения нефтеловушек и незначительном удалении от них. В истоке реки содержание хлоридов и НП в почве не превышает фоновые показатели. В местах расположения нефтеловушек, особенно 1-й, выявлены значительные превышения фона по анализируемым веществам, но уже на расстоянии 50 м от них ситуация нормализуется и значения становятся близкими к фону. Анализ почвенных образцов, отобранных в непосредственной близости от 2-й нефтеловушки, показал повышенное по отношению к фону содержание поллютантов, но существенно меньшее, чем у 1-й нефтеловушки. Значения, полученные вблизи нефтеловушек, вносят значительный вклад в формирование общего высокого среднего содержания НП и хлоридов на Кокуйском месторождении.

На р. Тураевка результаты исследований показали повышенные концентрации по хлоридам и НП в истоке реки. Вниз по течению идет сначала снижение концентраций загрязняющих веществ, потом повышение в месте, где река протекает в населенном пункте. В месте впадения Тураевки в р. Ирень содержание хлоридов в почве возрастает, а содержание НП снижается ниже фоновых показателей.

*Падунское нефтяное месторождение.* В ПТС Падунского месторождения в рамках работы были проанализированы 24 пробы почв. Результаты апробирования (рис. 4) показывают, что фоновые показатели по содержанию НП на месторождении составляют 50 мг/кг, по хлоридам — 16 мг/кг.

На расстоянии 50 м от нефтепромышленных объектов содержание НП выше естественного фона и составляет 86 мг/кг.

На расстоянии 100 м от технологических объектов, происходит увеличение среднего содержания НП до 526 мг/кг. Повышение концентраций происходит за счет результатов отбора проб вблизи ДНС.

На расстоянии 300 м нефтяное загрязнение отсутствует. Содержание НП в почвах находится на фоновом уровне.

Содержание хлоридов на расстоянии 50 м от нефтепромышленных объектов Падунского месторождения равняется 17 мг/кг, что незначительно превышает естественный фон. Наибольшие концентрации наблюдаются в районе площадок УППП и ДНС.

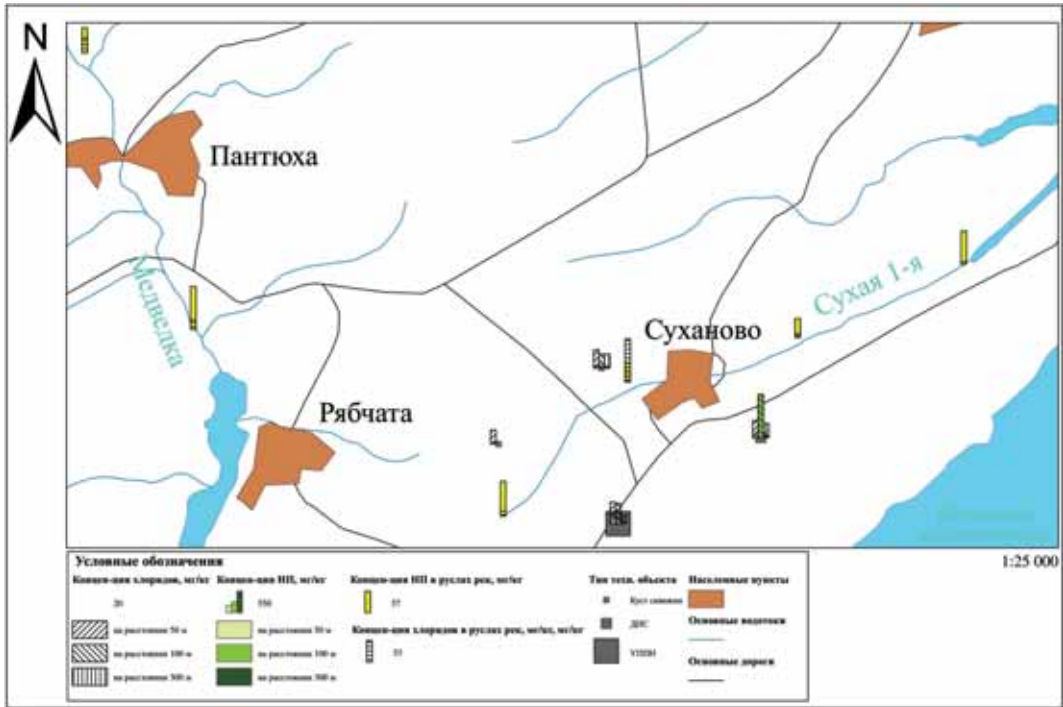


Рис. 4. Карта-схема концентраций НП и хлоридов вблизи технологических объектов Падунского нефтяного месторождения

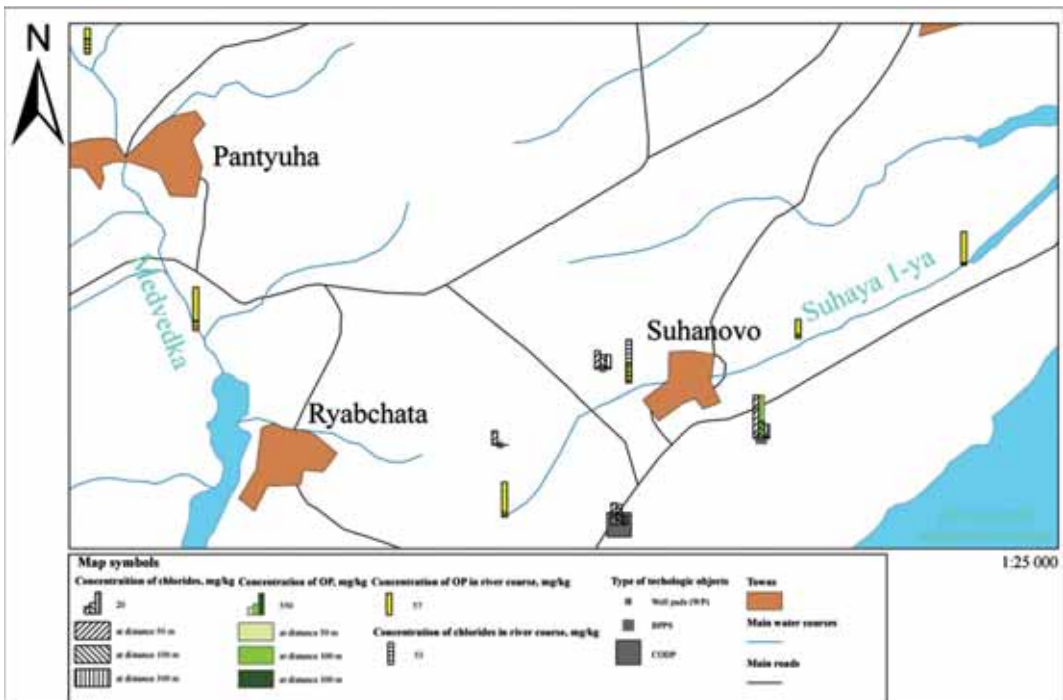


Fig. 4. Map-scheme of concentrations of oil products and chlorides near technological facilities of the Padunskoe oil field

На расстоянии 100 м от технологических объектов наблюдается повышение средней концентрации хлоридов до 28 мг/кг. Как и в случае с концентрациями по НП, увеличение происходит за счет проб взятых около ДНС.

В пробах, отобранных в 300 м от изучаемых объектов, среднее значение содержания хлоридов равняется 12 мг/кг, что ниже естественных показателей характерных для территории месторождения.

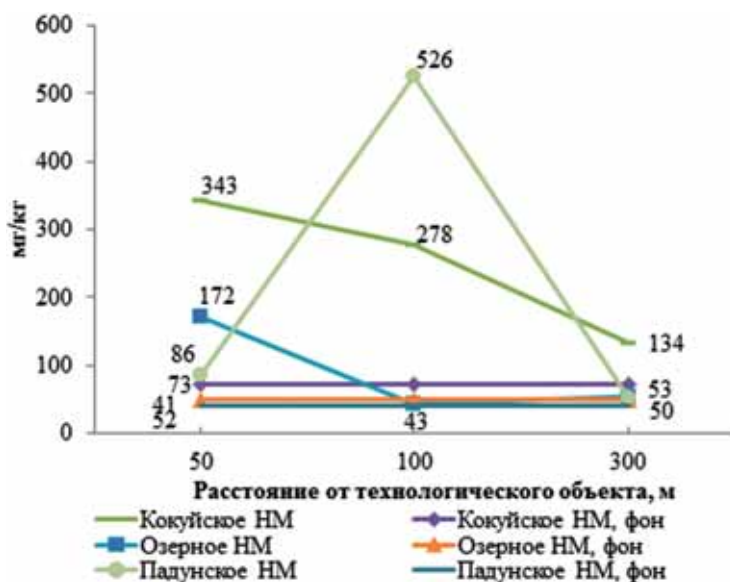


Рис. 5. Средние концентрации НП вблизи основных типов технологических объектов нефтяных месторождений

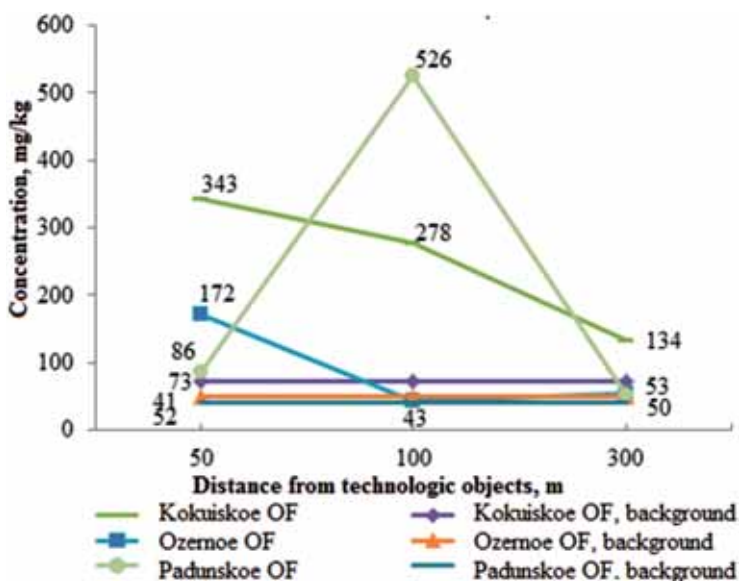


Fig. 5. Average concentrations of oil products in the main types of natural-technical systems of oil fields

Результаты апробирования в истоке р. Первая Сухая показали незначительные превышения фоновых показателей по НП. В среднем течении отмечается повышение показателей концентрации хлоридов, концентрация НП падает до фоновых значений. В пробах, отобранных в устье реки, обнаружено незначительное превышение концентрации НП.

В почвенных образцах, взятых для оценки загрязнения в почвах русла р. Медведка выявлены превышения фоновых показателей по содержанию хлоридов и НП в пробах, отобранных как в нижнем течении, так и в верхнем течении реки.

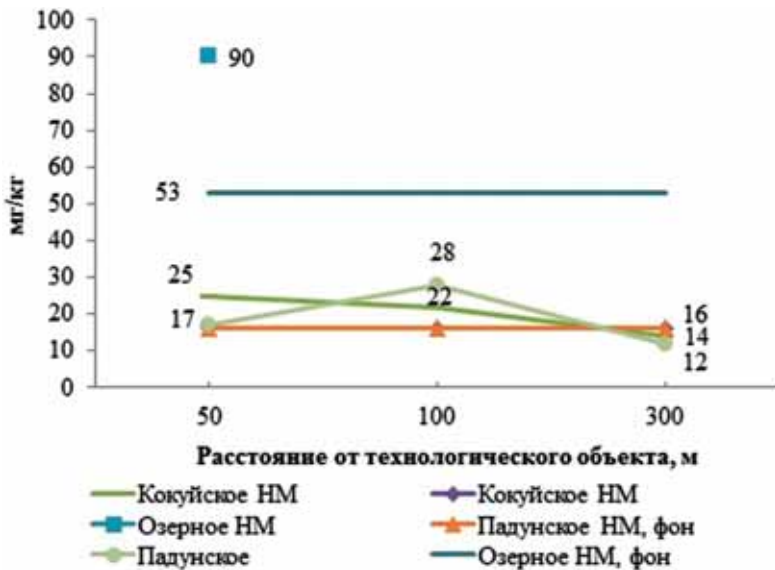


Рис. 6. Средние концентрации хлоридов вблизи основных типов технологических объектов нефтяных месторождений

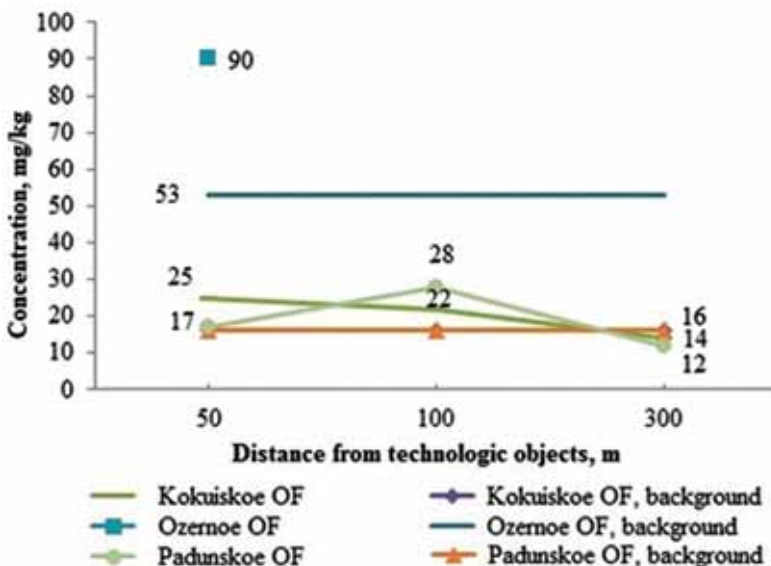


Fig. 6. Average concentrations of chlorides in the main types of natural-technical systems of oil fields

На расстоянии 50 м и 100 м от технологических объектов на всех исследуемых месторождениях средние значения содержания НП и хлоридов выше, чем естественный фон. На расстоянии 300 м данная тенденция наблюдается фрагментарно, что позволяет сделать вывод, что зона влияния техногенных объектов по хлоридам и НП прослеживается до 100 м (рис. 5 и б).

Средние значения концентраций и другие статистические величины по содержанию НП и хлоридов по всем типам элементарных ПТС в пределах 100 м представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

**Средние концентрации НП в основных типах ПТС нефтяных месторождений**

Место-рождение	УППН					ДНС					Скважины				
	$\bar{x}$	ДИ	$S^2$	$N$	$V$	$\bar{x}$	ДИ	$S^2$	$N$	$V$	$\bar{x}$	ДИ	$S^2$	$N$	$V$
Кокуйское	449	647	436142	4	1,47	331	277	119581	6	1,05	232	173	70048	9	1,14
Падунское	87	45	2595	5	0,59	763	721	811771	6	1,18	51	1	1	3	0,02
Озерное	—	—	—	—	—	43	46	1651	3	0,94	172	223	220800	17	2,73
В общем по типу объекта	<b>248</b>	<b>162</b>	<b>201252</b>	<b>9</b>	<b>1,8</b>	<b>446</b>	<b>327</b>	<b>416402</b>	<b>15</b>	<b>1,45</b>	<b>178</b>	<b>140</b>	<b>148870</b>	<b>29</b>	<b>2,17</b>

Примечание. Здесь и далее  $\bar{x}$  — среднее арифметическое, ДИ — доверительный интервал,  $S^2$  — дисперсия выборочная,  $N$  — количество проб,  $V$  — коэффициент вариации.

Table 1

**Average concentrations of oil products in the main types of natural-technical systems (NTS) of oil fields**

Oil field	CODP					BPPS					Wellsites				
	$\bar{x}$	$CI$	$S^2$	$N$	$V$	$\bar{x}$	$CI$	$S^2$	$N$	$V$	$\bar{x}$	$CI$	$S^2$	$N$	$V$
Kokuiskoe	449	647	436142	4	1,47	331	277	119581	6	1,05	232	173	70048	9	1,14
Padunskoe	87	45	2595	5	0,59	763	721	811771	6	1,18	51	1	1	3	0,02
Ozernoie	—	—	—	—	—	43	46	1651	3	0,94	172	223	220800	17	2,73
Generally by object type	<b>248</b>	<b>162</b>	<b>201252</b>	<b>9</b>	<b>1,8</b>	<b>446</b>	<b>327</b>	<b>416402</b>	<b>15</b>	<b>1,45</b>	<b>178</b>	<b>140</b>	<b>148870</b>	<b>29</b>	<b>2,17</b>

Note. Hereinafter  $\bar{x}$  — arithmetic average,  $CI$  — confidence interval,  $S^2$  — sampling variance,  $N$  — number of samples,  $V$  — variation coefficient.

Таблица 2

**Средние концентрации хлоридов в основных типах ПТС нефтяных месторождений**

Место-рождение	УППН					ДНС					Скважины				
	$\bar{x}$	ДИ	$S^2$	$N$	$V$	$\bar{x}$	ДИ	$S^2$	$N$	$V$	$\bar{x}$	ДИ	$S^2$	$N$	$V$
Кокуйское	21	9	92	4	0,46	21	10	142	6	0,57	26	11	284,51	9	0,65
Падунское	19	3	14	5	0,20	32	33	1727	6	1,30	15	3	6	3	0,16
Озерное	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	90	69	13561	11	1,29
В общем по типу объекта	<b>20</b>	<b>13</b>	<b>43</b>	<b>9</b>	<b>0,3</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>884</b>	<b>12</b>	<b>1,12</b>	<b>55</b>	<b>35</b>	<b>7458</b>	<b>23</b>	<b>0,89</b>

Table 2

**Average concentrations of chlorides in the main types of natural-technical systems of oil fields**

Oil field	CODP					BPPS					Wellsites				
	$\bar{x}$	CI	S <sup>2</sup>	N	V	$\bar{x}$	CI	S <sup>2</sup>	N	V	$\bar{x}$	CI	S <sup>2</sup>	N	V
Kokuiskoe	21	9	92	4	0,46	21	10	142	6	0,57	26	11	284,51	9	0,65
Padunskoe	19	3	14	5	0,20	32	33	1727	6	1,30	15	3	6	3	0,16
Ozernoe	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	90	69	13561	11	1,29
Generally by object type	<b>20</b>	<b>13</b>	<b>43</b>	<b>9</b>	<b>0,3</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>884</b>	<b>12</b>	<b>1,12</b>	<b>55</b>	<b>35</b>	<b>7458</b>	<b>23</b>	<b>0,89</b>

Результаты на Кокуйском месторождении (см. табл. 1), говорят о том, что распределение НП в элементарных ПТС месторождения соответствуют закономерностям, выявленным в работе Кулаковой С.А. [3]. Среднее содержание НП в ПТС уменьшается в ряду УППН-ДНС-скважины. Об этом свидетельствуют полученные результаты по среднему содержанию НП, отобранные вблизи производственных объектов (см. табл. 1).

На Падунском и Озерном месторождениях выявлено аномальное по отношению к существующим теоретическим представлениям [3] о техногенезе вблизи нефтепромысловых объектов распределение. Наибольшее содержание НП на Падунском месторождении обнаружено в ПТС ДНС, затем идут ПТС УППН и ПТС скважин. На Озерном месторождении наибольшая средняя концентрация наблюдается в ПТС скважин. Полученные результаты подтверждают представления А.П. Хаустова об обусловленности уровня загрязнения технологическими нарушениями [7].

Результаты по содержанию хлоридов (см. табл. 2) на изучаемых месторождениях также показали отклонение от существующих представлений [3]. На Кокуйском месторождении наибольшее среднее содержание хлоридов наблюдается в ПТС скважин, в ПТС УППН и ДНС содержания равны. На Падунском НМ содержание хлоридов в элементарных ПТС распределены таким же образом, как и по содержанию НП. Происходит уменьшение в ряду ДНС-УППН-скважины.

Обобщение полученных данных по содержанию НП около основных производственных объектов показывает, что процессы битумизации природной среды наиболее распространены в ПТС ДНС, затем следует ПТС УППН, а потом ПТС скважин и КС. Из результатов апробирования на хлориды следует, что наибольшие концентрации наблюдаются в ПТС скважин, наименьшие в ПТС УППН.

Исходя из этого, можно предположить, что геохимическая трансформация природной среды в ПТС не всегда зависит от типа объекта, а определяется другими факторами. Среди этих факторов: продолжительность эксплуатации объекта, качество обустройства промышленной площадки, соблюдение нормально-го режима эксплуатации.

Для определения значимости различий средних концентраций поллютанов и сравнения дисперсий результатов апробирования в ПТС месторождений и типов технологических объектов были рассчитаны критерии (табл. 3) Стьюдента (далее —  $t$ ) и Фишера (далее —  $F$ ).

Все элементарные ПТС по оценке с помощью  $F$  достоверно отличаются по распределению хлоридов, по распределению концентраций НП отличаются только ПТС ДНС и скважин.

Также имеются различия в среднем содержании поллютантов в ПТС. С высокой степенью достоверности отличаются ПТС ДНС и скважин по концентрации хлоридов и НП, УППН и скважин по хлоридам.

Высокую степень различия ПТС скважин от других типов по содержанию хлоридов можно объяснить тем, что значительная часть проб была сделана на Озерном месторождении, где, как показывают измерения, природный фон выше примерно в 2–3 раза, чем на Падунском и Кокуйском месторождениях.

Таблица 3

**Критерии Стьюдента и Фишера для изучаемых ПТС**

Сравниваемые ПТС	НП		Хлориды	
	$t$	$F$	$t$	$F$
<i>Элементарные ПТС</i>				
УППН-ДНС	0,39	0,30	0,47	0,0002
ДНС-скважины	0,16	0,02	0,16	8,0E-04
УППН-скважины	0,68	0,52	0,06	3,7E-08
<i>Локальные ПТС</i>				
Кокуйское м-е — Падунское м-е	0,7	7,1E-06	0,80	0,009
Падунское м-е — Озерное м-е	0,36	0,11	0,03	0,01
Кокуйское м-е — Озерное м-е	0,15	1,8E-09	0,004	0,24

Table 3

**T-test and F-test of the NTS**

Compared NTS	Oil products		Chlorides	
	$t$	$F$	$t$	$F$
<i>Elementary NTS</i>				
CODP-BPPC	0,39	0,30	0,47	0,0002
BPPC-wellsite	0,16	0,02	0,16	8,0E-04
CODP-wellsite	0,68	0,52	0,06	3,7E-08
<i>Peephole NTS</i>				
Kokuiskoe OF — Padunskoe OF	0,7	7,1E-06	0,80	0,009
Padunskoe OF — Ozernoe OF	0,36	0,11	0,03	0,01
Kokuiskoe OF — Ozernoe OF	0,15	1,8E-09	0,004	0,24

Достоверные различия в содержании НП между ПТС ДНС и скважин показывает, что вокруг ДНС происходит более сильная геохимическая трансформация природной среды, чем у скважин. Скорее всего, это обусловлено тем, что на ДНС выполняется более сложный комплекс технологических операций и происходит перекачка больших объемов нефтесодержащей жидкости.

В локальных ПТС наблюдаются достоверные различия в распределении НП и хлоридов почти во всех месторождениях, кроме содержания хлоридов в Кокуйском и Падунском месторождениях.

Наиболее сильно и статистически значимо отличаются ПТС Озерного и Кокуйского месторождений по содержанию НП. По содержанию хлоридов достоверные отличия от остальных имеет ПТС Озерного месторождения.

На Кокуйском месторождении наиболее развиты процессы битумизации природной среды. Процессы техногенеза, проходящие на месторождении, достаточно типичны для нефтепромыслов. Результаты, полученные в ходе исследования, соотносятся с результатами в существующих исследованиях [3].

Существенные отличия по содержанию хлоридов в ПТС Озерного месторождения от других обусловлено тем, что на данном месторождении в естественных условиях содержания хлоридов выше, чем на Падунском и Кокуйском месторождениях. Средняя степень превышения естественного фона на всех трех месторождениях примерно равна. Процессы галогенеза на данном месторождении схожи с процессами, наблюдаемыми на других исследуемых нефтепромыслах.

## ВЫВОДЫ

Объекты нефтедобычи оказывают геохимическое воздействие на природную среду и служат источниками техногенеза, выраженного в процессах битумизации и галогенеза. В результате взаимодействия нефтепромысловых объектов и природной среды формируются элементарные ПТС. Объединенные элементарные ПТС технологических объектов представляют собой системы локального уровня — ПТС месторождений.

Оценив развитие процессов ПТС можно сделать вывод, что территория развития техногенного влияния по хлоридам и НП нефтепромысловых элементарных ПТС составляет до 100 м, так как, как правило, в большинстве случаев с увеличение расстояния до 300 м геохимическая обстановка нормализуется и приближается к фоновым показателям.

Различные типы элементарных систем имеют свои индивидуальные особенности, в основном, выраженные в распределении хлоридов. Наибольшее отличие от всех по содержанию НП имеет ПТС ДНС, по содержанию хлоридов — ПТС скважин.

Оценка геохимических показателей локальных ПТС месторождений показывает, что в ходе эксплуатации нефтепромыслов в них происходит увеличение содержания изучаемых загрязняющих веществ по отношению к естественному состоянию. Степень изменений в локальных ПТС различна.

Основные отличия в локальных ПТС наблюдаются в распределении поллютантов — НП и хлоридов. По содержания НП наибольшие отличия от всех имеет ПТС Кокуйского месторождения. Это обусловлено тем, что из изучаемых месторождений Кокуйское эксплуатируется наиболее долго. Существенных отличий в развитии процессов галогенеза локальных ПТС не обнаружено.

При формировании и эксплуатации ПТС элементарного и локального уровней трансформация природной среды имеет индивидуальный характер.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2003. 171 с.
- [2] Бузмаков С.А., Кулакова С.А. Формирование природно-техногенных экосистем на территории нефтяных месторождений (на примере Пермского края) // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2007. № 1. С. 20—24.



- [3] Кулакова С.А. Техногенная трансформация экосистем в районах нефтедобычи (на примере Шагирто-Гожанского месторождения нефти): дисс. ... канд. геогр. наук. Пермь, 2007. 156 с.
- [4] Пиковский Ю.И., Солнцева Н.П. Геохимическая трансформация дерново-подзолистых почв под влиянием потоков нефти // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. М.: Наука, 1981. С. 149–154.
- [5] Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 376 с.
- [6] Соромотин А.В. Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири: монография. Тюмень: ТГУ, 2010. 320 с.
- [7] Хаустов А.П., Редина М.М. Охрана окружающей среды при добыче нефти. М.: Академия народного хозяйства; Дело, 2006. 84 с.
- [8] Хаустов А.П. Техногенная геохимическая зональность углеводородов как продукт биотрансформации // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2016. № 1. С. 106–110.

© Исаев С.В., 2018

**История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 30.11.2017

Дата принятия к печати: 15.12.2017

**Для цитирования:**

Исаев С.В. Особенности формирования природно-технических систем на территории нефтяных месторождений // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 18–34. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-18-34

**Сведения об авторе:**

Исаев Сергей Викторович — аспирант географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета. E-mail: isaevsvik@yandex.ru

## **PECULIARITIES OF FORMING NATURAL-TECHNICAL SYSTEMS OF OIL FIELDS IN PERM REGION**

**S.V. Isaev**

Perm State University  
15, Bukireva str., Perm', 614990, Russian Federation

The formation of natural-technical systems under the influence of technological facilities at three oil fields of the Perm Krai was studied. Sampling of soil at different distances from the studied objects was carried out, after the content of oil products and chlorides was determined. Information is received on the geochemical transformation of the natural environment, expressed in halogenesis and bitumenization processes near technological facilities oil fields. The results were compared with the natural background concentrations of these pollutants, characteristic for each area of the study. Also a comparison is made in the context of types of technological objects and studied deposits. Based on

the results of the work, the zone of technogenic influence oil field and chlorides of oilfield facilities on the natural environment was revealed. Specific features of the formation of various natural-technical systems on the territory of oil fields are determined.

**Key words:** natural-technical system, anthropogenic transformation, technogenesis, halogenesis, bituminization

## REFERENCES

- [1] Buzmakov S.A., Kostarev S.M. Technogenic changes of components of environment in oil-extracting districts of the Perm region. Perm': Izd-vo Perm. un-ta, 2003 (in Russ).
- [2] Buzmakov S.A., Kulakova S.A. Forming of natural-technogenic in the area of oil fields (Perm region experience). *Zaschita okruzhaiushej sredy v neftegazovomkomplekse (NTZh)*. 2007. Vol. 1. P. 20–24 (in Russ).
- [3] Kulakova S.A. Technogenic transformation of ecosystems in areas of oil production (on the example of the Shagirto-Gozhansky oil field) [dissertation]. Perm', 2007.
- [4] Pikovskii Y.I., Solntseva N.P. Geochemical transformation of sod-podzolic soils under the influence of oil flows. Technogenic flows of matter in landscapes and state of ecosystems. Moscow: Nauka, 1981. P. 149–154 (in Russ).
- [5] Solntseva N.P. Oil mining and geochemical transformation of landscapes. Moscow: Moscow University Press, 1998 (in Russ).
- [6] Soromotin A.V. Impact of oil production on taiga ecosystems in Western Siberia: monograph. Tyumen': Tyumen' University Press, 2010 (in Russ).
- [7] Khaustov A.P., Redina M.M. Environmental protection in oil production, Moscow: Akademiya narodnogo hozyaistva; Delo, 2006 (in Russ).
- [8] Khaustov A.P. Technogenic geochemical zonation of hydrocarbons as a product of biotransformation. *Izvestia vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i Razvedka*. 2016. Vol. 1. P. 106–110 (in Russ).

### Article history:

Received: 30.11.2017

Revised: 15.12.2017

### For citation

Isaev S.V. (2018) Peculiarities of forming natural-technical systems os oil fields in Perm Region. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 18–34. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-18-34

### Bio Note:

*Isaev Sergey Viktorovich* — post-graduate student of geographic faculty of the Perm' State University.  
E-mail: isaevsvik@yandex.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-35-51

УДК 551.44+378(09) (470.53)

## ОБ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНОВ НА ОСНОВЕ МИНИМИЗАЦИИ НЕГАТИВНЫХ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ

А.Я. Гаев<sup>1,2</sup>, Ю.А. Клилин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Оренбургский научный центр УрО РАН

*Российская Федерация, 460000, Оренбург, ул. Пионерская, 11*

<sup>2</sup> Оренбургский государственный университет

*Российская Федерация, 460018, Оренбург, просп. Победы, 13*

<sup>3</sup> Институт карстоведения и спелеологии Русского географического общества  
при Пермском научно-исследовательском госуниверситете  
*Российская Федерация, 614990, Пермь, ГСП, ул. Букирева, 15*

Многолетние исследования выполнены авторами в регионах Урала, где широко проявляются экологически опасные негативные геодинамические карстовые процессы, поскольку 40% территории сложено известняками, доломитами, мергелями, гипсом, ангидритом и каменной солью. Их растворение поверхностными и подземными водами формирует карстовый ландшафт с образованием поверхностных и подземных форм, представленных карстовыми депрессиями, котловинами, воронками, логами, мульды оседания-обрушения, суходолами, пещерами с карами, понорами и др. Образование всех этих форм происходит вдоль неотектонически обновляемых нарушений и ослабленных зон земной коры, формирующихся унаследовано и с положительным знаком. Они раскрывают и гидрогеологически активизируют трещинные и пещерные системы, формируя зоны сосредоточения карстовых вод, которые могут быть крупными водоисточниками и одновременно участками повышенной экологической опасности для населения и инженерной инфраструктуры. Эти опасные процессы тормозят социально-экономическое развитие территорий. Для их минимизации и безаварийной работы даже таких сложных сооружений, как трансконтинентальные газопроводы, на основе использования широкого комплекса методов авторами предложена методика исследований и прогноза, и минимизации последствий опасных процессов, включая системы мониторинга с оперативным слежением за трансформацией блоков карстующихся пород и за техническим состоянием сооружений и коммуникаций. Необходимо обратить особое внимание на такие элементы неоландшафта, как мульды оседания-обрушения, которые являются причиной наиболее экологически опасных негативных геодинамических процессов. Все внимание сегодня сосредоточено на провальных формах карста, якобы представляющих основную опасность для пересекающих их коммуникаций. По бортам карстовых депрессий, чаще всего достаточно пологих и задернованных, в приводораздельной части ландшафтного профиля встречаются обрывистые участки, что обусловлено дизъюнктивными дислокациями в связи с более энергичными неотектоническими поднятиями. Степень опасности рекомендуется определять по комплексу методов, включая гидрогеохимический, используя параметр относительного модуля подземной химической денудации в  $\text{т/км}^2$  в год на 1 м. Технический мониторинг, впервые поставленный в 1994—1995 гг. на выявленных авторами карстоопасных участках, заключается в систематических замерах напряженного состояния металла труб, авторами установлены закономерные взаимосвязи деформаций в массиве пород и в металле труб. Это способ-

ствует своевременному принятию профилактических мероприятий для предотвращения экологически опасных негативных геодинамических процессов.

**Ключевые слова:** негативные геодинамические процессы, карстовые процессы, гидрогеология, технический мониторинг, гидросфера, неотектоника, зоны сосредоточения подземных вод

## ВВЕДЕНИЕ

Авторы базируются на представлениях о гидросфере и ее экологической безопасности, сформировавшиеся под влиянием работ классиков, начиная с Ж.Б. Ламарка. Пиннекер Е.В. в развитие идей В.И. Вернадского [1; 2], назвал и охарактеризовал гидрогеологию, как науку о гидросфере [3]. Стало очевидно, что проблемы гидросферы и ее экологической безопасности тесно связаны с биосферой и ноосферой. Их следует рассматривать через призму состояния биосферы, в которой ситуация усугубляется потерями лесов и слишком большими площадями пахотных земель. Экологической безопасности особенно угрожает распашка земель в пределах пойм рек и не контролируемое строительство земляных плотин на водотоках для летнего водопоя скота. Участвовавшими пожарами и не обособленными рубками истребляются леса, и, особенно, это болезненно для лесостепных, степных районов и территорий, сложенных карстующимися породами.

## ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В регионах Урала 40% территории сложено известняками, доломитами, мергелями, гипсом, ангидритом и каменной солью. Их растворение природными водами формирует карстовый ландшафт с поверхностными, подземными и глубинными карстовыми формами, что существенно осложняет решение вопросов экологической безопасности при хозяйственном освоении территории и строительстве инженерных сооружений [4]. Поэтому массивы карстующихся пород и негативные геодинамические процессы, в них протекающие, должны стать объектами пристального внимания специалистов и служб, занимающихся вопросами экологической безопасности жизнедеятельности населения.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Структурно-тектонический фактор влияет на химический сток через рельеф, степень раскрытости геологических структур и вещественный состав пород. В солях, гипсах и ангидритах карст сопровождается ростом минерализации вод и модуля подземного химического стока ( $M_{\text{пхс}}$ ). В бассейне р. Вишеры он достигает  $902 \text{ т/км}^2$  в год. Оценивается интенсивность карста через относительный модуль подземного химического стока ( $M_{\text{опхс}}$ ), равный отношению  $M_{\text{пхс}}$  к мощности дренируемого водоносного пласта (зоны) [5]. Чем интенсивнее карст, тем выше экологическая опасность негативных геодинамических процессов. С севера на юг Урала водный сток уменьшается, растут жесткость вод, минерализация и концентрации сульфатов и хлоридов, что снижает уязвимость пород к растворению и несколько снижает уровень экологической опасности (рис. 1). В платформен-

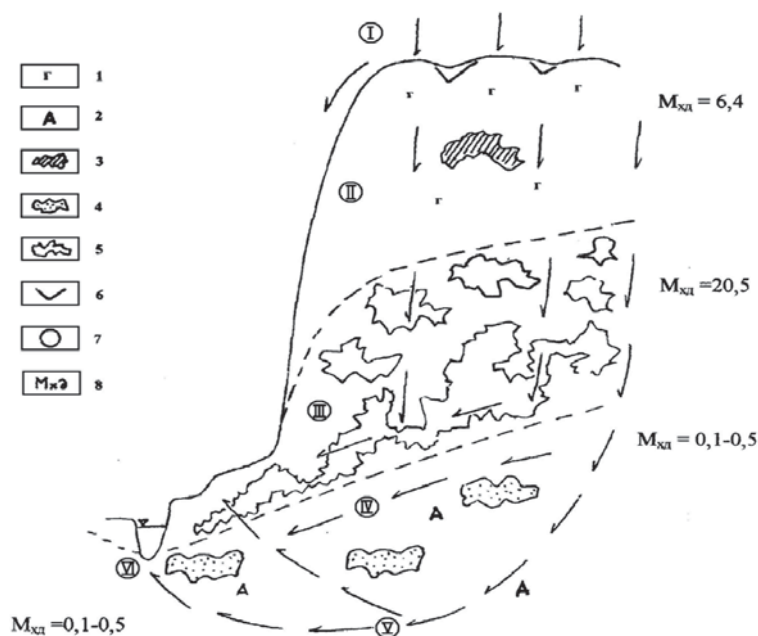
ной части территории  $M_{\text{пкс}}$  уменьшается от пределов 20–40 т/км<sup>2</sup> в год в таежных условиях до — 5–20 — в степных районах и менее 5 т/км<sup>2</sup> — в сухой степи Волго-Уральского междуречья [5]. В сульфатных и галоидных породах на Западном склоне Урала  $M_{\text{пкс}}$  возрастает до 100 т/км<sup>2</sup> в год, проявляется высотная поясность и карст особенно активен и экологически опасен [6]. На Южном Урале  $M_{\text{пкс}}$  достигает 40, а южнее в бассейне р. Урал снижается до — 5–20 т/км<sup>2</sup>. Горы играют роль климатораздела, и обводненность пород на восточном склоне, как и экологическая опасность негативных геодинамических процессов снижается. На платформе  $M_{\text{пкс}}$  в таежных условиях составляет 20–50 т/км<sup>2</sup> в год, а в степных — 1–10 т/км<sup>2</sup>. На карте (см. рис. 1) показаны площади: практически не опасные 1 с модулем 1–10, с пониженной опасностью 2 — 10–20, средней и участками пониженной 3 — 10–30, средней 4 — 20–50, повышенной и участками средней 5 — 20–70, повышенной 6 — до 100, весьма повышенной 7 —  $\geq 100$  т/км<sup>2</sup>. Показаны границы зон 8 с различным уровнем проявления экологической опасности из-за карста.



**Рис. 1.** Схематическая карта проявлений суффозионно-карстовых процессов в системе вода-порода в регионах Урала с модулем химического стока, т/км<sup>2</sup> в год и различным уровнем экологической опасности [5]

**[Fig. 1.** Schematic map of cuffosion-karst processes location in system water-rock in regions of Urals with module of chemical flow, t/km<sup>2</sup> a year and different level of ecological danger]

**Моделирование и оценка карстовых процессов.** Под руководством Ю.А. Килина с 1994 г. на участке трассы 1648—1653 км у с. Красный Ясыл проводятся исследования с применением дистанционных и наземных методов: топографических, инженерно-геологических, гидрогеологических и геофизических с режимными наблюдениями [6]. Это позволило гидродинамически моделировать образование карстовых форм, развивая идеи Г.А. Максимовича [7] (рис. 2).



**Рис. 2.** Гидродинамическая модель образования карстовых форм  
[Fig. 2. Hydrodynamical model of karst forms development]

Модель отражает гидрогеологические закономерности формирования карстовых форм в разрезе, в том числе в зоне под долинного стока р. Сылвы и Ирени. Приречные зоны дренируют всю территорию, включая водосборы. Интенсивность карстовых процессов и уровень экологической опасности не одинаковы в разных зонах, как и значения относительных модулей подземного химического стока [5]. Так, интенсивность химической денудации в зоне сезонных и многолетних колебаний уровня трещинно-карстовых вод в 3—8 раз выше, чем в зоне аэрации (табл. 1, рис. 2). То есть объемы карстовых пустот в этой (переходной, по Максимовичу) зоне и в зоне аэрации пропорциональны интенсивности карстового процесса, и наиболее активное формирование карстовых полостей происходит именно в переходной зоне, где и образуются основные объемы карстовых полостей унаследовано и в несколько этажей [7]. Глубже, по мере насыщения вод солями, агрессивность их и интенсивность процессов снижаются, т.е. гидрогеохимические методы позволяют прогнозировать объемы подземных карстовых форм и уровень экологической опасности в гидродинамических зонах. Химическая денудация гипсов и ангидритов в условиях техногенеза оценена исследователями при интенсивном развитии подземного стока в 582,5 мкм/год, что на порядок выше, чем в среднем в Пермском Прикамье.

Таблица 1

**Значения подземной химической денудации по трассе магистрального газопровода  
(Ординский район Пермского края)**

Гидродинамические зоны	Модуль стока, л/(с·км <sup>2</sup> )	Концентрация сульфатов в водах, мг/дм <sup>3</sup>	Модуль химического стока, т/км <sup>2</sup> год	Модуль химической денудации, т/км <sup>2</sup> год	Мощность зоны, м	Относительный модуль подземной химической денудации, т/км <sup>2</sup> в год на 1 м мощности разреза
Зона аэрации	3,5	до 0,65	67	67	11	6,34
Переходная зона	2,71	до 2,5	207	123	5,7	20,85

Table 1

**Values of underground chemical denudation on route of arterial gas pipeline  
(Ordinsky region of Perm of very large areas)**

Hydrodynamic zone	Module of flow, l/(s·km <sup>2</sup> )	Concentration of sulphates in water, mg/dm <sup>3</sup>	Module of chemical flow, t/km <sup>2</sup> a year	Module of chemical denudation, t/km <sup>2</sup> a year	Thickness of zone, m	Relative module of underground chemical denudation, t/km <sup>2</sup> on 1 m of section thickness
Zone of aeration	3,5	not more then 0,65	67	67	11	6,34
Zone of transition	2,71	not more then 2,5	207	123	5,7	20,85

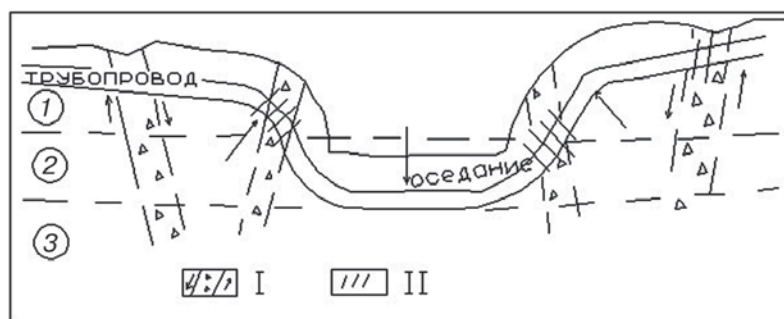
Карстующиеся породы Предуралья представлены гипсами 1, ангидритами 2 с открытыми подземными карстовыми полости 3, которые заполнены или частично заполнены продуктами обрушения кровли 4, или продуктами аккумуляции типа терра-росса 5. На поверхности массивов формируются участки площадных деформаций над карстовыми полостями 6. Четко выделяются гидродинамические зоны карстовых вод 7: I — поверхностной циркуляции, II — вертикальной нисходящей циркуляции (аэрации), III — переходная зона, IV — горизонтальной циркуляции, V — сифонной циркуляции, VI — под долинного стока с существенно разными значениями модуля химической денудации  $\delta$ , т/км<sup>2</sup> в год.

От интенсивности неотектонических движений и их знака зависит скорость старения карстовых пещер. Максимович Г.А. отметил связь гипсометрического уровня спелеогенеза с отметками террас рек и характером неотектонических движений. При отрицательных движениях происходит аккумуляция и заполнение полостей рыхлым материалом типа терра-росса, почв и кор выветривания. При положительных движениях спелеосистемы вовлекаются вверх, растут в размерах, соединяются через провалы с земной поверхностью.

Килиным Ю.А. по данным ВЭЗ построены карты кровли обвального-карстовых образований в масштабе 1:1000, и подсчитан объем толщи карстующихся гипсов. С помощью бурения 185 скважин со средней глубиной 20 м, а так же геофизических методов выявлены 22 подземные карстовые полости с размерами по вертикали от 0,2 до 19,5 м [6]. Они были пустыми, или заполненными осадками. Самая большая по площади полость (объект 15) вскрыта скважинами 16, 66, 67, 69 на глубинах от 7,9 до 10 м под нитками газопроводов Центр 1, Центр 2, Уренгой—Ужгород. При детальном изучении полость вскрыта шурфами и экскаватором.

Другая полость вскрыта под газопроводом Ямбург—Елец (1650—1649 км) с размерами в плане 20 30 м на глубине от 3 до 19,5 м. Выявлено и изучено еще два крупных объекта. Стало очевидно, что экологическая опасность и устойчивость газопроводов определяется не только развитием провальных и других карстовых форм, а глыбовым характером тектонических движений, которые усиливают напряженность и деформируемость металла трубопроводов за счет их растяжения и сжатия, что согласуется с изменениями уровня земной поверхности на этих участках. Наиболее существенны деформации труб на бортах крупных карстовых депрессий, котловин и суходолов.

Группой А. Фесенко (ВНИИГАЗ и НПП «Диарес») совместно с МВТУ им. Н. Баумана (Москва) на выявленных авторами карстоопасных участках выполнено множество замеров напряженного состояния металла труб. В результате удалось установить закономерные взаимосвязи деформаций в массиве пород и в металле труб (рис. 3). Тектоническая трещиноватость формирует блоково-карстовую систему вдоль бортов депрессий, котловин и логов. Эта сеть осложняется эрозионно-тектоническими формами, иногда расположенными на значительных расстояниях от основных макро карстовых форм, как например, на участке Ужгородского коридора на отрезке 1606—1609 км. Он исключительно экологически опасен на участках всех шести ниток газопровода.



**Рис. 3.** Схема формирования мульды оседания земной поверхности и дополнительных экологически опасных напряжений в системе «труба—массив» карстующихся пород

**[Fig. 3.** Scheme of earth surface subsidence muld formation and additional ecological dangerous stresses in system pipe — massif of karst rocks: I — tectonic-relaxed zones as a result of block character of earth's crust deformations with pointing of stress vector; II — stresses on pipe metal owing to formation of earth surface subsidence muld and development of karst-suffosion and erosion-tectonic forms.  
Hydrodynamic zones: 1 — of aeration; 2 — of transition; 3 — of constant horizontal flow]

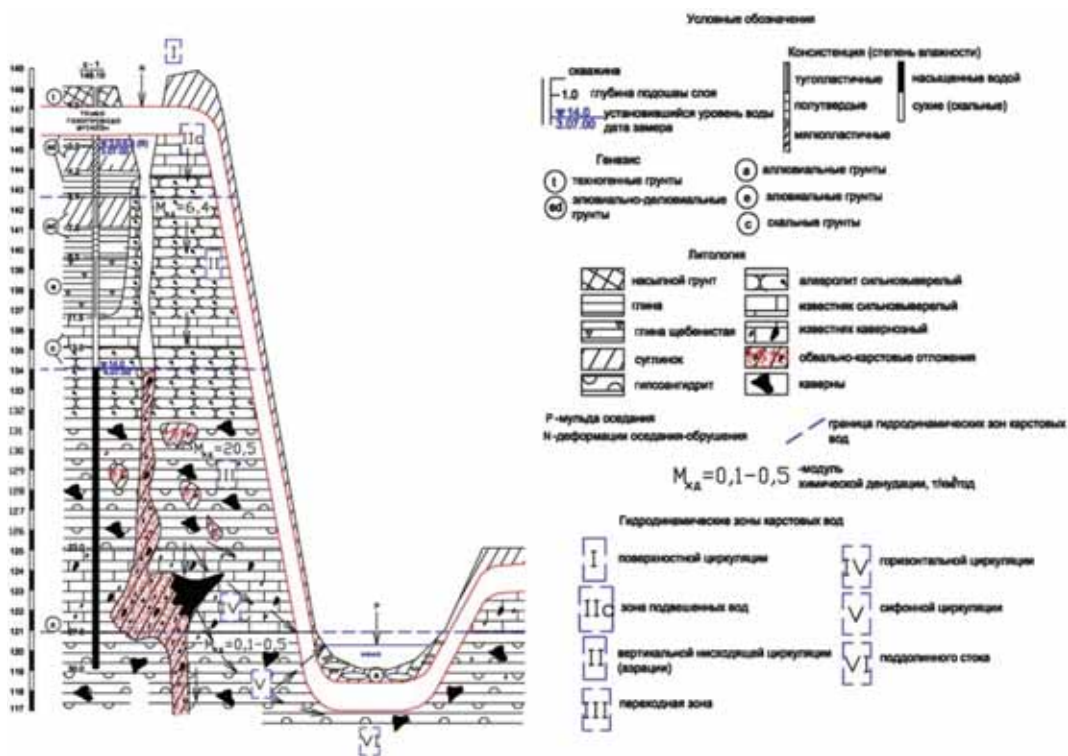
На схеме показаны тектонически ослабленные зоны, как результат блокового характера деформаций земной коры с указанием вектора напряжения I, напряжение на металле трубопроводов в связи с формированием мульды оседания земной поверхности и развитием карстово-суффозионных и эрозионно-тектонических форм II, гидродинамические зоны: аэрации I, переходная 2, постоянного горизонтального стока 3. В переходной зоне эрозионно-тектонические деформации массивов горных пород Мазуевской карстовой депрессии с пещерными системами и многочисленными карстовыми формами многократно усиливаются унаследованными неотектоническими движениями. Они расположены прямо под газопроводами для обеспечения экологически безопасной эксплуатации га-



зопроводов, своевременного прогноза аварийных ситуаций и принятия решений по минимизации негативных последствий с участием авторов созданы геодинамические полигоны:

- с системой карстолитомониторинга с постоянным слежением за состоянием и динамикой напряжений в системе «труба—массив» горных пород;
- моделированием и прогнозом динамики деформаций и напряжений в этой системе в связи с эрозионно-тектоническими, карстово-суффозионными и другими процессами;
- разработкой и внедрением противоаварийных мероприятий, обеспечивающих экологическую безопасность.

Первые попытки создать **полигон по изучению геодинамических процессов** для постоянных наблюдений за ними в районе с. Красный Ясыл авторами были предприняты еще в 1995—1996 гг. На сегодня накопился значительный материал наблюдений, как за массивом горных пород, так и за трубами газопроводов. Это позволило авторам создать ряд моделей, в частности, по устойчивости массивов карстующихся пород (рис. 4). Совокупность карстово-суффозионных и эрозионно-тектонических процессов оказывает глубокое влияние на формирование рельефа, изменение которого по трассе газопровода оказывает интенсивное деформирующее воздействие на такие линейные жесткие коммуникации, как трубопроводы большого диаметра (1420 мм).



**Рис. 4.** Модель формирования карстовых процессов в зонах сосредоточения поверхностного и подземного стока

[Fig. 4. The model of karst processes formation in zones of surface and underground flow]

Геодинамика системы определяется формированием карстовых депрессий, котловин, логов и суходолов вдоль тектонических нарушений и ослабленных зон земной коры. Дизъюнктивные нарушения в условиях высокой физико-химической неустойчивости карстующихся пород превращаются в ядра слабо изученных элементов неоландшафта — в мульды оседания и растяжения. Этим элементам неоландшафта, к сожалению, не уделяется должного внимания, а именно они являются причиной негативных геодинамических процессов повышенной экологической опасности. Все внимание сосредоточено на провальных формах карста, которые якобы представляют основную опасность для пересекающих их коммуникаций. Бортовые зоны карстовых депрессий, котловин, логов, суходолов чаще всего имеют достаточно широкие, пологие и задернованные склоны, осложненные нередко блюдцеобразными воронками. Но на отдельных участках склоны карстовых макро- и мезо-форм приобретают обрывистый характер, что обусловлено дизъюнктивными нарушениями при более энергичных неотектонических поднятиях, особенно в приводораздельной части ландшафтного профиля. По бортам долин рек нередко фиксируются трещины бортового отпора шириной до 2 м. В ряду цепочек слившихся карстовых воронок вдоль тектонически нарушенных зон нередко формируются слепые эрозионно-карстовые лога. Большинство воронок формируется в зоне аэрации в процессе инфильтрации и инфлюации атмосферных осадков. В сульфатном типе карста это происходит из-за большого дефицита насыщения вод  $\text{CaSO}_4$ . В тектонических нарушениях формируются зоны сосредоточения подземных вод, и, судя по геофизическим данным, трещинная пустотность достигает здесь максимума. Буровыми скважинами вне зон сосредоточения подземных вод вскрыты трещины, заполненные продуктами терра-росы и гипсовой муки.

Для обеспечения экологической безопасности районов трансконтинентальных газопроводов, с участием авторов, разработана и осуществлена система мониторинга с использованием комплекса методов, поэтапно выполняемых в определенной последовательности. На первом этапе выполняется натурное обследование районов трасс с применением наземных и дистанционных методов. В полосе шириной до 2-х км вдоль коммуникаций картографируются и опробуются гидролого-гидрогеологические и карстологические объекты, которые могут представлять опасность для целостности коммуникаций. Фиксируются и описываются микро- и макро-карстовые формы, отбираются на физико-химические исследования пробы природных вод, почв и горных пород. В полевых условиях и в камеральный период анализируются аэро- и космо-фото-снимки с оценкой интенсивности эрозионно-карстовых процессов. Выявляются участки, представляющие потенциальную аварийную опасность для коммуникаций. Участки трассы, где деформации уже имеют место, выделяются под полигоны, где проводятся детальные геолого-геофизические исследования с применением буровых работ и постановкой технического мониторинга.

Впервые технический мониторинг начал функционировать на участках газопровода Ужгородского коридора вблизи с. Красный Ясыл в 1995 г. после предварительного проведения авторами карстологических исследований с применением наземных и дистанционных методов и буровых работ. Под газопроводом

была выявлена карстовая полость длиной до 35 и глубиной до 19 м. Транспорт газа был остановлен, в трубе обнаружили трещины и своевременно предотвратили утечки газа.

**Система технического мониторинга** осуществлена по методике, разработанной с участием и под руководством авторов. Ее внедрение предотвратило крупные аварии на газопроводах. С 1996 г., по этой методике, ВНИИГАЗ и НПП «Диарес» совместно с МВТУ им. Н. Баумана систематически выполняют замеры напряженного состояния труб на выявленных карстоопасных участках. В системе технического мониторинга «Астрон», используется спектрально-акустический метод. Измерения производятся на шести участках трансконтинентальных газопроводов. Интенсивность карстовых процессов и экологическая опасность в многоводные периоды возрастают, как и частота измерений. Данные дистанционных наблюдений показали, что после обильных паводков карстовые формы формируются интенсивнее с глубокими провальными воронками и котловинами. Напряжения на трубах изменяются и сезонно, в соответствии с вариациями гидролого-гидрогеологического режима в околотрубном пространстве. Большое значение имеют сезонные процессы промерзания и оттаивания, набухания и разжижения грунтов вокруг трубы, эффекты термолифта и процессы конденсации влаги в связи с повышенной температурой транспортируемого газа (от 20 до 70 °С).

Напряжение в трубах нарастает ранней весной на 2,5–5,7 кгс/мм<sup>2</sup> с последующей стабилизацией. Это происходит в связи с активизацией инфильтрации и усилением суффозионно-карстовых процессов в гидродинамической зоне сезонных и многолетних колебаний уровня трещинно-карстовых вод. Рост напряжений на трубах газопроводов составляет в среднем 2–4 кгс/мм<sup>2</sup> в год на участках пересечения крупных подземных карстовых полостей с зонами сосредоточения карстовых вод. Процесс носит колебательный и поступательный характер, проявляясь не одинаково в разных плоскостях, что согласуется с разным характером напряжений в блоках вмещающих пород. В мульдах оседания-обрушения на участках суходолов растягивающие напряжения по верху труб варьируют от 1 до 45 кгс/мм<sup>2</sup> при пределе прочности трубы 42,7 кгс/мм<sup>2</sup> [6]. Чаше эти напряжения составляют 14 кгс/мм<sup>2</sup>. В нижней части трубы сжимающие напряжения изменяются от 1 до 32 кгс/мм<sup>2</sup>, составляя в среднем 11 кгс/мм<sup>2</sup>. Состояние труб считается работоспособным при максимальном, рабочем значении напряжений металла меньше 50% предельных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Классический район развития карста — это Ирень-Сылвенское междуречье на Уфимском плато, сложенное в значительной степени гипсами и ангидритами. Здесь образовались суходолы, лога, мульды оседания, воронки, котловины и поля с размерами до 10 км [6]. Техногенез превратил карст из сезонного в круглогодичный процесс, усилил его интенсивность на 2–3 порядка, что превратило карст в экологически исключительно опасный процесс для инженерной инфраструктуры. Под коммуникациями сформировались аварийно-опасные понижения и провалы. Нарушилось экологическое равновесие, наносся экономический ущерб

населению и окружающей среде (ОС) в десятки и сотни миллионов рублей. На плато расположены всемирно известные Кунгурская ледяная пещера и Ординский карстовый сифон. Оно пересекается железными и шоссейными дорогами с мостовыми переходами, трансконтинентальными газопроводами диаметром в 1420 мм и нефтепроводами протяженностью в десятки тыс. км.

К сожалению, гидрогеологические методы при исследовании карста в пределах массивов растворимых пород применяются мало, а гидрогеологическое картографирование в крупном масштабе не проводится. Недостаточная изученность этих массивов в регионе обусловила аварии на калийных предприятиях Березников и Соликамска, на железных и шоссейных дорогах и других сооружениях. Поэтому вопросы экологической безопасности здесь исключительно актуальны.

Только в Пермской области карст и экологически опасные деформации земной поверхности развиты в 20 административных районах. Карст особенно активно и опасно развивается в условиях избыточного увлажнения и на участках неотектонических поднятий. Развитие здесь неотектонической трещиноватости стимулирует формирование зон сосредоточения трещинно-карстовых вод и активизирует динамику их циркуляции. В логах, перпендикулярных к реке сток нередко изменяет направление на обратное, не к реке, а от реки. В водотоках вода много раз исчезает с поверхности земли и появляясь вновь [6].

Красноясыльское поле площадью 19 км<sup>2</sup> испещрено карстовыми воронками с плотностью более 200 на га. В Мазуевской карстовой депрессии имеют место цепочки воронок и котловин, каверны, поноры, ниши, карры, пещеры, прослеженные бурением до глубин в 40 м. Развиты воронки от мелких до очень глубоких с диаметром до 50 м. Гипсы и ангидриты закарстованы интенсивнее доломитов и известняков.

В северной части Уфимского плато развит гипсовый и карбонатно-гипсовый карст [8; 9]. В 1915 г. район изучала В.А. Варсанофьева, а в дальнейшем — геологи-съемщики: К.П. Плюснин (1947), Л.А. Шимановский (1963), В.И. Мошковский (1973), Е.А. Иконников (1990). Здесь работают Кунгурский стационар УрО РАН, Институт карстоведения и спелеологии при Пермском ун-те и изыскатели [7; 10—15]. Район расположен на востоке Волго-Уральской антеклизы между Башкирским сводом и Бымско-Кунгурской впадиной. По П.А. Софроницкому [16], он приурочен к западному крылу Уфимской макробрахиантиклинали, выделяясь по выходам на поверхность породами кунгурского яруса. Моноклиналиное строение осложнено локальными структурами, например, Ясыльской с размерами в плане 2×3,5 км. Тектонические нарушения согласуются с карстово-эрозионной сетью приречных зон Ирени, Кунгура, логов и Ясыльского суходола. Сосредоточение карстовых вод связано с наиболее экологически опасными зонами повышенной трещиноватости и закарстованности пород, например, в лунежской пачке по правобережью Ирени, приподнятой относительно соликамского горизонта. В западной части правобережья Ирени они перекрыты рыхлыми неоген-четвертичными отложениями. Иренский горизонт на глубинах 70—150 м подстилается филипповскими доломитами. В его разрезе у с. Серьга Б.И. Грайфер [8; 12] выделил семь пачек отложений, в которых преобладают ангидриты, доломиты, известняки и гипсы. Мощность иренского горизонта в за-

падном крыле Уфимского вала не превышает 150—200 м, а в восточном достигает 350—400 м. Наибольшую экологическую опасность представляют карстовые процессы, развивающиеся в нем до глубины порядка 40 м. Соликамский горизонт на правом берегу Ирени развит спорадически, а на левом берегу образует меридиональную полосу мергелей, песчаников, глин, доломитов с прослоями гипсов и ангидритов мощностью до 42 м.

Неоген-четвертичные отложения представлены обвальным-карстовым горизонтом из щебня и дресвы сульфатов и карбонатов, сцементированных глинистым материалом мощностью от 2—3 до 20 м. Он перекрыт элювиально-делювиальными и аллювиальными суглинками и глинами с дресвой и щебнем коренных пород мощностью 0,5—6 м, а в карстовых суходолах — до 14 м. Мощность аллювия в пойме Ирени достигает 12,9 м.

**Гидрогеологические условия** этой территории охарактеризованы Е.А. Иконниковым, описавшим следующие водоносные горизонты [17]:

1) локально слабодоносный четвертичный аллювиальный горизонт в долинах рек. По Ирени у д. М. Ашاپ он имеет мощность 9,3 м и сложен мелкозернистыми песками и гравийно-галечным материалом. В скважине № 6 при понижении на 4,35 м от статического уровня 3,6 м и  $K_{\phi} = 8$  м/сут получен дебит вод 1,8 л/с сульфатно-кальциевого состава с минерализацией 2,1 г/л;

2) локально-водоносная соликамская терригенно-карбонатная свита с песчаниками, доломитами, известняками. На левом берегу Ирени две скважины вскрыли сульфатно-гидрокарбонатные воды с минерализацией до 1,0 г/л. Дебит скважины из известняков составил 10,5 л/с при понижении 3,6 м, а из мергелей — 3,6 л/с при понижении 14,7 м;

3) иренская карбонатно-сульфатная серия. Она водоносна по правому берегу при неглубоком залегании; при ее погружении на левом берегу Ирени она водупорна. Карстовые воды в ней развиты в лунежской гипсово-ангидритовой пачке, подстилаемой водупорной туюской карбонатной пачкой [18]. Их единое зеркало расположено на глубине 10—42,7 м. Дебиты родников варьируют от небольших до 50 л/с с минерализацией 2,1 г/л, а по Ясылу общий дебит их достигает 141,5 л/с. Ниже уреза воды в ручье минерализация вод хлоридно-сульфатного и сульфатно-хлоридного состава превышает 3 г/л.

**Инженерно-геологические условия районов эксплуатации газопроводов** весьма сложные. Максимович Г.А. [9; 7] на этой территории выделил следующие типы карста: голый с выходом пород на поверхность; задернованный; под элювиальный и под аллювиальный; закрытый, под соликамским горизонтом. На крутых склонах долин развиты карры, а в воронках — поноры. Плотность воронок растет на склонах долин, достигая участками 200 на 1 га. Эти участки наиболее экологически опасны. На водоразделах растет мощность покровных отложений, а плотность воронок снижается. Лукин В.А. и Ежов Ю.А. использовали зависимость закарстованности от защищенности пород от карста на схеме типизации территории с. Красный Ясыл, выделив пять типов площадей по устойчивости к карсту [14]. Эта схема отражает и степень экологической опасности соответствующих участков. Устойчивы водоразделы, перекрытые соликамскими отложениями, а слабо устойчивыми, и более экологически опасными являются площади с сульфатными

ми породами, карстово-обвальным горизонтом, полостями и воронками диаметром до 12 м. На участках закарстованных и трещиноватых пород формируются зоны сосредоточения трещинно-карстовых вод, экологически исключительно опасные.

Трансконтинентальные газопроводы пересекают карстовые депрессии, котловины и водотоки, вода в которых многократно исчезает в подземных полостях и появляется вновь при плотности воронок больше 200 на га [8]. Воронки бывают большие с диаметром 25—50 м, обычные — 5—25 м и небольшие — меньше 5 м. По глубине они бывают более 10 м, 5—10 м, обычные — 1—5 м и мелкие — до 1 м [7]. Последние две группы встречаются чаще.

**Вопросы экологической безопасности районов развития карстующихся пород** изучаются авторами на Урале с 1957 г., а в связи с трансконтинентальными газопроводами — с 1994 г. Газопроводы пересекают карстоопасные районы в бассейне р. Сылва на отрезке 1643—1580 км. Первые изыскания здесь в кратчайшие сроки выполнены Верхнекамтисизом в 1982 г. Его специалисты при большом количестве оговорок сделали вывод о принципиальной возможности строительства и эксплуатации газопроводов по этой трассе. Они игнорировали альтернативные варианты ее прокладки, которые предусматривались заданием института Гипроспецгаз. И газопроводы пересекли карстоопасные породы Предуралья шириной в 650 км с высокоаварийными и экологически опасными участками, аналогичными участкам железной дороги по Уфимскому косогору (1927 г.). Напомним, что никакие мероприятия не смогли тогда предотвратить высокой аварийности и экологической опасности на этой дороге, и ее пришлось перенести. Проложить газопроводы по другому маршруту можно и сегодня, но для этого необходимо более 100 млн долл. США.

Изыскания Пермгипроводхоза и Института карстоведения и спелеологии РГО РАН, как и Верхнекамтисиза, показали, что безаварийность газопроводов обеспечить возможно, но на экологически опасных участках надо создать дорогостоящую систему мониторинга с комплексом противоаварийных мероприятий. Верхнекамтисиз в 1982 г. по правобережью Ирени выделил шесть карстоопасных участков в сульфатных породах иренского горизонта. При строительстве газопроводов в 1983—1984 гг. на участке трассы в 5,4 км произошло 24 провала, а с 1986 г. этот показатель значительно увеличился [13]. Тем не менее, эксперты из Кунгурского стационара УрО РАН в 1996 г. заключили, что «наличие пустот не представляет опасности для газопровода», поскольку карстовый процесс в карбонатах затухает. К сожалению, гидрогеологические условия и наличие сульфатных пород в разрезе ими не были полностью учтены.

Карстовые процессы в регионах Урала протекают с герцинского цикла тектогенеза, когда кунгурские лагуны Предуралья были тектонически приподняты и стали поверхностью суши. Интенсивность карста за 230 млн лет менялась, и за это время мощность иренского горизонта в сводовой части Уфимского вала в 2—3 раза стала меньше, чем на восточном крыле структуры. В результате, на участке пересечения Уфимского плато трансконтинентальными газопроводами сформировались унаследованные, разновозрастные и многоэтажные подземные карстовые полости.

В районах тектонически унаследовано поднимающихся, карстовые полости (гроты) и пещерные ходы, по Г.А. Максимовичу [7; 9], начинают формироваться еще в гидродинамической зоне сифонной циркуляции, но интенсивное развитие их происходит при вовлечении пород в зону сезонных и многолетних колебаний уровня трещинно-карстовых вод. При вовлечении же в зону аэрации, они подвергаются старению и обрушению.

При тектоническом погружении подземные полости вовлекаются в условия более глубоких гидродинамических зон и частично или полностью заполняются продуктами карстово-суффозионных процессов (типа терра-роса) и продуктами размыва выше залегающих грунтов и почв. При неоднократной смене гидрогеологических циклов формируются многоэтажные карстовые системы. Основная часть полостей этих систем заполнена или продуктами обрушения, или аккумуляции. Для протяженных и жестких коммуникаций и сооружений основная опасность здесь заключается не столько в образовании провальных карстовых форм, сколько в формировании унаследованных площадных деформаций типа оседания или оседания-обрушения над зонами сосредоточения подземного и поверхностного стока и на примыкающих к ним приподнятых участках. Именно с этими участками связаны максимумы интенсивности и объема подземной химической денудации в переходной зоне. Самые крупные подземные полости и зоны разуплотнения пород, отмеченные ранее, формируются на приподнятых участках бортов долин и суходолов. Необходимо отметить, что каждой пещерной системе соответствует зона сосредоточения подземных трещинно-карстовых вод. Они формируют источники с крупными дебитами. Например, суммарный выход всех родников трещинно-карстовых вод в долине речки Мазуевка достигает 500 л/с.

## ВЫВОДЫ

В результате многолетних исследований негативных карстовых процессов, сопровождающихся формированием поверхностных и подземных карстовых форм, в том числе мульд оседания-обрушения, установлено, что в их формировании ведущую роль играют унаследованные положительные неотектонические движения. Каждой пещерной системе соответствует зона сосредоточения карстовых вод с крупными источниками.

Негативные геодинамические процессы препятствуют социально-экономическому развитию территорий. Для их минимизации требуются соответствующие мероприятия. На основе использования комплекса наземно-дистанционных методов, гидрогеологических и геолого-геофизических материалов и новых данных о карстовых процессах, картографической и аналитической оценки ситуации, экспериментальных, лабораторных и расчетно-графических методов разработана методика прогноза аварийно-опасных карстовых процессов, предусматривающая оперативное слежение, как за блоками крстующихся пород, так и за техническим состоянием газопроводов, сооружений и коммуникаций. Это открывает возможность организации безаварийной работы даже таких сложных сооружений, как трансконтинентальные газопроводы. Безопасность работы обеспечивается предложенной авторами статьи системой карстолитомониторинга с комплексом мероприятий по минимизации негативных процессов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Вернадский В.И.* История природных вод. М.: Наука, 2003. 751 с.
- [2] *Вернадский В.И.* Биосфера. М.: Мысль, 1967. 376 с.
- [3] Основы гидрогеологии. Т. 1: Общая гидрогеология / Е.В. Пиннекер, Б.И. Писарский, С.Л. Шварцев [и др.]. Новосибирск: Наука, 1980. 232 с.; Т. 6: Использование и охрана подземных вод / под ред. Н.А. Маринова и Е.В. Пиннекера. Новосибирск: Наука, 1983. 230 с.
- [4] Экологические основы водохозяйственной деятельности (на примере Оренбургской области и сопредельных районов): монография / А.Я. Гаев, И.Н. Алферов, В.Г. Гацков [и др.]. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2007. 327 с.
- [5] *Гаев А.Я.* Гидрогеохимия Урала и вопросы охраны подземных вод. Свердловск: Изд-во Уральского ун-та, 1989. 368 с.
- [6] *Килин Ю.А.* Оценка гидрогеологических условий при освоении закарстованных территорий на примере северной части Уфимского плато: автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Пермь, 2003. 23 с.
- [7] *Максимович Г.А.* Основы карстования: учеб. пособие. Т. 1. Пермь: Перм. кн. изд-во, 1963. 444 с.; 1969. Т. 2. 529 с.
- [8] *Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г.* Карст и пещеры Пермской области. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 1992. 200 с.
- [9] *Максимович Г.А., Горбунова К.А.* Карст Пермской области. Пермь: Перм. кн. изд-во, 1958. 529 с.
- [10] *Андрейчук В.Н.* Техногенный карстогенез в горнодобывающих районах: автореф. дисс. ... д-ра геол.-мин. наук. Екатеринбург, 1995. 46 с.
- [11] *Гаев А.Я., Килин Ю.А., Чичелов В.А., Хасанов Р.Н.* Карстовые процессы в районах Предуралья // Газовая промышленность. 1998. № 3. С. 28.
- [12] Гидрогеология СССР. М.: Недра, 1970. Т. 13. 800 с.; 1972. Т. 14. 648 с.; 1972. Т. 15. 344 с.; 1972. Т. 43. 272 с.; 1973. Свод. том. Вып. 4. 278 с.
- [13] *Катаев В.Н.* Теория и методология структурно-тектонического анализа в карстоведении: автореф. дисс. ... д-ра геол.-мин. наук. Пермь, 1999. 45 с.
- [14] *Лукин А.В., Ежов Ю.А.* Крупномасштабное инженерно-геологическое районирование территории с. Красный Ясыл Пермской области / Карст нечерноземья: тез. докл. Пермь, 1980. С. 103—104.
- [15] Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста / под ред. И.А. Саваренского, Н.А. Миронова. М.: ПНИИИС Минстроя России, 1995. 166 с.
- [16] *Софраницкий П.А.* Восточная часть Русской платформы // Геология СССР. Т. 12. Ч. 1. М.: Недра, 1969. 696 с.
- [17] *Иконников Е.А.* Условия развития карста в северной части Юрюзано-Сылвинский депрессии // Гидрогеология и карстование. Вып. 6. Пермь. 1975. С. 51—55.
- [18] *Шимановский Л.А., Шимановская И.А.* Пресные подземные воды Пермской области. Пермь: Перм. кн. изд-во, 1973. 199 с.

© Гаев А.Я., Килин Ю.А., 2018

### История статьи:

Дата поступления в редакцию: 12.12.2017

Дата принятия к печати: 15.01.2018

### Для цитирования:

*Гаев А.Я., Килин Ю.А.* Об обеспечении экологической безопасности горнодобывающих районов на основе минимизации негативных карстовых процессов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 35—51. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-35-51



**Сведения об авторах:**

*Гаев Аркадий Яковлевич* — доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАЕН и МАНЭБ, профессор Оренбургского (ОГУ) и Пермского госуниверситетов, ведущий научный сотрудник ОНЦ УрО РАН, директор Института экологических проблем гидросферы, главный редактор межвузовского сборника «Гидрогеология и карстование». E-mail: gayev@mail.ru

*Килин Юрий Афонасьевич* — кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры динамической геологии Пермского национального исследовательского университета, заместитель директора Института карстования и спелеологии при Пермском университете. E-mail: yuakilin@mail.ru

## **ABOUT ENSURING OF ECOLOGICAL SAFETY IN MINE-EXTRACTIVE REGIONS ON THE BASE OF NEGATIVE KARST PROCESSES MINIMIZATION**

**A. Ya. Gayev<sup>1,2</sup>, Yu.A. Kilin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Оренбургский научный центр УрО РАН  
11, Pionerskaya str., Orenburg, 460000, Russian Federation

<sup>2</sup> Orenburg State University of Russia

13, Pobeda ave., Orenburg, 460018, Russian Federation

<sup>3</sup> Perm State University, Institute of karstology and speleology in Russian geographical society  
15, Bukireva str., Perm', 614990, Russian Federation

Long investigations were fulfilled by authors in the region of Urals where ecological dangerous negative geodynamical karst processes are wide spread, because 40% of territory consists of limestone, dolomites, marls, gypsum, anhydride and stone salt. The solution of them by surface- and underground water form the karst landscape with formation of surface and underground shapes — karst depressions, hollows, craters, ravines, caves, etc. This formation occurs lengthwise of neotectonical disturbances and relaxed zones of earth crust, which have been forming hereditary and with positive sign. They expose and hydrogeologically activate fissure and cave systems forming the zones of karst water accumulation which may be large water reservoirs and simultaneously the places of high ecological danger for population and engineering infrastructure. These dangerous processes retard social economical development of territories. For its minimization and out of dangerous work of even so complicated construction as transcontinental gas pipe we suggest the methods of investigations and forecast and minimization of consequences of dangerous processes including the systems of monitoring and operate following the transformation of blocks of karsting rocks and technique conditions of constructions and communications. It's necessary to pay special attention on such neolandscape elements as troughs of settling-collapse which are the cause of the most ecologically dangerous negative geodynamical processes. All attention today is focused on depressional forms of karst which is supposed to be the main danger for crossing of them communications. On the boards of karst depressions near the watershed part of landscape profile the steep plots occur which is conditioned by disjunctive dislocations in connection with more energetic neotectonical raisings. The degree of danger is recommended to determine according the complex of methods including hydrogeochemical, using the parameter — relative module of underground chemical denudation in  $t/km^2$  on 1m. Technical monitoring was

firstly carried out in 1994—95 on karst dangerous plots, it consists of systematic measuring of tense condition of pipe metal. We established the regular intercommunication of deformations in rock massifs and in pipe metal. It contribute to timely realization of prophylactic measures for prevention of ecologically dangerous negative geodynamic processes.

**Key words:** negative geodynamic processes, karst processes, hydrogeology, technical monitoring, hydrosphere, neotectonic, zones of concentration of underground water

## REFERENCES

- [1] Vernadsky V.I. History of natural water. M.: Nauka, 2003. 751 p.
- [2] Vernadsky V.I. Biosphere. M.: Mysl, 1967. 367 p.
- [3] The fundamentals of hydrogeology. V. 1: General hydrogeology / E.V. Pinneker, B.I. Pisarsky, S.L. Shvartsev, etc. Novosibirsk: Nauka, 1980. 232 p.; V. 6: Utilization and protection of ground water / Edited by N.A. Marinov, E.V. Pinneker. Novosibirsk: Nauka, 1983. 230 p.
- [4] Ecological bases of water management (on the example of the Orenburg region and adjacent areas): monograph / A.Ya. Gaev, I.N. Alferov, V.G. Gackov et al. Perm: Perm Univ., 2007. 327 p.
- [5] Gayev A.Ya. Hydrogeochemistry of Urals and problems of ground water protection. Sverdlovsk: Publ. h. of Ural un., 1989. 368 p.
- [6] Kilin Yu.A. Estimation of hydrogeological conditions during the development of karst territories on the example of north part of Ufa plateau. Autosammary of dis. of cand. Geol.-min. sc. Perm un. Perm, 2003. 23 p.
- [7] Maximovich G.A. Fundamentals of karstology: Manual. V. 1. Perm: Perm publ. h., 1963. 444 p.; 1969. V. 2. 529 p.
- [8] Gorbunova K.A., Andreychuk V.N., Kostarev V.P., Maximovich N.G. Karst and caves of Perm oblast. Perm: Publ. h. of Perm un., 1992. 200 p.
- [9] Maksimovich G.A., Gorbunova K.A. Karst of the Perm region. Perm: Perm. publishing house, 1958. 529 p.
- [10] Andreychuk V.N. Technogenous karstogenes in mine-extracting regions. Autosummary of dis. d.g.-m. sc. Ekaterinburg, 1995. 46 p.
- [11] Gaev A.Ya., Kilin Yu.A., Chichelov V.A., Khasanov R.N. Karst processes in the areas of the Urals // Gas industry. 1998. No. 3. P. 28.
- [12] Hydrogeology of the USSR. M.: Nedra, 1970. V. 13. 800 p.; 1972. V. 14. 648 p.; 1972. V. 15. 344 p.; 1972. V. 43. 272 p.; 1973. Consolidated volume. Issue 4. 278 p.
- [13] Katayev V.N. Theory and methodology of structure-tectonical analysis in karstology. Autosummary dis. d. g.-m. sc. Perm, 1999. 45 p.
- [14] Lukin A.V., Yezhov Yu.A. Large-scale engineer-geological division into districts of territory v. Krasny Yasyl in Perm oblast // Karst of nechernozemie: Thes. rep. Perm, 1980.
- [15] Manual to engineer-geological research in karst regions // Edited by I.A. Savarensky, N.A. Mironov. M.: PNIIS of Minstroy of Russia, 1995.
- [16] Sofronitsky P.A. East part of Russian platform // Geology of USSR. M.: Nedra, 1969. V. 12. P. 1.
- [17] Ikonnikov E.A. Conditions of karst development in north part of Yuryusan-Sylva depression // Hydrogeology and karstology. Issue 6. Perm. 1975. P. 51—55.
- [18] Shimanovsky L.A., Shimanovskaya I.A. Fresh ground water of Perm oblast.

### Article history:

Received: 12.12.2017

Revised: 15.01.2018

### For citation:

Gayev A.Ya., Kilin Yu.A. (2018) About ensuring of ecological safety in mine extractive regions on the base of negative karst processes minimization. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 35—51. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-35-51

**Bio Note:**

*Gayev Arkadij Yakovlevich* — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor. Academician of the International Academy of Ecology, Man and Nature Protection Sciences, Academician of the RAEN. Professor in the Orenburg State University, Professor in the Perm State University. Director of the Institute of Ecological Problems of the Hydrosphere at the Orenburg State University. Chief redactor of the editor-in-chief of interuniversity collection “Hydrogeology and karst studies”. E-mail: gayev@mail.ru

*Kilin Yuriy Afonas'evich* — candidate of of Geological and Mineralogical Sciences, associate professor at the Department of dynamic Geology and hydrogeology of Perm State University. Deputy Director, Institute of karstology and speleology in Russian geographical society, Perm state University. E-mail: yuakilin@mail.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-52-62

УДК 504.03

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОССИЙСКИХ ДАННЫХ ДЗЗ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКОЛОГО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛЕСНЫХ РЕГИОНОВ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЖАРОВ

Е.А. Григорец<sup>1</sup>, Д.О. Капралова<sup>1</sup>, Л.И. Пермитина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Российский университет дружбы народов

*Российская Федерация, 113093, Москва, Подольское шоссе, 8/5*

<sup>2</sup> НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы»

*Российская Федерация, 127490, Москва, ул. Декабристов, 51/25*

Продемонстрированы возможности использования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) при определении пожароопасной обстановки, мониторинге пожароопасных ситуаций и оценке пирогенной гибели лесов. Проведены исследования по использованию многолетних спутниковых наблюдений для контроля и оценки динамики восстановления эколого-ресурсного потенциала территорий, подвергшихся воздействию лесных пожаров, на базе оценки объема потерянной биомассы и скорости восстановления растительности.

Возможность мониторинга динамики восстановления растительности на поврежденных огнем территориях предлагается осуществлять на базе использования вегетационных индексов, основанных на спектральных свойствах растительности. Предлагаемая методика позволяет оценить состояние и эколого-климатические характеристики растительности, биомассу (в частности фитомассу) территории, ее продуктивность. Продемонстрированы результаты обработки данных дистанционного зондирования Земли с российских и зарубежных спутников, полученных в периоды с 2009 по 2013 гг. Приводятся карты вегетационного индекса, построенные для исследуемых лесных хозяйств и гистограммы изменения индекса, по которым оценивались объемы фитомассы лесных территорий.

**Ключевые слова:** лесные пожары, дистанционное зондирование Земли, космический мониторинг, восстановление биомассы, фитомасса, пожароопасная обстановка, оценка объема восстанавливающейся биомассы, NDVI

Вопрос прогнозирования и мониторинга пожароопасной обстановки широко изучается на территории каждой страны. Разрабатываются наиболее функциональные и систематизированные средства мониторинга в целях более раннего обнаружения точек возгорания и предупреждения чрезвычайных экологических ситуаций, связанных с лесными пожарами [3].

В связи с непрерывным развитием и модернизацией космических технологий, в частности в сфере дистанционного зондирования Земли, и невозможностью полного предупреждения риска возникновения таких масштабных экологических бедствий и катастроф, как лесные пожары, актуально совершенствование метода космического мониторинга пожароопасных ситуаций для поиска новых более

эффективных подходов к изучению причин возникновения пожаров и оценки их последствий [2].

Цели работы — определить скорость восстановления биомассы территории пострадавшей в результате воздействия лесных пожаров и оценить изменения эколого-ресурсного потенциала с помощью космических средств дистанционного зондирования.

При том, что сам принцип мониторинга процесса зарастания гарей после пожаров и оценки биомассы с помощью вегетационных индексов не является новинкой (П.А. Украинский [3], Рожков Ю.Ф., Кондакова М.Ю. [4]), впервые делается попытка объединить их для определения последствий пожаров и скорости восстановления территории (в том числе и с пересчетом в тонны образовавшейся фитомассы).

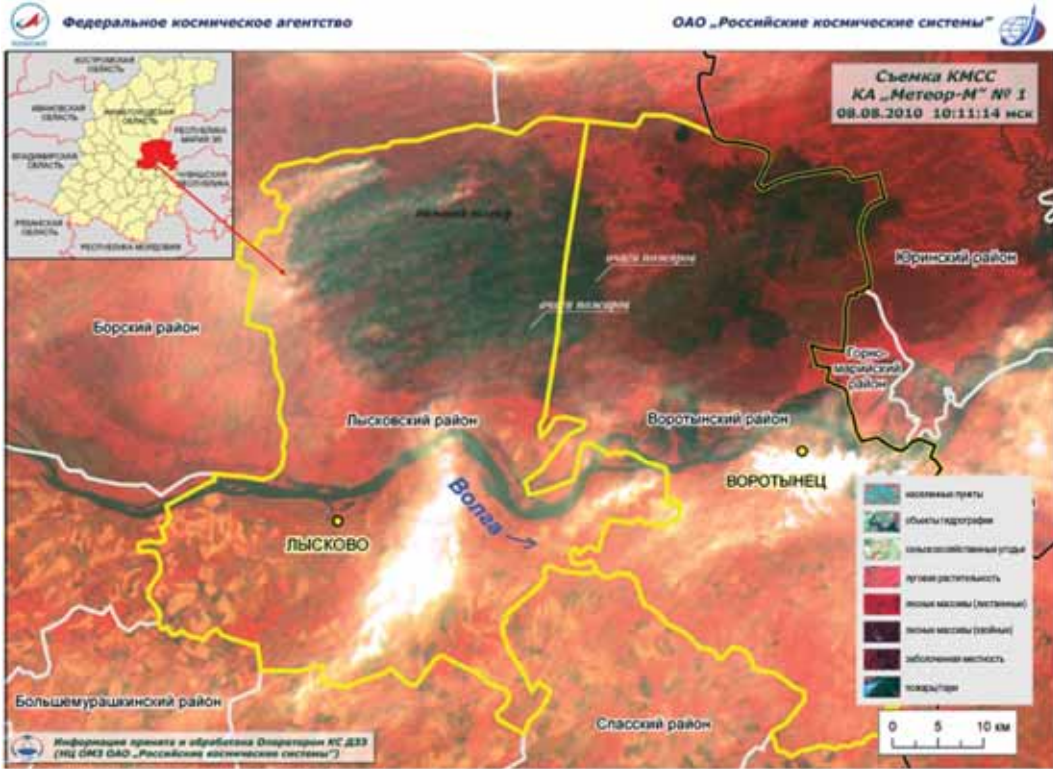
### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследуемый объект располагается на территории Борского и Лысковского района Нижегородской области (рис. 1). Данная область в значительной степени повреждена в результате воздействия катастрофически крупных пожаров в 2010 г. Лесные ресурсы данного района занимают 40—45% территории, отличаются преобладанием хвойных пород деревьев и составляют 2% от всех лесных запасов России, что служит высоким показателем, так как их большая часть сосредоточена на востоке страны (Сибирь и Дальний Восток).



**Рис. 1.** Географическое положение исследуемой территории  
[**Fig. 1.** Geographical location of the study area]

В соответствии с принятой классификацией леса исследуемых районов области относятся к высокому классу пожарной опасности (средний класс природной пожарной опасности по области — 2,5; Борский район — 2 класс, Лысковский — 3 класс пожарной опасности) [5], о чем свидетельствуют последствия пожаров (рис. 2).



**Рис. 2.** Последствия пожаров 2010 г. на исследуемой территории  
**[Fig. 2.** Consequences of fires in 2010 in the study area]

Для расчета количества восстанавливающейся растительной биомассы на территории в рамках исследования применен нормализованный относительный индекс растительности NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), основанный на спектральных свойствах растительности [6]. Индекс может принимать значения от  $-1$  до  $1$ . Для растительности индекс NDVI принимает положительные значения, обычно от  $0,2$  до  $0,8$  (табл. 1) и рассчитывается по формуле [1]:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}}$$

Следовательно, вегетационный индекс способен дать относительную оценку растительного покрова территории, которая в дальнейшем, при использовании наземной информации и полевых данных, может быть пересчитана в абсолютные значения [8].

Таблица 1

**Дискретная шкала NDVI [7]**

Тип объекта	Отражение в красной области спектра	Отражение в инфракрасной области спектра	Значение NDVI
Густая растительность	0,1	0,5	0,7
Разряженная растительность	0,1	0,3	0,5
Открытая почва	0,25	0,3	0,025

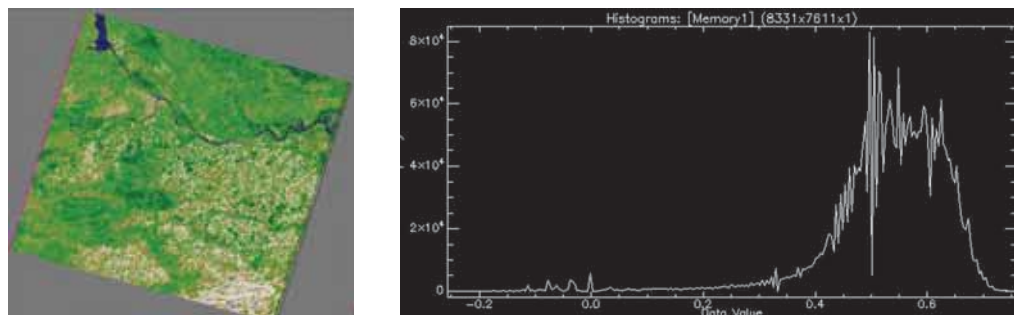
Table 1

**Discrete NDVI scale**

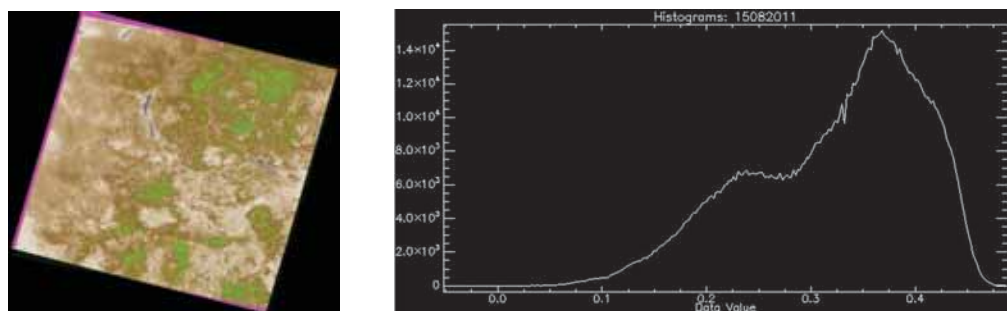
Object type	Reflection in the red spectral	Reflection in the infrared spectral range	NDVI value
Thick vegetation	0,1	0,5	0,7
Discharged vegetation	0,1	0,3	0,5
Open soil	0,25	0,3	0,025

В качестве исходных использованы данные, полученные в июле—сентябре 2009, 2010, 2011, 2012 и 2013 гг. (рис. 3) аппаратурой КМСС со спутника «Метеор-М» № 1 (предоставлены Научным центром оперативного мониторинга Земли) АО «Российские космические системы») и данные Landsat-5 (<http://glovis.usgs.gov/index.shtml>). Данные обработаны с использованием программ ERDAS Imagine, ENVI, ArcGIS.

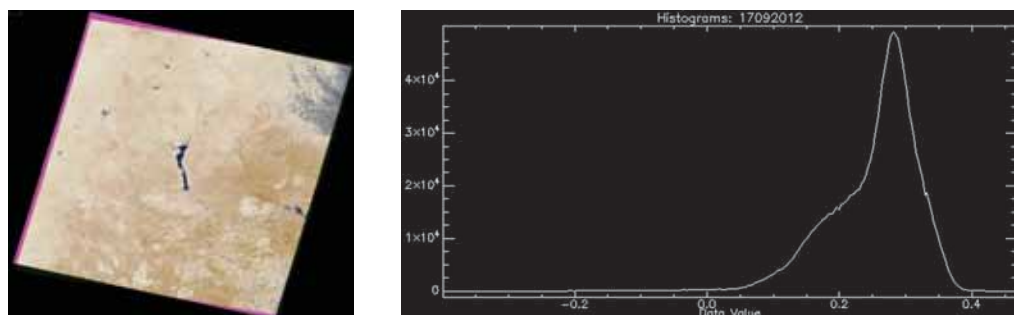
Карта и гистограмма на основе индекса NDVI № 1. Landsat-5 (10 августа 2009 года)  
Map and histogram based on NDVI № 1. Landsat-5 (August 10, 2009)



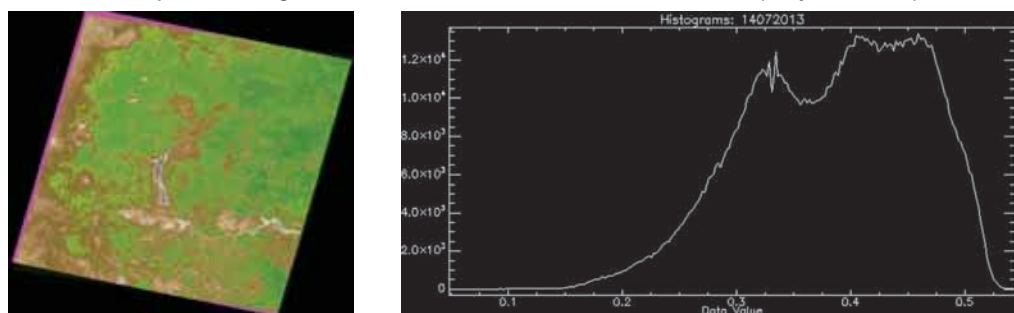
Карта и гистограмма на основе индекса NDVI № 2. «Метеор-М» № 1 (15 августа 2011 года)  
Map and histogram based on NDVI № 2. «Meteor-M» № 1 (August 15, 2011)



Карта и гистограмма на основе индекса NDVI № 3. «Метеор-М» № 1 (17 сентября 2012 года)  
Map and histogram based on NDVI № 3. «Meteor-M» № 1 (September 17, 2012)



Карта и гистограмма на основе индекса NDVI № 4. «Метеор-М» № 1 (14 июля 2013 года)  
Map and histogram based on NDVI № 4. «Meteor-M» № 1 (July 14, 2013)



**Рис. 3.** Построение карт и гистограмм на основе NDVI исследуемой территории  
[**Fig. 3.** Mapping and histograms building based on the NDVI of the study area]



## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа гистограмм по картам на основе индекса NDVI с 2009 по 2013 гг. видна определенная тенденция: в 2009 г. фитомасса исследуемой территории и общее количество растительности находилось на своем пике. После пожаров 2010 г. значительная часть фитомассы была потеряна, и с 2011 по 2013 гг. отмечается ее не равномерная, но стойкая тенденция к восстановлению.

Используя результаты анализа гистограмм на основе NDVI (см. рис. 2), и справочные данные официальных документов Рослесхоза, ИСС (Международный институт прикладного системного анализа), лесного плана Нижегородской области, паспортов Борского и Лысковского районов Нижегородской области, в несколько этапов произведен усредненный количественный расчет прироста биомассы на выгоревшей территории с 2011 по 2013 гг.

**1. Расчет общей площади лесов и фитомассы исследуемой территории.** Согласно материалам МИПСА [6] на территорию РФ приходится около 69 671 150 000 т фитомассы. Нижегородская область обладает 418 220 000 т фитомассы страны. Исходя из площади Нижегородской области и площадей обоих исследуемых районов — Борского и Лысковского, был произведен расчет количества фитомассы, приходящийся на каждый из районов (табл. 2).

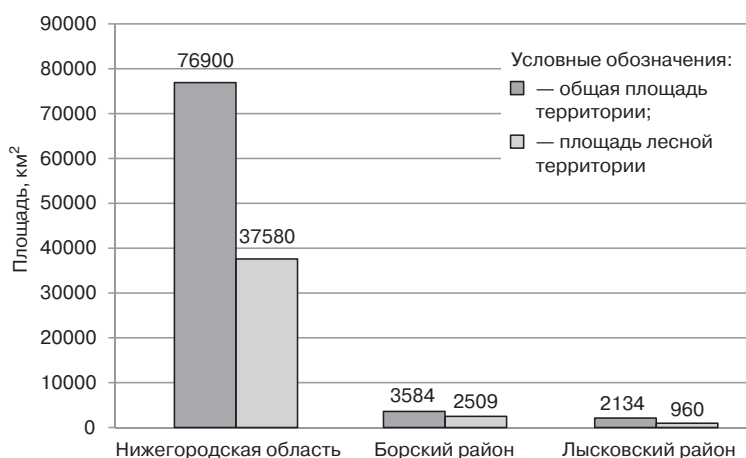
Таблица 2

Table 2

**Площадь и объем фитомассы Нижегородской области и Борского, Лысковского районов**

**The area and volume of phytomass of the Nizhny Novgorod region and Borsky, Lyskovsky districts**

Территория	Площадь территории S, км <sup>2</sup>	Фитомасса территории Ф, т	Territory	Area of territory S, km <sup>2</sup>	Phytomass of the territory Ф, t
Нижегородская область	76 900	418 220 000	Nizhny Novgorod region	76 900	418 220 000
Борский район	3584	19 491 553,71	Borsky district	3584	19 491 553,71
Лысковский район	2134	11 605 740,96	Lyskovsky district	2134	11 605 740,96



**Рис. 4.** Общая площадь и площадь лесов Нижегородской области, Борского и Лысковского районов (Источники: расчеты авторов и работа [10])

**[Fig. 4.** Total area and area of forests of the Nizhny Novgorod region, Borsky and Lyskovsky districts (Source: calculations of the authors and [10])]

Леса занимают приблизительно 53% территории области, причем на севере территории лесистость достигает 80%, а в юго-восточных районах снижается до 1% (рис. 4) [9].

По количеству фитомассы, приходящейся на каждый из районов, и площади лесов каждого района было рассчитано количество фитомассы на единицу площади каждого района (табл. 3).

Таблица 3

**Количество фитомассы на единицу площади каждого района**

Район	Площадь лесов, км <sup>2</sup>	Фитомасса на единицу площади, т/км <sup>2</sup>	Общая фитомасса, т	Общая фитомасса на единицу площади, т/км <sup>2</sup>
Борский	2509 (70%)	7768,6	31 097 294,67	9 928,9
Лысковский	960 (45%)	12089,3		

Table 3

**The amount of phytomass per area of each district**

District	Forest area, km <sup>2</sup>	Phytomass per area, t/km <sup>2</sup>	Total phytomass, t	Total phytomass per area, t/km <sup>2</sup>
Borsky	2509 (70%)	7768,6	31 097 294,67	9 928,9
Lyskovsky	960 (45%)	12089,3		

**2. Расчет количества восстанавливающейся фитомассы с использованием данных гистограмм, построенных по картам на основе вегетационного индекса NDVI.** При подсчете прироста фитомассы с использованием гистограмм, было необходимо учесть, что значения, отложенные по оси ординат на гистограммах, соответствуют количеству пикселей. Аппаратура КМСС спутника «Метеор-М» № 1 имеет разрешение 60 м, т.е. один пиксель соответствует 3600 м<sup>2</sup>. Тогда фитомасса территории:

$$\Phi_{3600} = \frac{9928,9 \text{ т} \cdot 3600 \text{ м}^2}{10000 \text{ м}^2} = 3574,4 \text{ т.} \quad (1)$$

Таким образом, один пиксель снимка (3600 м<sup>2</sup>) содержит приблизительно 3 574,4 т фитомассы.

Важно учитывать, что данное значение характерно для идеального состояния растительности на территории, следовательно, необходимо провести градуацию количества фитомассы, в зависимости от значения NDVI:

- 0,1—0,3 — <100/3600 т/м<sup>2</sup>;
- 0,3—0,4 — 1500/3600 т/м<sup>2</sup>;
- 0,5—1 — 2500—3574,4/3600 т/м<sup>2</sup>.

В качестве эталонного значения NDVI, на уровне которого в дальнейшем производилось сравнение по годам, взято значение 0,4 (в соответствии с анализом неповрежденной территории на основе данных за 2009 год), что соответствует удовлетворительному состоянию растительного покрова и количеству фитомассы, равному 1500 т на пиксель.

2011 год. Согласно гистограмме (см. рис. 3), количество пикселей, соответствующих значению 0,4 индекса NDVI, составляет 6 252, соответственно:

$$\Phi_{2011} = 6252 \cdot 0,0036 \text{ км}^2 \cdot 1500 \text{ т} = 33760 \text{ т}, \quad (2)$$

т.е. в 2011 г. общая масса растительности на исследуемой территории составляла 33 760 т.

2012 год. Согласно гистограмме (см. рис. 3), количество пикселей, соответствующих значению 0,4 индекса NDVI, составляет 77. Для данного года был введен поправочный коэффициент в связи с осенним сезоном [6], который составил 0,09 единиц индекса NDVI. Таким образом, в августе 2012 г. на значение 0,4 индекса NDVI приходилось порядка 7106 пикселей, следовательно:

$$\Phi_{2012} = 7106 \cdot 0,0036 \text{ км}^2 \cdot 1500 \text{ т} = 38372 \text{ т}, \quad (3)$$

т.е. в 2012 г. общая масса растительности на исследуемой территории составляла 38 372 т.

2013 год. Согласно гистограмме (см. рис. 3), количество пикселей, соответствующих значению 0,4 индекса NDVI, составляет 8 335, соответственно:

$$\Phi_{2013} = 8335 \cdot 0,0036 \text{ км}^2 \cdot 1500 \text{ т} = 45900 \text{ т}, \quad (4)$$

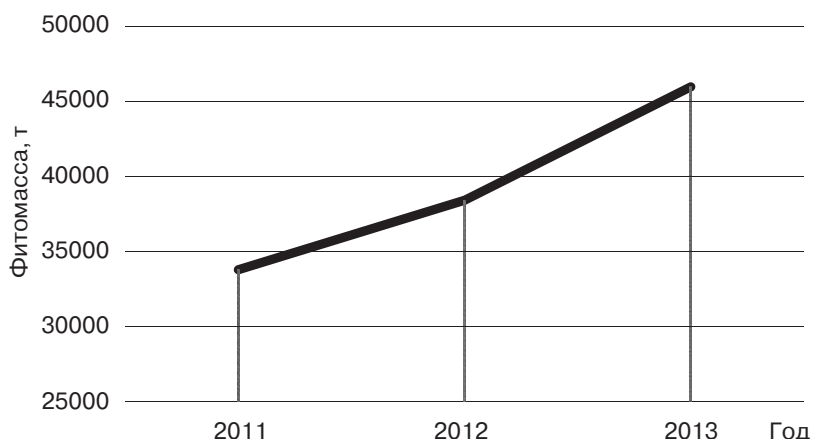
т.е. в 2013 г. общая масса растительности на исследуемой территории составляла 45 900 т.

Обобщая расчеты (табл. 4) можно сделать вывод о том, что увеличение фитомассы с 2011 по 2012 гг. составило 4612 т, а с 2012 по 2013 гг. — 7528 т, т.е. общее количество фитомассы за 2 года увеличилось приблизительно на 36%.

Таблица 4

**Объем фитомассы исследуемого объекта по годам**  
[Table 4. The volume of phytomass of the object by years]

Год [Year]	Объем фитомассы, т [Phytomass volume, t]	Прирост фитомассы по сравнению с прошлым годом [Growth of phytomass compared to last year]
2011	33 760	—
2012	38 372	14%
2013	45 900	19%



**Рис. 5.** График изменения количества фитомассы с 2011 по 2013 гг.  
[Fig. 5. Schedule of changes in the amount of phytomass from 2011 to 2013]

Таким образом, на основе анализа полученных результатов (рис. 5) можно выявить увеличение биомассы лесной растительности на исследуемой территории за 3 года, прошедших после катастрофически крупных пожаров 2010 г., что свидетельствует о положительной динамике восстановления эколого-ресурсного потенциала лесных хозяйств на территории Нижегородской области. Предлагаемая методика позволяет оценить состояние и эколого-ресурсный потенциал, биомассу (в частности фитомассу) территории и ее продуктивность с использованием российских данных дистанционного зондирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Григорев Е.А. Сравнительный анализ видов и методов мониторинга лесных пожаров на территории России // Молодой ученый. 2015. № 8. С. 379—381.
- [2] Brown James K., Smith Jane Kapler, eds. 2000. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 2. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 257 p.
- [3] Украинский П.А. Динамика спектральных свойств зарастающих травяных гарей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 4. С. 229—238.
- [4] Рожков Ю.Ф., Кондакова М.Ю. Оценка динамики процесса восстановления лесов после пожара с использованием дешифрирования космических снимков // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10434> (дата обращения: 14.12.2016).
- [5] Лесные ресурсы. Министерство экологии и природных ресурсов Нижегородской области [Электронный ресурс]. URL: [http://minesco-nn.ru/File/05\\_Лесные\\_ресурсы.doc](http://minesco-nn.ru/File/05_Лесные_ресурсы.doc) (дата обращения: 02.12.2016).
- [6] Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. 2009. № 3(4). С. 28—32.
- [7] Дубинин М. Теоретические основы использования индекса NDVI [Электронный ресурс]. URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (дата обращения: 14.12.2016).
- [8] Черепанов А.С. Вегетационные индексы // Геоматика. 2011. № 2(3). С. 98—102.
- [9] Леса Нижегородской области [Электронный ресурс]. URL: <http://autotravel-nn.ru/tags/les/> (дата обращения: 14.12.2016).
- [10] IIASA's Global Forest Database (GFD) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/modelsData/GlobalForestDB.en.html> (дата обращения: 14.12.2016).

© Григорев Е.А., Капралова Д.О., Пермитина Л.И., 2018

### История статьи:

Дата поступления в редакцию: 26.12.2016

Дата принятия к печати: 15.01.2018

### Для цитирования:

Григорев Е.А., Капралова Д.О., Пермитина Л.И. Использование Российских данных ДЗЗ для изучения динамики восстановления эколого-ресурсного потенциала лесных регионов после воздействия пожаров // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 52—62. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-52-62

### Сведения об авторах:

Григорев Елизавета Андреевна — аспирант кафедры экологического мониторинга и прогнозирования Российского университета дружбы народов. E-mail: 5977749@mail.ru

*Капралова Дарья Олеговна* — старший преподаватель кафедры экологического мониторинга и прогнозирования Российского университета дружбы народов. E-mail: dorris@yandex.ru

*Пермитина Лариса Ивановна* — ведущий научный сотрудник НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы». E-mail: permitina@ntsomz.ru

## USING RUSSIAN REMOTE SENSING DATA FOR STUDING THE DYNAMIC OF ECOLOGICAL AND RESOURCE POTENTIAL RECOVERY OF FORESTS AREA AFTER THE IMPACT OF FOREST FIRES

E.A. Grigorets<sup>1</sup>, D.O. Kapralova<sup>1</sup>, L.I. Permitina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Peoples' Friendship University of Russia  
8/5, Podol'skoe shosse, Moskow, 113093, Russian Federation  
<sup>2</sup> NTs OMZ AO «Rossiiskie kosmicheskie sistemy»  
51/25, Dekabristov str., Moskow, 127490, Russian Federation

The use of remote sensing data for determining the fire situation is shown, as for the monitoring of fire situations and assessment of pyrogenic forest distraction. Studies were conducted on the use of long-term satellite observations to monitor and evaluate the dynamics of ecological and resource potential recovery of the areas affected by forest fires and are based on the assessment of the amount of lost biomass and the rate of vegetation recovery. The ability to monitor the dynamics of vegetation recovery on damaged fire areas are encouraged to implement on the basis of the use of vegetation indices based on spectral properties of vegetation. The proposed method makes it possible to assess the state and environmental and climatic characteristics of the vegetation biomass of the territory and its productivity. It shows the results of remote sensing data from Russian and foreign satellites, obtained in the periods from 2009 to 2013. There are given maps of vegetation index constructed for the studied forestry and the histogram index changes, which assesses the amount of biomass of forest areas.

**Key words:** ecological and resource potential, forest fires, remote sensing, space monitoring, biomass recovery, phytomass, fire hazard, lost biomass assessment, NDVI

### REFERENCES

- [1] Grigorets E.A. Comparative analysis of species and methods for monitoring forest fires in Russia. *Molodoi uchenyi*. 2015. № 8. S. 379–381.
- [2] Brown James K., Smith Jane Kapler, eds. 2000. *Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 2. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 257 p.
- [3] Ukrainskiy P.A. Dynamics of spectral properties of overgrown grassy fires Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2013. P. 10. № 4. P. 229–238.
- [4] Rozhkov Yu.F., Kondakova M.Yu. Evaluation of the forest restoration process dynamics after a fire, using the interpretation of space images. *Modern problems of science and education*. 2013. No. 5 [digital resource]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10434> (date of access: 14.12.2016).

- [5] Forest resources. Ministry of ecology and natural resources of Nizhny Novgorod region [digital resource]. Available at: [http://mineco-nn.ru/File/05\\_Лесные\\_ресурсы.doc](http://mineco-nn.ru/File/05_Лесные_ресурсы.doc) (date of access: 02.12.2016).
- [6] Cherepanov A.S., Druzhinina E.G. The spectral properties of vegetation and vegetation indices. *Geomatika*. 2009. № 3(4). S. 28–32.
- [7] Dubinin M. Teoretical base of using NDVI [digital resource]. URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (date of access: 02.12.2016).
- [8] Cherepanov A.S. Vegetation indices. *Geomatika*. 2011. № 2(3). S. 98–102.
- [9] Forests of Nizhny Novgorod region [digital resource]. URL: <http://autotravel-nn.ru/tags/les/> (date of access: 14.12.2016).
- [10] IIASA's Global Forest Database (GFD) [digital resource]. URL: <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/modelsData/GlobalForestDB.en.html> (date of access: 14.12.2016).

**Article history:**

Received: 26.12.2016

Revised: 15.01.2018

**For citation:**

Grigorets E.A., Permitina L.I., Kapralova D.O. (2018) Using Russian remout sensing data for studing the dynamic of ecological ang resource potencial recovery of forests area after the impact of forest fires. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 52–62. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-52-62

**Bio Note:**

*Grigorets Elizaveta Andreevna* — postgraduate student of Ecology monitoring and forecasting department, RUDN University. E-mail: 5977749@mail.ru

*Kapralova Daria O.* — senior lecturer Ecology monitoring and forecasting department, RUDN University. E-mail: dorris@yandex.ru

*Permitina Larisa Ivanovna* — Leading Researcher NTs OMZ JSC “Russian Space Systems”. E-mail: permitina@ntsomz.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-63-72

УДК 504.75.05

## ОСОБЕННОСТИ РАССЕИВАНИЯ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА АЗОТА ПРЕДПРИЯТИЯМИ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА НАСЕЛЕНИЕ МЕГАПОЛИСОВ

П.Ю. Силаева<sup>1</sup>, А.В. Силаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Российский университет дружбы народов

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

<sup>2</sup> ООО «Эффективные Технологические Решения»

*Российская Федерация, ИНДЕКС, Москва, 4-я Магистральная ул., 5, стр. 2, оф. 2*

В статье сравнивается воздействие автотранспорта и стационарных источников на здоровье населения в крупных городах. Рассматриваются основные особенности мегаполисов, которые существенным образом увеличивают степень влияния выбросов от объектов теплоэнергетического комплекса на здоровье человека. Ставится вопрос о недооцененности влияния загрязнителей от стационарных источников именно в условиях крупных городов.

**Ключевые слова:** загрязнение воздуха, теплоэнергетика, автотранспорт, мегаполис

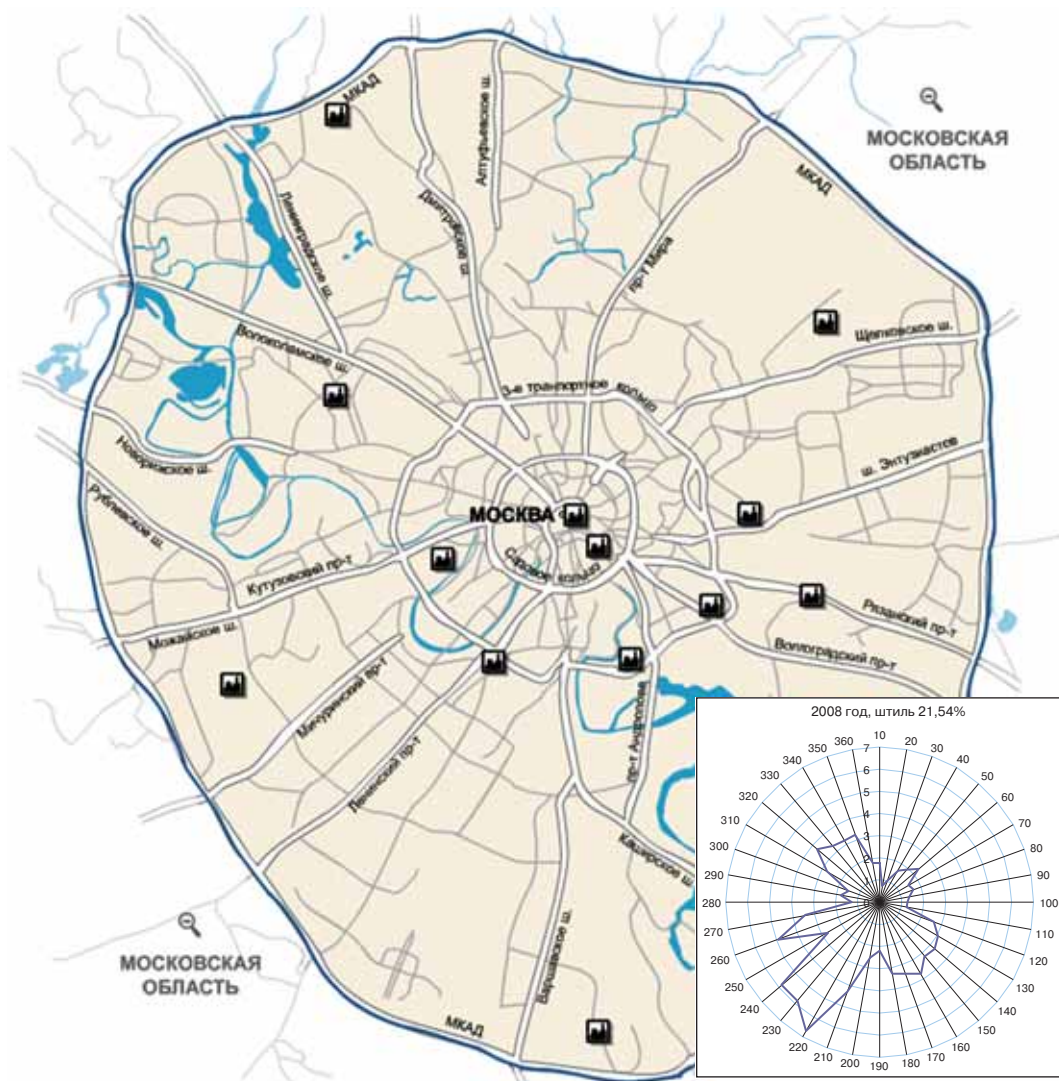
### ОБОСНОВАНИЕ

Основными источниками загрязнения диоксидом азота в современных мегаполисах являются автотранспорт и энергетика. Бесспорно, влияние автотранспорта на состояние атмосферного воздуха велико, особенно в крупных городах, в условиях плотной застройки и развитой сети автодорог. По экспертным оценкам, суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Москвы автотранспортом ежегодно составляет порядка 190 тыс. т (2016 г.) [1]. За последнее время значительное внимание было уделено решению проблемы высокой транспортной нагрузки и ее негативного воздействия на окружающую среду, о чем свидетельствуют многочисленные программы, направленные на сокращение выбросов от автотранспорта. Результат принимаемых мер значительно отстает от стремительного роста количества транспорта на дорогах мегаполисов. Количество автотранспорта в Москве в настоящее время превышает 4,5 млн ед., а его ежегодный прирост составляет около 278 тыс. ед. (на 2016 г.) [1]. Масса выбросов от передвижных источников более чем в 10 раз превышает количество выбросов от стационарных источников.

По сравнению с 2015 годом в 2016 году автопарк Москвы вырос на 278 тыс. ед.

По данным Федеральной службы государственной статистики по г. Москве, валовый выброс от стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха в 2016 году составил около 61 тыс. т [2]. При этом более 50% веществ в атмосферный воздух Москвы от стационарных источников приходится на пред-

приятия по производству и распределению электроэнергии, газа и воды [3]. (Сведения о выбросах загрязняющих веществ объектами теплоэнергетики ПАО «Мосэнерго», расположенных на территории г. Москвы, за 2016 г. — около 25,5 тыс. т, предприятиями ПАО «МОЭК» — 1,3 тыс. т.) Тем не менее, негативная роль объектов энергетики на качество атмосферного воздуха и связанное с ним влияние на организм человека, по мнению авторов, недооценена.



**Рис. 1.** Карта расположения ТЭЦ г. Москвы (в пределах МКАД) и роза ветров за 2017 г.  
**[Fig. 1.** Map of Moscow thermal electric stations (within the Moscow ring road) and windrose for 2017]

Воздействие выбросов объектов энергетики усугубляется из-за следующих специфических особенностей рассеивания загрязнителей в условиях мегаполисов:

1) мегаполис характеризуется огромным энергопотреблением, для покрытия которого требуется использование нескольких распределенных по площади и периферии мегаполиса мощных ТЭС (рис. 1). Такое расположение энергообъек-



тов в мегаполисе в отличие от малых городов приводит к тому, что при любом направлении ветра выбросы одной или нескольких ТЭС направлены в сторону жилых массивов;

2) при наиболее часто наблюдающихся скоростях ветра (1–2 м/с) расстояние, на котором достигается максимальная приземная концентрация, составляет несколько километров от источника выбросов. Таким образом, перенос поллютанта от стационарных источников происходит на значительное расстояние, при этом площадь распространения негативного влияния может быть соотнесена с площадью административных округов. Мощные областные ТЭС, находящиеся на расстоянии 5–10 км от границ города, также негативно воздействуют на состоянии атмосферного воздуха в черте города;

3) следствием большой площади мегаполиса является также наличие вторичного перераспределения при сменах направлений ветра ранее выброшенных газовых примесей, которые достигают приземного слоя атмосферы, не покидая территории мегаполиса, обуславливая дополнительное «вторичное» загрязнение атмосферы мегаполисов;

4) в отличие от малых городов с преимущественно малоэтажной застройкой преобладание высотной застройки, сравнимой с высотой дымовых труб, существенно снижает достигаемый эффект от рассеивания выбросов в вертикальном направлении.

В соответствии с классическими исследованиями Берлянда М.Е. вплоть до достижения максимальной приземной концентрации от стационарных источников установлено значительное повышение концентрации с увеличением высоты, особенно на малых расстояниях от источника. Вследствие высотной застройки в селитебных зонах на расстояниях нескольких километров от ТЭС часть населения подвергается воздействию повышенных концентраций примесей на значительном удалении от поверхности земли, в том числе и в ночное время, когда воздействие автотранспорта минимально. Таким образом, учет пространственного распределения загрязнений в трех измерениях оказывается критически важным для объективной оценки эффективности защитных мероприятий в условиях мегаполисов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Авторы в своих работах используют понятия «экологическое качество жизни населения» и «экологический комфорт». Экологическое качество жизни населения — качественно-количественный комплексный показатель факторов окружающей среды, в которой проживает группа населения. Определение экологического комфорта происходит из определения санитарно-эпидемиологического благополучия населения — это состояние здоровья населения и окружающей природной среды, при котором отсутствует вредное воздействие факторов этой среды на человека, и обеспечиваются благоприятные условия его жизнедеятельности [4].

Анализ соотношения степени влияния различных источников загрязнения атмосферного воздуха на **экологическое качество жизни населения** основывается

на неоднократно подтвержденных корреляций заболеваемости различных групп населения с качеством атмосферного воздуха [5]. Важно учитывать факторы негативного воздействия в привязке к исследуемым целевым группам населения и исключить из расчета ареалы, в которых вероятность пребывания определенных групп индивидуумов минимальна.

Существующие подходы оценки экологического благосостояния окружающей среды, такие как доли или превышение ПДК основаны преимущественно на инструментальных методах измерения и призваны отражать степень потенциальной опасности при превышении таких показателей, не характеризуют прямо качество долговременного проживания в каждом определенном районе (микрорайоне). Иными словами, они напрямую не отражают экологического качества жизни в данном районе, так как носят сугубо бинарную смысловую нагрузку, как то: безопасно — небезопасно. Показатели инструментальных измерений являются общими для всех возрастных групп населения и не имеют территориальной дифференциации. К примеру, для принятых показателей не существует разницы между селитебными зонами и промплощадками, так же экспозиция у различных групп населения радикально отличается, как из-за восприимчивости каждой отдельно взятой группы, так и из-за образа жизни. Применение такого достаточно грубого инструмента исключает возможность прогнозирования развития ситуации и не представляет необходимой гибкости оценки влияния перспективных технологий в энергетике, призванных обеспечить постоянно растущий потребительский сектор, при этом одновременно улучшить экологическую обстановку в мегаполисах.

Многочисленные исследования специалистов в области здравоохранения выявили устойчивую зависимость роста заболеваемости целым рядом специфических заболеваний (непосредственно связанных с ухудшением качества окружающей среды) в различных городских субпопуляциях, и выбросов поллютантов, характерных, в частности, для электростанций. Исследования Всемирной организации здравоохранения показывают, что повышенное содержание диоксида азота в атмосферном воздухе может приводить как к острым, так и к хроническим заболеваниям дыхательных путей. Оксиды азота — потенциальные раздражители, способные увеличить риск хронических легочных заболеваний. Оксиды азота, улетающие в атмосферу, представляют серьезную опасность для экологической ситуации, так как способны вызывать кислотные дожди, а также сами по себе токсичны, вызывающие раздражение слизистых оболочек. Диоксид азота воздействует в основном на дыхательные пути и легкие, а также вызывает изменения состава крови, в частности, уменьшает содержание в крови гемоглобина. В специальной литературе также указывается на то, что воздействие на организм человека диоксида азота снижает сопротивляемость к заболеваниям, вызывает кислородное голодание тканей, особенно у детей. Усиливает действие канцерогенных веществ, способствуя возникновению злокачественных новообразований. По данным доклада о состоянии здоровья населения г. Москвы, в 2015 году заболеваемость органов дыхания составила 18% от общей заболеваемости у взрослых, 36% — у подростков (15—17 лет), 55% — дети до 15 лет [3].

По мере удаления от источника выброса все большее количество  $\text{NO}$  превращается в  $\text{NO}_2$  — бурый, обладающий характерным неприятным запахом газ. Диоксид азота сильно раздражает слизистые оболочки дыхательных путей. Вдыхание ядовитых паров диоксида азота может привести к серьезному отравлению. Диоксид азота вызывает сенсорные, функциональные и патологические эффекты. К сенсорным эффектам можно отнести обонятельные и зрительные реакции организма на воздействие  $\text{NO}_2$ . Даже при малых концентрациях, составляющих всего  $0,23 \text{ мг/м}^3$ , человек ощущает присутствие этого газа. Эта концентрация есть порог обнаружения диоксида азота. Однако способность организма обнаруживать  $\text{NO}_2$  пропадает после 10 мин вдыхания, но при этом ощущается чувство сухости и першения в горле. Хотя и эти признаки исчезают при продолжительном воздействии газа в концентрации, в 15 раз превышающей порог обнаружения. Таким образом,  $\text{NO}_2$  ослабляет обоняние.

Но диоксид азота воздействует не только на обоняние, но и ослабляет ночное зрение — способность глаза адаптироваться к темноте. Этот эффект уже наблюдается при концентрации  $0,14 \text{ мг/м}^3$ , что, соответственно, ниже порога обнаружения.

Функциональным эффектом, вызываемым диоксидом азота, является повышенное сопротивление дыхательных путей. Иными словами,  $\text{NO}_2$  вызывает увеличение усилий, затрачиваемых на дыхание. Эта реакция наблюдалась у здоровых людей при концентрации  $\text{NO}_2$  всего  $0,056 \text{ мг/м}^3$ , что в 4 раза ниже порога обнаружения. А люди с хроническими заболеваниями легких испытывают затрудненность дыхания уже при концентрации  $0,038 \text{ мг/м}^3$ .

Патологические эффекты проявляются в том, что  $\text{NO}_2$  делает человека более восприимчивым к патогенам, вызывающим болезни дыхательных путей. У людей, подвергшихся воздействию высоких концентраций диоксида азота, чаще наблюдаются катар верхних дыхательных путей, бронхиты, круп и воспаление легких. Кроме того, диоксид азота сам по себе может стать причиной заболеваний дыхательных путей. Попадая в организм человека,  $\text{NO}_2$  при контакте с влагой образует азотистую и азотную кислоты, которые разъедают стенки альвеол легких. При этом стенки альвеол и кровеносных капилляров становятся настолько проницаемыми, что пропускают сыворотку крови в полость легких. В этой жидкости растворяется вдыхаемый воздух, образуя пену, препятствующую дальнейшему газообмену. Возникает отек легких, который зачастую ведет к летальному исходу. Длительное воздействие оксидов азота вызывает расширение клеток в корешках бронхов (тонких разветвлениях воздушных путей альвеол), ухудшение сопротивляемости легких к бактериям, а также расширение альвеол. Некоторые исследователи показывают, что в районах с высоким содержанием в атмосфере диоксида азота наблюдается повышенная смертность от сердечных и раковых заболеваний.

Люди, страдающие хроническими заболеваниями дыхательных путей (эмфиземой легких, астмой) и сердечно-сосудистыми болезнями, могут быть более чувствительны к прямым воздействиям  $\text{NO}_2$ . У них легче развиваются осложнения (например, воспаление легких) при кратковременных респираторных инфекциях.

Исходя из этого поставленная задача по разработке качественно новых показателей, отражающих необходимые параметры, становится актуальной. В качестве

обоснования предлагаемого подхода к определению показателей экологичности проживания на данной территории проведено сопоставление опытных данных по текущей заболеваемости верхних дыхательных путей с экспериментально за- меренными текущими локальными уровнями концентраций окислов азота.

При осреднении показателей было принято во внимание пространственно- временное распределение вероятности пребывания целевых групп. Иными сло- вами, соотношение вкладов от различных источников загрязнения для разных возрастных групп различно. Так, например, дети дошкольного возраста, младших классов и пенсионеры, преимущественно проводят время в квартирах и во дворах, территория которых в меньшей степени подвержена загрязнению от автотран- спорта. Основным источником загрязнения этих территорий служит энергоком- плекс. Население трудоспособного возраста, напротив, больше времени проводит вблизи автодорог, и подвергаются в дневное время его негативному воздействию.

Таким образом, степень воздействия стационарных энергетических источни- ков на экологическое качество жизни населения с учетом специфики мегаполи- са может оказаться сравнимым, а не многократно меньшим, по отношению к автотранспорту.

В целях более подробного рассмотрения соотношения вкладов от автотран- спорта и энергокомплекса в мегаполисах и влияющих на него факторов авторами был изучен представительный массив экспериментальных данных измерения концентраций диоксида азота за 2015–2016 годы с 20-минутной разверткой по времени вблизи Московского государственного университета. Эксперименталь- ные данные изучались совместно с опытными метеорологическими данными рассматриваемого района.

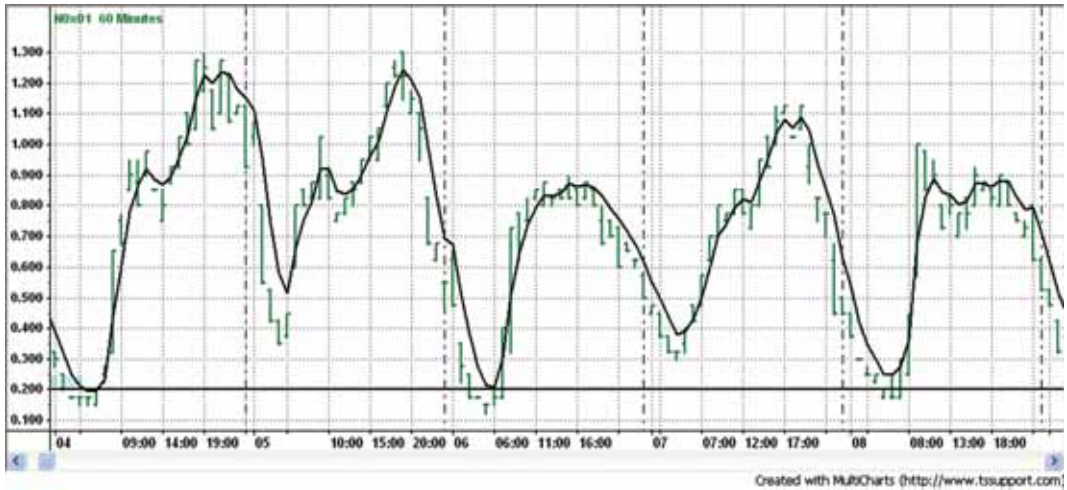
При низких уровнях фонового загрязнения от энергоисточников вейвлет-ана- лиз временных рядов концентраций диоксида азота позволяет отчетливо выявить характер вклада автотранспорта в загрязнение окружающего воздуха в районе наблюдения.

Результаты исследования показывают связанные с транспортными потоками колебания концентрации диоксида азота — повышение концентрации поллю- танта происходит в утренние часы, а снижение в вечерние, что соответствует рит- му автомобильного движения (рис. 2). Соответствующий вклад имеет вид пара- болической функции. Стоит отметить тот факт, что приземная концентрация за наблюдаемый период не снижалась ниже отметки 0,2 ПДКсс, максимальное зна- чение концентрации — 1,25 ПДКсс. Таким образом, колебания концентрации достигали 1,05 ПДКсс.

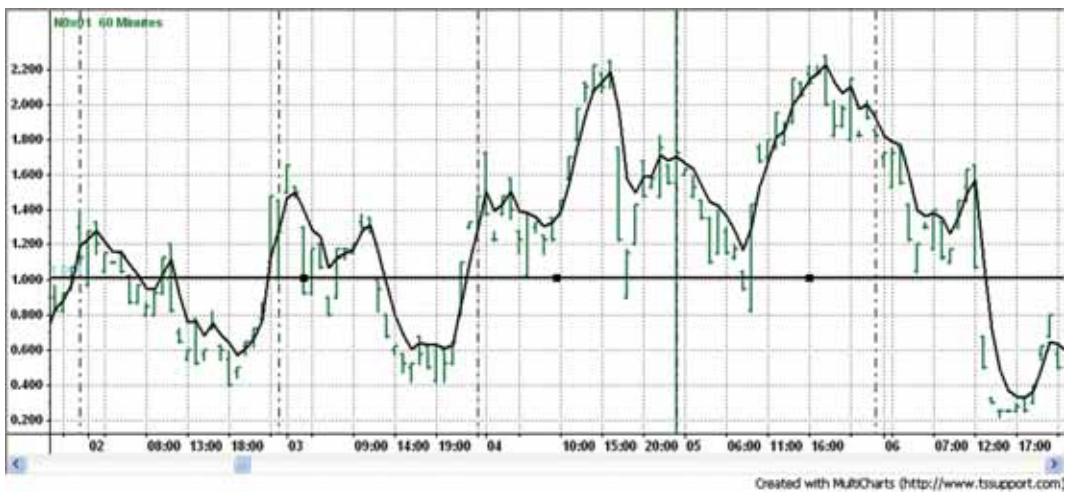
Приведенный график демонстрирует явно выраженную зависимость измене- ния концентрации в данном случае от ритма движения автотранспорта и в целом соответствует сложившемуся общепринятому мнению о роли автотранспорта в загрязнении атмосферы.

В то же время, на большой совокупности опытных данных выявлен иной ха- рактер повышения концентрации диоксида азота в течении продолжительных непрерывных периодов времени, который не может быть объяснен описанным влиянием автотранспорта (рис. 3). Такой график изменения концентрации ха- рактеризуется отсутствием описанной закономерности, обусловленной влияни-

ем автотранспорта, с одновременными длительными периодами превышения допустимых концентраций и повышения уровня фонового загрязнения почти в 4 раза. В соответствии с исследованиями М.Е. Берлянда такое поведение приземной концентрации обусловлено выбросами стационарных источников в сочетании с часто встречающимися неблагоприятными для их рассеивания метеорологическими условиями.



**Рис. 2.** Суточный ритм выбросов диоксида азота от автотранспорта. АСКЗА МГУ  
[**Fig. 2.** The daily rhythm of nitrogen dioxide emissions from vehicles.  
Automatic station of atmospheric pollution control (ASCSA) “MSU”]



**Рис. 3.** Влияние неблагоприятных условий на концентрацию диоксида азота. АСКЗА МГУ  
[**Fig. 3.** Influence of adverse conditions on the concentration of nitrogen dioxide.  
Automatic station of atmospheric pollution control (ASCSA) “MSU”]

К таким неблагоприятным условиям можно отнести проявления и сочетания приподнятой и приземной инверсий, а также штиля. Инверсии по Берлянду проявляются до 71% времени, из них 33% приподнятая и 38% приземная. Для мега-

полисов наиболее опасна приподнятая инверсия, так как она создает «запирающий слой» выше источника загрязнения, который препятствует рассеиванию газовых примесей. Для территории Москвы и Московской области Берлянд выявил годовое распределение повторяемости случаев температурной инверсии. Наиболее характерны сочетания неблагоприятных метеорологических условий в осенний и весенний периоды.

Необходимо отметить, что природные процессы очистки атмосферного воздуха от загрязнителей периодически снижают концентрации вредных веществ. Однако максимальная степень очистки атмосферного воздуха (по аналогии со скруббером) порядка 70% при ливневых продолжительных осадках, а очищающая способность снега и малых осадков ничтожно мала.

По результатам настоящего исследования помимо описанных температурных инверсий на рассеивание загрязняющих веществ критическое влияние оказывают переходные процессы вторичного перераспределения поллютантов под влиянием смены силы и направления ветра. Например, во время штиля из-за сравнительно медленной диффузии происходит накопление загрязняющих веществ в непосредственной близости к источнику. Впоследствии накопленная масса переносится сменившим штиль ветром, кратно увеличивая содержание загрязнителя в подветренном районе из-за сравнительно медленной диффузии. В то же время опытные метеоданные показывают, что повторяемость штиля в Москве составляет до 30% в году

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании изложенного можно заключить, что предприятия энергетики оказывают значительное влияние на состояние воздуха в мегаполисах, однако оценить изолированно их долю в общем загрязнении только на основании экспериментальных данных по измерению результирующей концентрации вредных выбросов затруднительно. В то же время предложенное обоснование раздельной оценки атрибутивных рисков для населения различных источников загрязнения позволяет получить такую оценку расчетным путем при условии учета выявленных ключевых факторов, влияющих на рассеивание выбросов в условиях мегаполиса.

Чтобы отразить основные значимые факторы, влияющие на пространственное распределение концентраций примесей, необходимо сократить расчетный интервал по времени с последующим осреднением полученных расчетных данных с учетом временного сдвига атрибутивных рисков. В то же время следует подчеркнуть, что предложенные авторами подходы к пространственному и временному осреднению соответствующих атрибутивных рисков для различных групп населения, проживающих в мегаполисе, равно применимы для обработки как расчетных, так и опытных данных по концентрациям загрязнителей воздуха.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2016 году» / под ред. А.О. Кульбачевского. М.: ДПиООС; НИиПИ ИГСП, 2017. 363 с.

- [2] Федеральная служба государственной статистики по г. Москве. [Электронный ресурс]. URL: moscow.gks.ru (дата обращения: 25.12.2017).
- [3] Портал Единой межведомственной информационно-статистической системы [Электронный ресурс]. URL: www.fedstat.ru (дата обращения: 25.12.2017).
- [4] Федеральный закон от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ (ред. от 18.04.2018 г.) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Ст. 1. Основные понятия [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_22481/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/) (дата обращения: 25.12.2017).
- [5] Ревич Б.А. К оценке влияния деятельности ТЭК на качество окружающей среды и здоровье населения // Проблемы прогнозирования. 2010. С. 87–99 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-otsenke-vliyaniya-deyatelnosti-tek-na-kachestvo-okruzhayushchey-sredy-i-zdorovie-naseleniya> (дата обращения: 25.12.2017).

© Силаева П.Ю. Силаев А.В., 2018

#### История статьи:

Дата поступления в редакцию: 26.12.2017

Дата принятия к печати: 15.01.2018

#### Для цитирования:

Силаева П.Ю., Силаев А.В. Особенности рассеивания выбросов диоксида азота предприятиями энергокомплекса и их влияние на население мегаполисов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 63–72. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-63-72

#### Сведения об авторах:

Силаева Полина Юрьевна — старший преподаватель кафедры прикладной экологии экологического факультета Российского университета дружбы народов, аспирантка экологического факультета Российского университета дружбы народов. E-mail: silaeva-polina@gmail.com

Силаев Алексей Валерьевич — заместитель гендиректора ООО «Эффективные технологические решения». E-mail: silaev-aleksei@mail.ru

## PECULIARITIES OF DISPERSION OF NITROGEN DIOXIDE EMISSIONS BY THE ENERGY COMPLEX ENTERPRISES AND THEIR IMPACT ON THE POPULATION OF MEGAPOLISES

P.Yu. Silaeva<sup>1</sup>, A.V. Silaev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Peoples' Friendship University of Russia  
6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russian Federation

<sup>2</sup> LLC "Effective Technological Solutions"  
4-ya Magistral'naya str., d. 5 page 2 of. 2, Moscow, 123007, Russian Federation

The article compares the impact of vehicles and stationary sources on the health of the population in large cities. The main features of megacities are considered, which significantly increase the degree of emissions influence from the heat power complex on human health. The question of underestimation of the pollutants' influence from stationary sources in conditions of large cities is raised.

**Key words:** air pollution, heat power complex, motor transport, megapolis

## REFERENCES

- [1] Report “On the state of the environment in the city of Moscow in 2016” edited by A.O. Kulbachevsky. M.: Department for Environmental Management And Protection; Institute of urban planning and system design, 2017. 363 p.
- [2] Electronic source: Federal state statistics service for Moscow. Mode of access: moscow.gks.ru (Date of access: 25.12.2017).
- [3] Electronic source: portal of the Unified interdepartmental information and statistical system. Mode of access: www.fedstat.ru (Date of access: 25.12.2017).
- [4] The Federal law from 30.03.1999 № 52-FZ (as amended on 18.04.2018) “On the sanitary-epidemiological welfare of population” Article 1. Basic concept. Electronic source. Mode of access: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_22481/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/) (Date accessed: 25.12.2017).
- [5] Revich B.A. to the assessment of the impact of fuel and energy activities on the quality of the environment and public health. Problems of forecasting. 2010 p. 87–99. Electronic source. Mode of access: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-otsenke-vliyaniya-deyatelnosti-tek-na-kachestvo-okruzhayushey-sredy-i-zdorovie-naseleniya> (Date of access: 25.12.2017).

### Article history:

Received: 26.12.2016

Revised: 15.01.2018

### For citation:

Silaeva P.Yu., Silaev A.V. (2018) Peculiarities of dispersion of nitrogen oxide emissions by the energy complex enterprises and their impact on the population of megapolises. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 63–72. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-63-72

### Bio Note:

*Silaeva Polina* — senior lecturer, Department of Applied ecology, faculty of Ecology, RUDN, post-graduate student, faculty of Ecology, RUDN. E-mail: [silaeva-polina@gmail.com](mailto:silaeva-polina@gmail.com)

*Silaev Alexey Valeryevich* — Deputy General Director of LLC “Effective Technological Solutions”. E-mail: [silaev-aleksei@mail.ru](mailto:silaev-aleksei@mail.ru)





DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-73-81

УДК 614.841.3: 614.833

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ ПОЖАРАХ В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ (НА ПРИМЕРЕ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА)

Т.В. Ващалова<sup>1</sup>, В.В. Гармышев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
*Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, 1*

<sup>2</sup> Иркутский национальный исследовательский университет  
*Российская Федерация, 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83*

На основе обобщения многолетней статистики впервые выполнена количественная оценка загрязнения атмосферы в результате пожаров в жилом секторе регионов Сибирского федерального округа. Натурными наблюдениями установлены: набор экотоксикантов, их среднегодовые объемы, общий объем загрязнения и потерь атмосферного кислорода при пожарах.

**Ключевые слова:** пожары в жилом секторе, загрязнение атмосферы, экотоксиканты

### ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение атмосферы — один из основных и важнейших способов неблагоприятных и опасных воздействий процессов, происходящих в техносфере, на окружающую природную среду и здоровье населения. Согласно действующим руководящим документам его оценка выполняется на основе сведений об аварийных и штатных выбросах крупных стационарных источников загрязнения и в местах скоплений передвижных.

Включение в нормативные документы рекомендаций по учету воздействий от передвижных источников опирается на признание значимости вклада в суммарное загрязнение атмосферы не только единичных крупных источников, но и большого количества мелких. С учетом этого тезиса представляется важным оценить вклад в загрязнение атмосферы еще одного типа массовых мелких источников — техносферных пожаров.

Обобщение статистических данных Государственной противопожарной службы [1] свидетельствует, что на протяжении последнего десятилетия суммарное число техносферных пожаров в среднем по стране снижалось от 220 тыс. до 140 тыс. случаев. Однако реальное сокращение количества пожаров, скорее всего, меньше, поскольку за этот период менялись критерии отнесения события к «пожару».

Среди всех локализаций техносферных пожаров особое значение имеют пожары в жилом секторе, на долю которых ежегодно в среднем по стране приходится до 69,5% от всех пожаров, 62% ущерба и 85% гибели и травмирования лю-

дей. Жилой сектор фактически является определяющим в динамике частоты пожаров, при этом пожары превратились в значимые факторы не только экономического, социального, но и экологического риска. Возрастающая значимость последнего связана с тем, что в последние 15—20 лет в нашей стране при строительстве, реконструкции и эксплуатации жилых зданий применяются во все возрастающих количествах полимерные и другие синтетические материалы.

Они, а также традиционные строительные, отделочные и другие материалы в процессе горения обеспечивают образование соединений, концентрации которых при залповых выбросах оказываются для людей и окружающей среды опасными и даже смертельными. Среди самых распространенных — оксиды и диоксиды углерода, серы, азота; хлористый водород, углеводороды различных классов, спирты, альдегиды, бензол и его гомологи, полиароматические соединения. К наиболее опасным следует отнести соли и оксиды тяжелых металлов, бенз(а)пирен, диоксины [2].

Сибирский федеральный округ (СФО) — это территория высокой частоты техносферных пожаров. В абсолютном выражении он занимает третье место в РФ (17,3% всех пожаров в среднем за 2011—2015 гг.), уступая Центральному и Приволжскому, а на душу населения — второе, уступая лидерство Дальневосточному [1].

Пожары в жилом секторе СФО составляют 65—77% всех пожаров при среднем по стране значении 69,5%. Тройку лидеров образуют Алтайский край (77,2%), Красноярский край и Кемеровская область (по 72,9%). Меньше всего жилья горит в Республике Тува (65,1%), Иркутской (69,8%) и Новосибирской (69,5%) областях [1].

Непредсказуемый характер места и времени возникновения подобных пожаров не позволяет применить к ним ни одну из ныне действующих методик оценки характера и величины неблагоприятных экологических воздействий.

Целью настоящей публикации является ознакомление заинтересованных коллег с результатами оценки вклада техносферных пожаров в загрязнение атмосферы на региональном уровне, основанной на натуральных исследованиях, анализе специальной литературы и статистики пожаров и их последствий в жилом секторе Сибирского федерального округа за 2003—2015 гг.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Основы методики оценки загрязнения атмосферы при техносферных пожарах были заложены Л.К. Исаевой в серии исследований, выполненных в 1990-е гг. [2—4]. Базовым принципом такой оценки был назван сопряженный учет частоты и величины экологически значимых нагрузок характерных для пожаров на объектах определенного типа. Выбросы загрязнителей в атмосферу рассматривались как аварийные, залповые, а оценка количества экотоксикантов выполнялась расчетным путем на основе данных о количественных и качественных характеристиках сгоревших материалов, условиях горения и коэффициенте недожога (т.е. доли горючих веществ, не участвовавших и не сгоревших в процессе горения).

Оценочным результатам, изложенным в настоящем исследовании, предшествовали многолетние натурные и экспериментальные работы В.В. Гармышева

по уточнению состава и количества: а) материалов, сгорающих при пожарах в жилом секторе; б) состава и количества образующихся при пожаре экотоксикантов [5; 6]. Авторская база составляет более 200 случаев реальных пожаров.

В обобщенном виде результаты предваряющих исследований методического характера (табл. 1) послужили основой для последующих расчетов различных характеристик экологических нагрузок в СФО в целом и по регионам.

Таблица 1

**Характеристика материалов, сгоревших при пожарах в жилом секторе СФО**

Основные группы сгоревших материалов	Масса сгоревших материалов, т/год
1. Конструкционные и отделочные материалы из древесины или на ее основе, древесное топливо	142803,6
2. Отделочные материалы и бытовые предметы из натуральных материалов (хлопок, шерсть, дерево, целлюлоза), сельхозпродукция	13569,4
3. Различные синтетические материалы, созданные на основе переработки полициклических ароматических углеводородов	11557
4. Первичные (каменный уголь) и вторичные (нефтепродукты) энергоносители	65,8
5. Иные изделия и материалы сложного состава	67,2
Всего	168 063

Table 1

**Characteristics of the materials burnt in fires in the residential sector of the SFD  
(average over 2003–2015)**

The main groups of the burned materials	The mass of the burned materials, t/year
1. Construction and finishing materials from wood or on its basis, wood fuel	142803,6
2. Finishing materials and household items made of natural materials (cotton, wool, wood, cellulose), agricultural products	13569,4
3. Various synthetic materials based on the processing of polycyclic aromatic hydrocarbons	11557
4. Primary (coal) and secondary (oil products) energy	65,8
5. Other products and materials of complex composition	67,2
In total	168 063

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

С учетом состава и массы сгоревших материалов (см. табл. 1) и работ [3–5; 7; 8] были определены осредненные удельные выбросы продуктов горения и рассчитаны массы экотоксикантов, выделяемых в атмосферу при пожарах жилым секторе СФО (табл. 2).

Удельные выбросы для разных групп и отдельных веществ изменяются от  $10^{-1}$  до  $10^{-9}$  т на тонну сгоревшего материала. Среди ведущих: диоксид углерода ( $1,8 \cdot 10^{-1}$ ), диоксид кремния ( $4 \cdot 10^{-2}$ ), аморфный углерод ( $1,8 \cdot 10^{-2}$ ). В группе неорганических элементов и соединений удельные выбросы более 1 кг/т характерны для оксидов углерода и азота. Среди органических соединений наибольшие удельные выбросы демонстрируют ацетон и ацетальдегид (2,3/1,4 кг/т). Наимень-

шие удельные выбросы при сгорании пожарной нагрузки жилого сектора (менее  $10^{-6}$  т/т) среди всех, указанных в таблице 2 групп веществ, определены у диоксида серы, пятиоксида ванадия, фосгена, хлора, бутилена и бенз(а)пирена.

Таблица 2

**Состав и масса выбросов, поступающих в атмосферу при пожарах на объектах жилого сектора в СФО**

Группы соединений		Масса выброса, т/год	Итого выбросов, %
Неорганические элементы и соединения	Оксиды (CO; CO <sub>2</sub> ; NO; NO <sub>2</sub> ; SO; SO <sub>2</sub> ; V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; SiO <sub>2</sub> )	41118,3	94,3
	Элементы и не окисные соединения (C; Cl <sub>2</sub> ; HCl; HCN; H <sub>2</sub> S; NH <sub>3</sub> ; COCl <sub>2</sub> )	1547,9	3,5
Альдегиды и кетоны (ацетон, ацетальдегид, акролеин, формальдегид)		692,2	1,6
Спирты и фенол (аллиловый спирт, пропанол, фенол)		34,6	0,1
Кислоты органические (уксусная кислота)		1,2	0,00
Алкены и <i>алкины</i> (пропилен, винилхлорид, бутилен, толуилендиизоцианат, ксилол, креозол, бенз(а)пирен, <i>ацетилен</i> )		140,8	0,3
Бензольные и <i>небензольные</i> циклические ароматические углеводороды (бензол, нафталин, стирол, толуол, <i>пиридин</i> )		89,6	0,2
Всего		43624,6	100

Table 2

**Composition and mass of emissions released into the atmosphere during the fires in the residential sector in the SFD**

Group of compounds		Mass emission, t/year	%% of total emissions
Inorganic elements and compounds	Oxides (CO; CO <sub>2</sub> ; NO; NO <sub>2</sub> ; SO; SO <sub>2</sub> ; V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; SiO <sub>2</sub> )	41118,3	94,3
	Elements and non-oxide compounds (C; Cl <sub>2</sub> ; HCl; HCN; H <sub>2</sub> S; NH <sub>3</sub> ; COCl <sub>2</sub> )	1547,9	3,5
Aldehydes and ketones (acetone, acetaldehyde, acrolein, formaldehyde)		692,2	1,6
Alcohol and phenol (allyl alcohol, propanol, phenol)		34,6	0,1
Organic acids (acetic acid)		1,2	0,00
Alkenes and <i>alkynes</i> (propylene, vinyl chloride, butylene, toluene diisocyanate, xylene, cresol, Benz (a)pyrene, <i>acetylene</i> )		140,8	0,3
Benzene and <i>non-benzene</i> cyclic aromatic hydrocarbons (benzene, naphthalene, styrene, toluene, <i>pyridine</i> )		89,6	0,2
In total		43624,6	100

Таким образом, среднегодовая масса выбросов в атмосферу от пожаров в жилом секторе СФО — 43,6 тыс. т различных экотоксикантов, более 97% которых составляют неорганические элементы и соединения разного агрегатного состояния. Это составляет 0,7% среднегодовой массы выбросов от стационарных источников в регионе [9] и укладывается в интервал оценок долевого вклада техногенных пожаров в загрязнение атмосферы в разных регионах страны [4. С. 20].

Процесс горения любого вещества, материала сопровождается потреблением значительных объемов воздуха, в котором содержится 20,95% кислорода. На основе ранее представленных данных (см. табл. 1) и с учетом сведений, изложенных в работе [10], выполнена количественная (массовая) оценка убыли атмосферного кислорода в результате пожаров в жилых зданиях. Для СФО в целом в среднем за год она составляет более 570 (573,6) тыс. т/год.

Имеющийся в распоряжении авторов фактический материал позволяет охарактеризовать пространственную динамику воздействий на атмосферу пожаров в жилом секторе СФО (табл. 3).

Таблица 3

**Распределение по сезонам года и вклад регионов СФО в загрязнение атмосферы и поглощение кислорода при пожарах в жилом секторе**  
[Table 3. **Distribution by seasons and the contribution of the regions of the SFD to the pollution of the atmosphere and the absorption of oxygen in fires in the residential sector**]

Регионы [Regions]	Масса выбросов [Mass emission]		Поглощенный O <sub>2</sub> , % суммы по СФО [Absorbed O <sub>2</sub> (% of total absorptions)]	Распределение выбросов по сезонам года, % от суммы по региону [Distribution of emissions by seasons (% of total by region)]			
	т/год [t/year]	% суммы по СФО [% of total emissions]		Зима [winter]	Весна [spring]	Лето [summer]	Осень [autumn]
Респ. Алтай [The Republic of Altai]	757,5	1,7	0,6	34,9	25,4	13,6	26,1
Респ. Бурятия [The Republic of Buryatia]	1726,6	4	1,5	36,9	23	12	26
Респ. Тыва [The Republic of Tuva]	990,3	2,3	0,8	40	20	13	27
Респ. Хакасия [The Republic of Khakassia]	2471	5,7	2,2	41	25	12	22
Алтайский край [The Altai Krai]	5627,9	12,9	14,3	38	26	12,5	23,5
Забайкальский край [The Zabaykalsky Krai]	2884	6,6	7,1	45	17,3	11,2	26,5
Красноярский край [Krasnoyarski Krai]	6621,3	15,2	16,9	37	27	8	28
Иркутская обл. [Irkutsk oblast]	6307,1	14,5	15,8	35	22,6	13,8	28,6
Кемеровская обл. [Kemerovo oblast]	4818,9	11	12,2	35	26	13,7	25,3
Новосибирская обл. [Novosibirsk oblast]	5271,2	12,1	13,4	34	25,6	13,4	27
Омская обл. [Omsk oblast]	4215,3	9,7	10,6	33	24	16	27
Томская обл. [Tomsk oblast]	1933,5	4,4	4,6	36	27	6,9	30,1

Понятие «жилой сектор» в пожарной статистике включает в себя не только жилые здания государственного и муниципального назначения, частные дома, юрты, общежития квартирного типа с помещениями для постоянного проживания

ния, но и места временного размещения (кроме гостиниц). К таковым относятся: общежития учебных заведений, садовые дома и вагончики, а также различные хозяйственные постройки (гаражи, бани, беседки, террасы, веранды и др.). Расчеты показывают, что на объекты, функционально связанные с местами временного проживания людей, в СФО происходит около 20—25% пожаров жилого сектора.

Внутригодовое распределение частоты пожаров сходно во всех его регионах. Максимум отмечается в самое холодное время года (декабрь-февраль). Средне-многолетнее количество для округа в целом — более 7900 пожаров. Минимум — летом (несколько более 3000 случаев). Количество осенних и весенних пожаров сопоставимо (5900—5700 случаев).

Частота пожаров в отдельные сезоны года имеет особое значение для части Сибирского а также Дальневосточного федеральных округов. Потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА), определяющийся сочетанием приземных температурных инверсий, слабых ветров, осадков и туманов, согласно работе [11], на большей части рассматриваемых регионов относится к высокому и очень высокому. Это означает, что при количестве выбросов, равном с другими регионами, длительность сохранения неблагоприятной или опасной экологической ситуации может увеличиваться на многие проценты и даже в разы.

Среди регионов Сибирского ФО наиболее уязвимыми по этому показателю являются республики Алтай, Тува, Бурятия, Забайкальский край и Иркутская область. В наилучшем положении находятся Омская, Томская, Новосибирская области и часть Алтайского края. Годовой ход величины ПЗА для наиболее уязвимых районов практически полностью повторяет кривую сезонной динамики частоты пожаров. Возможности рассеяния загрязнений от минимума к максимуму изменяются почти в 2 раза [11].

## ВЫВОДЫ

1. Полученные результаты позволяют заключить, что залповые валовые выбросы в атмосферу экотоксикантов, образующихся при пожарах в жилом секторе СФО, ежегодно вносят дополнительный вклад в загрязнение атмосферы в среднем до 43,6 тыс. т. Во время этих пожаров уничтожается до 573,6 тыс. т кислорода. Представленные результаты исследований служат одной из первых объективных оценок вклада пожаров в жилье в загрязнение атмосферы.

2. Отсутствие исчерпывающих данных о составе продуктов горения есть одна из причин, которая делает оценку экологических последствий пожаров приближенной. Однако полученный результат заслуживает внимания, поскольку дает объективные ориентиры для выработки оптимальных мер по снижению экологических нагрузок.

3. Представляется актуальным проведение подобных работ для техносферных пожаров на объектах иного типа, а также для природных пожаров, где состав продуктов горения будет иным как качественно, так и количественно. Это позволит доработать методику и рассчитать общий вклад пожаров в загрязнение атмосферы.

5. В настоящее время назрела необходимость в составлении реестра массовых мелких источников загрязнения атмосферы и объективной оценки их вклада. Он, скорее всего, невелик, но будет заметно меняться в пространстве, что вызывает интерес в первую очередь для регионального мониторинга и планирования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Пожары и пожарная безопасность. Статистические сборники. М.: ФГУ ВНИИПО, 2005—2015.
- [2] *Исаева Л.К., Серков Б.Б.* Экологические последствия загрязнения воздуха при пожарах в жилых зданиях / Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. М.: ВИНТИ, 1992. № 2. С. 39—49.
- [3] *Исаева Л.К.* Эколого-экономическая оценка загрязнения окружающей среды при пожарах и авариях. М.: Деп. ВИНТИ № 1718-В98, 1998. 63 с.
- [4] *Исаева Л.К.* Экологические последствия пожаров: дисс. в виде научного доклада ... д-ра техн. наук. М., 2001. 108 с.
- [5] *Гармышев В.В., Хисматулин С.Р., Тимофеева С.С.* Загрязнение атмосферы от пожаров в городских муниципальных образованиях Сибирского федерального округа // Вестник ИрГТУ. 2013. № 13 (74). С. 48—53.
- [6] *Тимофеева С.С., Гармышев В.В., Хисматулин С.Р.* Оценка пожарной и экологической опасности современного жилья городских агломераций Сибирского федерального округа // Вестник ИрГТУ. 2010. № 7 (47). С. 52—56.
- [7] *Брушлинский Н.Н., Исаева Л.К., Маринов С.И.* [и др.]. Эколого-экономические аспекты неуправляемых процессов горения на примере пожаров в зданиях. М.: ВИПТШ, 1998. 12 с.
- [8] *Баратов А.Н.* Пожарная опасность строительных материалов. М.: Стройиздат, 1998. 380 с.
- [9] Регионы России. Социально-экономические показатели. М.: Росстат, 2006—2016.
- [10] *Абдурагимов И.М., Андросов А.С., Исаева Л.К.* [и др.]. Процессы горения. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1984. 268 с.
- [11] Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Л.: Гидрометеоздат, 1983. С. 77.

© Ващалова Т.В., Гармышев В.В., 2018

#### История статьи:

Дата поступления в редакцию: 13.10.2017

Дата принятия к печати: 20.12.2017

#### Для цитирования:

*Ващалова Т.В., Гармышев В.В.* Загрязнение атмосферы при пожарах в жилом секторе (на примере Сибирского федерального округа) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 73—81. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-73-81

#### Сведения об авторах:

*Ващалова Татьяна Владимировна* — кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, географический факультет. E-mail: vtv\_53@mail.ru

*Гармышев Владимир Викторович* — кандидат технических наук, докторант Иркутского национального исследовательского технического университета. E-mail: diamant1959@mail.ru

## **POLLUTION OF THE ATMOSPHERE FROM FIRES IN THE RESIDENTIAL SECTOR (BY EXAMPLE OF SIBERIAN FEDERAL DISTRICT)**

**T.V. Vashchalova<sup>1</sup>, V.V. Garmyshev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University. Faculty of Geography  
1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation

<sup>2</sup> National research Irkutsk state University  
83, Lermontov str., Irkutsk, 664074, Russian Federation

On the basis of summarizing many years of statistics performed a quantitative evaluation of atmospheric pollution as a result of fires in the residential sector of the Siberian Federal district regions. Field observations established: a set of toxicants, and their average amounts, the total amount of pollution and loss of atmospheric oxygen at fire.

**Key words:** fires in the residential sector, pollution of the atmosphere, ecotoxicants

### **REFERENCES**

- [1] Fires and fire safety. Statistical compilations. Moscow: VNIPO, 2005—2013.
- [2] Isaeva L.K., Serkov B.B. Environmental impacts of air pollution from fires in residential buildings. *Problems of safety in emergency situations*. Moscow: VINITI, 1992. № 2. P. 39—49.
- [3] Isaeva L.K. Ecological-economic assessment of environmental pollution in case of fires and accidents. Moscow: Dep. in VINITI № 1718-B98, 1998. 63 p.
- [4] Isaeva L.K. The environmental consequences of fires. Diss. acad. degr. DTS in form of the scientific report. Moscow: Academia GPS MVD RF, 2001. 108 p.
- [5] Garmyshev V.V., Hismatulin S.R., Timofeeva S.S. Air pollution from fires in urban municipal unites of the Siberian Federal district. *Vestnik IrGTU*. 2013. № 13 (74). P. 48—53.
- [6] Timofeeva S.S., Garmyshev V.V., Hismatulin S.R. et al. Social, economic and environmental consequences of fires in the municipal centers of the Siberian Federal district: analysis, evaluation, forecast. Irkutsk: Asprint, 2010. 169 p.
- [7] Brushlinsky N.N., Isaeva L.K., Marinov S.I. et al. Ecological and economic aspects of uncontrolled combustion processes, for example fires in buildings. Moscow: VIPTSh, 1998. 12 p.
- [8] Baratov A.N. Fire hazard of building materials. Moscow: Stroyisdat, 1998. 380.
- [9] The Regions of Russia. Socio-economic indicators. M.: Rosstat, 2006—2016.
- [10] Abduragimov I.M., Androssov A.S., Isaeva L.K. et al. The process of burning. Moscow: VIPTSh MVD SU, 1984. 268 p.
- [11] Climatic characteristics of conditions of distribution of pollutants in the atmosphere. Leningrad: Gidrometisdat, 1983. P. 77.

### **Article history:**

Received: 13.10.2017

Revised: 20.12.2017

### **For citation:**

Vashchalova T.V., Garmyshev V.V. (2018) Pollution of the atmosphere from fires in the residential sector (by example of Siberian Federal district). *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 73—81. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-73-81



**Bio Note:**

*Vashchalova Tatiana Vladimirovna* — candidate of geographical Sciences, associate Professor, senior researcher. Lomonosov State University, faculty of geography. E-mail: vtv\_53@mail.ru

*Garmyshev Vladimir Viktorovich* — candidate of technical Sciences, doctoral student, Irkutsk National Research Technical University. E-mail: diamant1959@mail.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-82-90

УДК 57.044

## ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ В КЛЕТКАХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

А.С. Петухов, Н.А. Хритохин, Г.А. Петухова

Тюменский государственный университет  
Российская Федерация, 625003, Тюмень, ул. Переконская, 15а

В настоящее время остро стоит проблема загрязнения окружающей среды. Накопление тяжелых металлов растениями приводит к биохимическим нарушениям в клетках. Удобным показателем для оценки степени повреждения клеток растений на биохимическом уровне является содержание продуктов перекисного окисления липидов. Целью работы было исследование содержания диеновых конъюгатов и оснований Шиффа в растениях разных видов, произрастающих в городской среде. Исследования проводили на мятлике луговом (*Poa pratensis*), клевере красном (*Trifolium rubens*), мышином горошке (*Vicia cracca*), ромашке (*Matricaria chamomilla*), мать-и-мачехе (*Tussilago farfara*) и овсе посевном (*Avena sativa*). Растения были отобраны в районе автотрассы, а также в районах металлургического, моторостроительного, нефтеперерабатывающего и аккумуляторного заводов. Было обнаружено, что реакция повреждения клеточных мембран растений в условиях городской среды была видоспецифичной: для ромашки, мышиного горошка и мятлика лугового наблюдалось накопление продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ). В клетках клевера красного и мать-и-мачехи содержание диеновых конъюгатов и оснований Шиффа было снижено. Наибольшее влияние на процесс перекисного окисления липидов оказывает загрязнение от металлургического завода, в меньшей степени воздействует нефтеперерабатывающий, моторостроительный и аккумуляторный заводы. Таким образом, показана видоспецифическая реакция растений при исследовании продуктов перекисного окисления липидов, зависящая от источника загрязнения и расстояния от него.

**Ключевые слова:** перекисное окисление липидов, загрязнение окружающей среды, тяжелые металлы, мятлик луговой, клевер красный, мать-и-мачеха, ромашка, мышиный горошек, овес посевной

### ВВЕДЕНИЕ

В связи с ростом антропогенной нагрузки на окружающую среду актуально становится изучение воздействия факторов среды на живые организмы, в частности на растения. Одним из наиболее распространенных и опасных факторов загрязнения среды являются тяжелые металлы (ТМ) [1; 2]. Известно [3], что ТМ способны накапливаться в растительных тканях в больших количествах, пагубно действовать на рост и развитие растения, фотосинтез, дыхание, водный обмен растений и другие физиологические процессы. Опасность тяжелых металлов усугубляется их способностью передаваться по трофическим цепям в нарастающих количествах [4]. Исследование механизмов воздействия тяжелых метал-

лов и ответных реакций растений на биохимическом уровне представляет большой интерес.

Одним из наиболее важных биохимических процессов повреждения клеток, проходящего с участием тяжелых металлов, служит ПОЛ. Оно провоцируется избыточным количеством активных форм кислорода (АФК) — супероксидного анион радикала ( $O_2^*$ ), синглетной формы кислорода ( $O_2$ ), гидроксильного радикала ( $OH^*$ ), перекиси водорода ( $H_2O_2$ ) или свободными радикалами [5]. Основные генераторы АФК — хлоропласты и митохондрии, а также пероксисомы. Основные причины возникновения окислительного стресса в клетках растений в присутствии тяжелых металлов состоят в ингибирующем действии их ионов на скорость электронного транспорта на мембранах хлоропластов и митохондрий, а также подавление активности антиоксидантов ферментной и неферментной природы [6]. Первичные продукты перекисного окисления липидов — диеновые конъюгаты, а конечные — основания Шиффа. Основная опасность процессов ПОЛ для растений заключается в возможности полной утраты мембранами клеток барьерной функции [7].

Соотношение прооксидантных и антиоксидантных процессов в клетках растений, варьируемое в зависимости от условий среды, будет условием нормального функционирования организма, и, в конечном счете, его выживания в окружающей среде [8]. В связи с этим, изучение процессов ПОЛ — актуальная научная задача. Целью работы было исследование содержания продуктов перекисного окисления липидов в растениях разных видов, произрастающих в городской среде.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал для исследования был отобран в период с 21.07.2017 по 5.08.2017 гг. в районе города Тюмени на следующих участках:

- 1) контроль — луг на удалении 5 км от антропогенных источников;
- 2) УГМК — г. Тюмень, участок на удалении 200 м от предприятия «УГМК-Сталь» вблизи автотрассы;
- 3) УГМК 2 — г. Тюмень, участок на удалении 50 м от предприятия «УГМК-Сталь»;
- 4) Моторостроители — г. Тюмень, участок на удалении 200 м от предприятия «Тюменские Моторостроители»;
- 5) НПЗ — г. Тюмень, участок на удалении 200 м от предприятия Антипинского нефтеперерабатывающего завода;
- 6) район Аккумуляторного завода, г. Тюмень, участок на удалении 200 м от предприятия;
- 7) автотрасса Тюмень — Омск — район п. Винзили, 30 км от г. Тюмени, удаление от автотрассы не более 30 м;
- 8) автотрасса Ирбитский тракт — район с. Каменка, 30 км от г. Тюмени, удаление от автотрассы не более 5 м;
- 9) автотрасса Ирбитский тракт — район с. Каменка, 30 км от г. Тюмени, удаление от автотрассы не менее 500 м.

Была срезана надземная часть растений с 5 площадок на каждом участке. На участках 1–5, 7 были отобраны 5 видов растений: мятлик луговой (*Poa pratensis*),

клевер красный (*Trifolium rubens*), мышиный горошек (*Vicia cracca*), ромашка (*Matricaria chamomilla*), мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*). На участке 6 ромашка не была обнаружена. На участках 8 и 9 был отобран овес посевной (*Avena sativa*). Выбор растений был обусловлен широким распространением данных видов в районах исследования. Кроме того, из литературы известна чувствительность мать-и-мачехи на биохимическом уровне к экологическим условиям [9]. Растения были высушены, а затем проведен анализ содержания в них диеновых конъюгатов и оснований Шиффа спектральным анализом спиртовых экстрактов. Поглощение диеновых конъюгатов измерялось на длине волны  $\lambda = 233$  нм, а оснований Шиффа на  $\lambda = 365$  нм [10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Продукты перекисного окисления липидов являются индикатором биохимического повреждения клеток и стрессуемости организма. В проведенном эксперименте было выявлено, что наиболее сильному повреждению в условиях городской среды подвергаются клетки ромашки: содержание оснований Шиффа и диеновых конъюгатов на всех участках исследования было увеличено по сравнению с контролем, как минимум, на 40–60% (рис. 1).

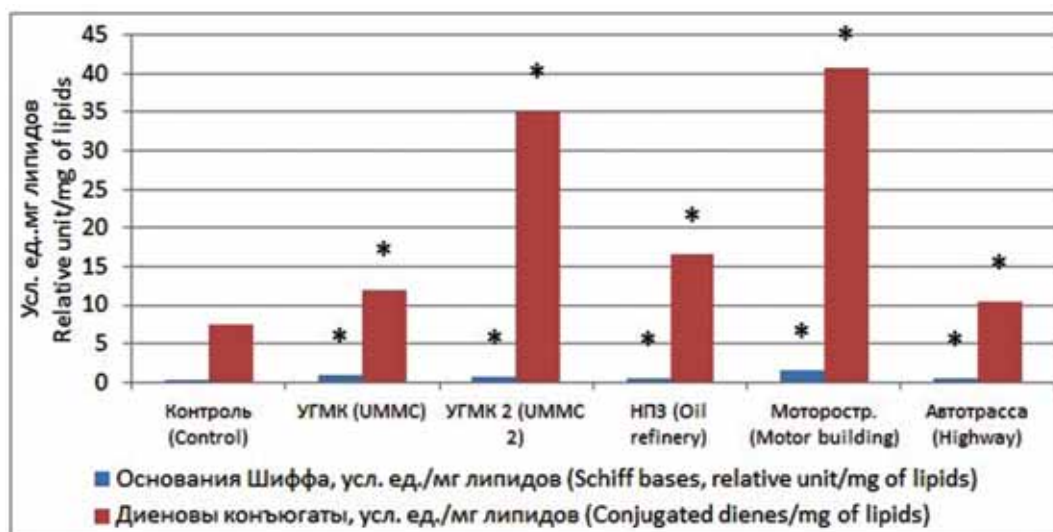


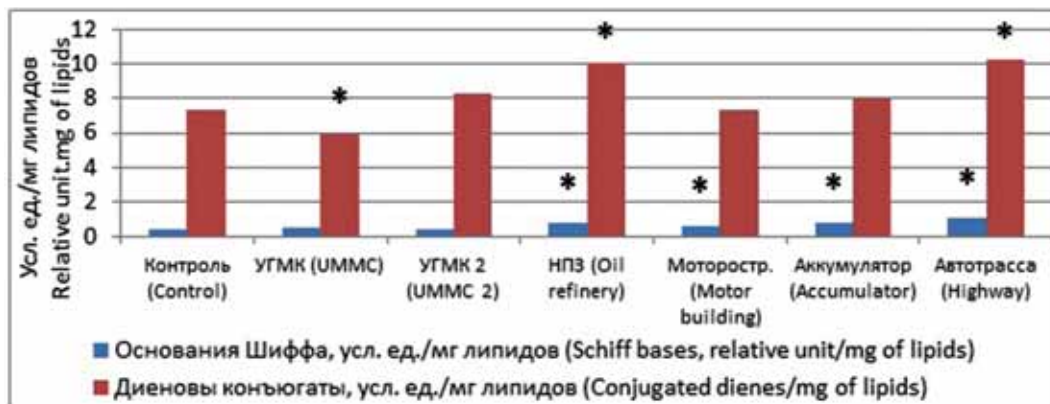
Рис. 1. Содержание продуктов перекисного окисления липидов в клетках ромашки из районов исследования

[Fig. 1. Concentration of lipid peroxidation products in the cells of chamomile from researched areas]

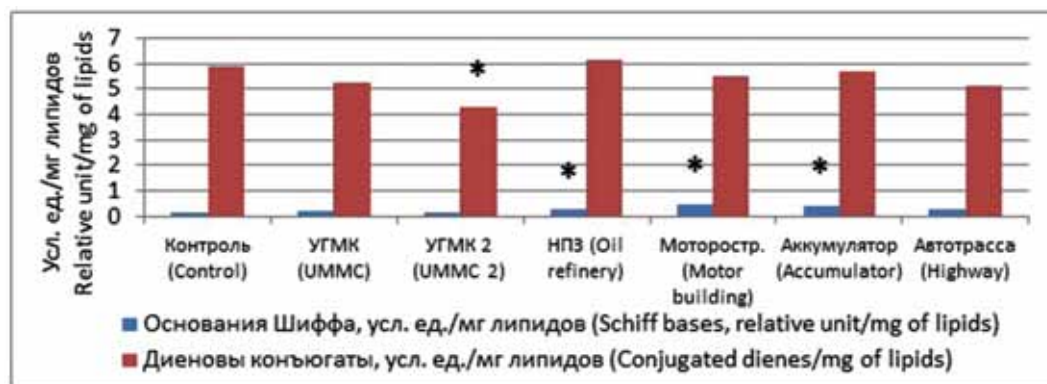
\* Здесь и далее статистически достоверные различия между контролем и вариантом опыта (при  $p \leq 0,05$ ).

Максимальный рост содержания продуктов перекисного окисления липидов был зафиксирован на участках УГМК 2 и Моторостроители: содержание диеновых конъюгатов было повышено в 4,8 и 5,5 раз соответственно. Полученные результаты свидетельствуют о высокой чувствительности процессов перекисного окисления, протекающих в ромашке к антропогенному загрязнению.

Кроме ромашки, увеличение содержания продуктов перекисного окисления липидов среди изученных растений было зарегистрировано в клетках мышиного горошка и мятлика лугового (рис. 2, 3). Содержание оснований Шиффа в клетках мышиного горошка было повышено по сравнению с контролем от 1,5 раз (участок Моторостроители) до 2,7 раз (участок автотрассы) (рис. 2). Содержание диеновых конъюгатов в растениях на участках НПЗ, Моторостроители, аккумуляторный завод и автотрасса было также увеличено на 40%. Однако на участках УГМК и УГМК 2 отличие содержания продуктов ПОЛ от контроля выявлено не было, а на участке УГМК содержание диеновых конъюгатов было снижено на 20%.



**Рис. 2.** Содержание продуктов перекисного окисления липидов в клетках мышиного горошка из районов исследования  
**[Fig. 2.** Concentration of lipid peroxidation products in the cells of wild vetch from researched areas]



**Рис. 3.** Содержание продуктов перекисного окисления липидов в клетках мятлика лугового из районов исследования  
**[Fig. 3.** Concentration of lipid peroxidation products in the cells of meadow grass from researched areas]

Содержание оснований Шиффа в клетках мятлика было увеличено на участках НПЗ, Моторостроители и аккумуляторный завод на 70–190% по сравнению с контролем (рис. 3). Содержание диеновых конъюгатов в большинстве случаев не отличалось от контрольного уровня, а на участке УГМК 2 было снижено почти

на 30%. Таким образом, ромашка, мышиный горошек и мятлик луговой подвергаются окислительному стрессу в условиях городской среды, причем величина повреждаемости убывает от ромашки к мятлику луговому.

Увеличение содержания продуктов ПОЛ в клетках ромашки, мышиного горошка и мятлика может связано с аккумуляцией в них тяжелых металлов, которые способны генерировать АФК по реакциям Фентона и Габера-Вейса, а также активировать фермент липоксигеназу [6]. Также ТМ способны связываться с сульфгидрильными, гидроксильными, карбоксильными группами белков и ингибировать функционирование антиоксидантных ферментов. Кроме того, известно, что нефтяное загрязнение, характерное для нефтеперерабатывающего завода, способно активировать процесс перекисного окисления путем ингибирования транспорта электронов в хлоропластах [11].

Другая картина наблюдалась при анализе содержания продуктов ПОЛ в клетках клевера красного и мать-и-мачехи. Содержание оснований Шиффа и диеновых конъюгатов в клетках клевера красного было снижено до 60 и 40% соответственно относительно контроля (рис. 4). В клетках мать-и-мачехи этот эффект был выражен еще сильнее: содержание оснований Шиффа и диеновых конъюгатов было снижено до 70 и 50% относительного контрольного уровня (рис. 5).

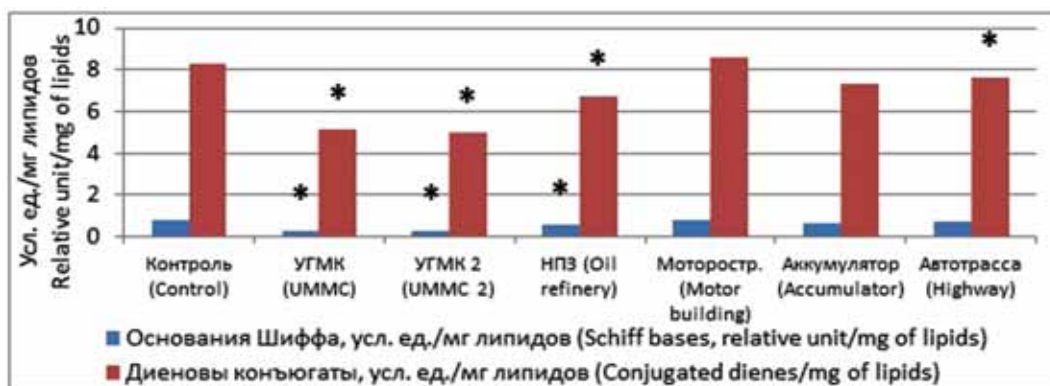
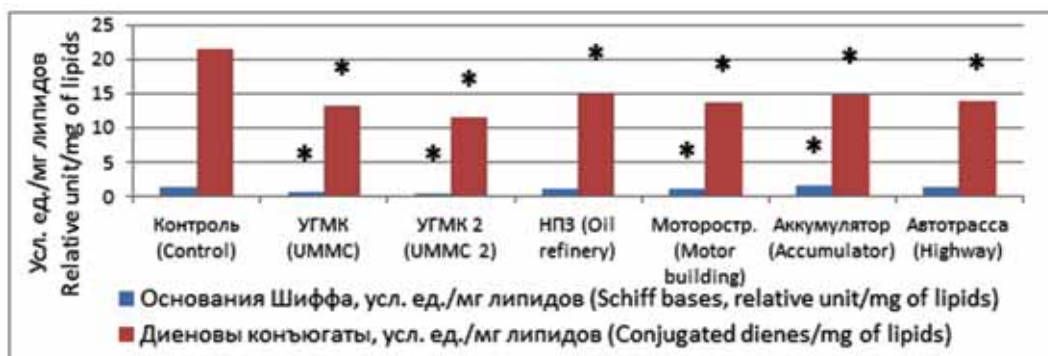


Рис. 4. Содержание продуктов перекисного окисления липидов в клетках клевера красного из районов исследования  
[Fig. 4. Concentration of lipid peroxidation products in the cells of red clover from researched areas]

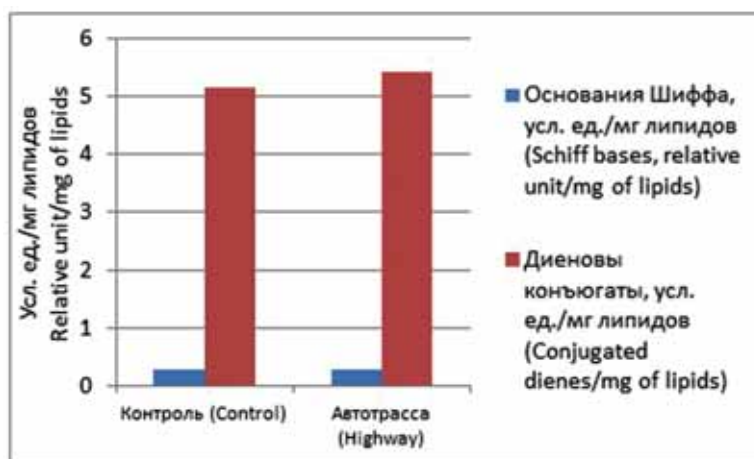
Полученный результат можно объяснить несколькими причинами. Возможно, в условиях стресса антиоксидантные системы клевера красного и мать-и-мачехи успешно активизируются и ликвидируют избыток активных форм кислорода. Растения, произрастающие в районах антропогенного загрязнения, могли выработать механизмы блокирования поступления токсикантов путем их хелатирования в клетках корня или компартментализации в цитоплазме. Кроме того, в изученных участках возможен отбор на генетическом уровне и выживание растений, наиболее приспособленных к данным условиям.

Таким образом, у изученных растений была выявлена видоспецифичность ответных реакций процессов перекисного окисления в условиях антропогенной среды. По степени аккумуляции продуктов ПОЛ растения можно расположить в ряд: ромашка > мышиный горошек > мятлик луговой > клевер красный >

мать-и-мачеха, при этом повышение содержания диеновых конъюгатов и оснований Шиффа относительно контроля было зарегистрировано только у ромашки, мышиного горошка и мятлика лугового. Содержание этих соединений в клетках клевера красного и мать-и-мачехи было ниже, чем в контроле.



**Рис. 5.** Содержание продуктов перекисного окисления липидов в клетках мать-и-мачехи из районов исследования  
**[Fig. 5.** Concentration of lipid peroxidation products in the cells of coltsfoot from researched areas]



**Рис. 6.** Содержание продуктов перекисного окисления липидов в клетках овса посевного из районов исследования  
**[Fig. 6.** Concentration of lipid peroxidation products in the cells of cultivated oat from researched areas]

Из-за видоспецифичности реакции растений на антропогенный стресс выделить среди изученных участков те, загрязнители в которых оказывали наибольшее влияние на процесс перекисного окисления, оказалось затруднительно. Так, к примеру, для ромашки такими участками были УГМК 2 и «Моторостроители», для мышиного горошка — НПЗ, аккумуляторный завод и автотрасса, а для мятлика лугового — «Моторостроители» и аккумуляторный завод. Тем не менее, возможно сделать обобщение, что чаще других участков наиболее сильное влияние оказывало предприятие металлургического завода УГМК (участки УГМК и УГМК 2),

причем как в сторону роста продуктов ПОЛ у ромашки и клевера красного, так и в сторону их снижения у мать-и-мачехи. Необходимо отметить, что действие загрязнителей с участка УГМК 2 (находившегося ближе к заводу) было всегда более выраженным, по сравнению с УГМК. Это можно было предполагать из-за большей вероятности накопления поллютантов в тканях растений вблизи завода.

Также во вторую очередь можно выделить нефтеперерабатывающий, аккумуляторный и моторостроительный заводы, степень влияния поллютантов которых в целом на растительность была приблизительно равна. В меньшей степени на процесс перекисного окисления влияло загрязнение автотрассы. Вероятно, что поскольку большинство промышленных предприятий, так или иначе, находятся в близости автотрасс, то изолированное действие автотрассы оказывается менее выраженным, чем действие комплекса загрязнителей из районов предприятие + автотрасса. Для овса посевного влияние автотрассы на содержание продуктов ПОЛ не было выявлено, содержание оснований Шиффа и диеновых конъюгатов было на уровне контроля (рис. 6).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, реакция повреждения клеточных мембран растений в условиях городской среды была видоспецифичной: для ромашки, мышиного горошка и мятлика лугового наблюдалось накопление продуктов ПОЛ в связи с пагубным действием поллютантов; клевер красный и мать-и-мачеха, вероятно, успешно адаптировались к условиям антропогенного загрязнения, что было зарегистрировано по уменьшенному содержанию диеновых конъюгатов и оснований Шиффа. Наибольшее влияние на процесс перекисного окисления липидов оказывает загрязнение от металлургического завода.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Markovnikova J., Barancikova G., Dlapa P., Dercova K.* Inorganic contaminants in soil ecosystems // *Chemicke listy*. 2006. Vol. 100. No. 6. P. 424—432.
- [2] *Моцик А., Пинский Д.Л.* Загрязняющие вещества в окружающей среде. Пушино-Братислава: PRIRODA, 1991. 187 с.
- [3] *Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В.* Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. 194 с.
- [4] *Башкин В.Н., Касимов Н.С.* Биогеохимия. М.: Научный мир, 2004.
- [5] *Владимиров Ю.А.* Свободнорадикальное окисление липидов и физические свойства липидного слоя биологических мембран // *Биофизика*. 1987. Т. 32. № 5. С. 830—844.
- [6] *Skorzynska-Polit E.* Lipid peroxidation on plant cells, its physiological role and changes under heavy metal stress // *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2007. № 74. P. 49—54.
- [7] *Чеснокова Н.П., Понукалина Е.В., Бизенкова М.Н.* Механизмы структурной и функциональной дезорганизации биосистем под влиянием свободных радикалов // *Фундаментальные исследования*. 2007. № 4. С. 110—121.
- [8] *Blokhina O., Virolainen E., Fagersted K.V.* Antioxidants, oxidative stress and oxygen deprivation stress: a review // *Annals of Botany*. 2001. № 91. P. 179—194.
- [9] *Фазлиева Э.Р., Киселева И.С.* Биохимические реакции растений *tussilago farfara* L. из природных местообитаний с разным уровнем техногенного загрязнения на избыток меди в среде // *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки*. 2011. № 3. С. 246—256.



- [10] Шведова А.А., Полянский Н.Б. Метод определения конечных продуктов перекисного окисления липидов в тканях — флуоресцирующих шиффовых оснований / под ред. Е.Б. Бураковой. Исследование синтетических и природных антиоксидантов *in vitro* и *in vivo*. М.: Наука, 1992. С. 72—73.
- [11] Осипова Е.С. Влияние нефтяного загрязнения на биохимические и морфофизиологические показатели растений: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2013. URL: <http://earthpapers.net/vliyanie-neftyanogo-zagryazneniya-na-biohimicheskie-i-morfofiziologicheskie-pokazateli-rasteniy/> (дата обращения: 23.01.2018).

© Петухов А.С., Хритохин Н.А., Петухова Г.А., 2018

#### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 23.01.2018

Дата принятия к печати: 30.01.2018

#### **Для цитирования:**

Петухов А.С., Хритохин Н.А., Петухова Г.А. Перекисное окисление липидов в клетках растений в условиях городской среды // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 82—90. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-82-90

#### **Сведения об авторах:**

Петухов Александр Сергеевич — студент Тюменского государственного университета. E-mail: revo251@mail.ru

Хритохин Николай Александрович — кандидат химических наук, доцент, профессор кафедры неорганической и физической химии Тюменского государственного университета. E-mail: kna@utmn.ru

Петухова Галина Александровна — доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры экологии и генетики Тюменского государственного университета. E-mail: gpetuhova1@mail.ru

## **LIPID PEROXIDATION IN PLANTS CELLS UNDER CONDITIONS OF THE URBAN ENVIRONMENT**

**A.S. Petukhov, N.A. Khritokhin, G.A. Petukhova**

University of Tyumen  
15a, Perekopskaya str., Tyumen, 625003, Russian Federation

Currently, the problem of environmental contamination is very urgent. Accumulation of heavy metals by plants leads to biochemical disorder in cells. The convenient parameter for estimation of cells membrane damage degree is the concentration of lipid peroxidation products. The aim of this research was to investigate the content of diene conjugates and Schiff bases in plants of various species under conditions of the urban environment. The investigation was conducted with meadow grass, red clover, wild vetch, chamomile, coltsfoot and cultivated oat. Plants were collected from highway area and from areas with metallurgical, motor building, oil refinery and accumulator factories. It was discovered that reaction of plants cells membrane damaging was species-specific: chamomile, wild vetch, meadow grass accumulated lipid peroxidation products. The concentration of diene conjugates

and Schiff bases in cells of red clover and coltsfoot was lower than in control group. Metallurgical factory contamination influenced the lipid peroxidation in the first place, oil refinery, motor building and accumulator factories impacted lipid peroxidation in the second place.

**Key words:** lipid peroxidation, environmental pollution, heavy metals, meadow grass, chamomile, wild vetch, coltsfoot, meadow grass, cultivated oat

## REFERENCES

- [1] Markovnikova J., Barancikova G., Dlapa P., Dercova K. Inorganic contaminants in soil ecosystems. *Chemicke listy*. 2006; 100(6): 424–432.
- [2] Motsik A., Pinski D.L. *Zagryaznyayushchie veshchestva v okruzhayushchei srede*. Pushchino-Bratislava: PRIRODA, 1991. (In Russ.)
- [3] Titov A.F., Kaznina N.M., Talanova V.V. *Tyazhelye metally i rasteniya*. Petrozavodsk: Karel'skii nauchnyi tsentr RAN, 2014. (In Russ.)
- [4] Bashkin V.N., Kasimov N.S. *Biogeokhimiya*. Moscow: Nauchnyi mir, 2004. (In Russ.)
- [5] Vladimirov Yu.A. Svobodnoradikal'noe okislenie lipidov i fizicheskie svoystva lipidnogo sloya biologicheskikh membrane. *Biofizika*. 1987; 32(5): 830–844 (In Russ.)
- [6] Skorzynska-Polit E. Lipid peroxidation on plant cells, its physiological role and changes under heavy metal stress. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2007; 74: 49–54.
- [7] Chesnokova N.P., Ponukalina E.V., Bizenkova M.N. Mekhanizmy strukturnoi i funktsional'noi dezorganizatsii biosistem pod vliyaniem svobodnykh radikalov. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2007; 4: 110–121 (In Russ.)
- [8] Blokhina O., Virolainen E., Fagersted K.V. Antioxidants, oxidative stress and oxygen deprivation stress: a review. *Annals of Botany*. 2001; 91: 179–194.
- [9] Fazlieva E.R., Kiseleva I.S. Biokhimicheskie reaktsii rastenii tussilago farfara L. iz prirodnykh mestoobitaniy s raznym urovnem tekhnogenogo zagryazneniya na izbytok medi v srede. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki*. 2011; 3: 246–256. (In Russ.)
- [10] Shvedova A.A., Polyanskii N.B. Metod opredeleniya konechnykh produktov perekisnogo okisleniya lipidov v tkanyakh — fluorestsiruyushchikh shiffovykh osnovanii. In: E.B. Burlakova, ed. *Issledovanie sinteticheskikh i prirodnykh antioksidantov in vitro i in vivo*. Moscow: Nauka, 1992. P. 72–73.
- [11] Osipova E.S. Vliyanie neftyanogo zagryazneniya na biokhimicheskie i morfofiziologicheskie pokazateli rastenii [dissertation abstract]. Tyumen, 2013. Available at: <http://earthpapers.net/vliyanie-neftyanogo-zagryazneniya-na-biokhimicheskie-i-morfofiziologicheskie-pokazateli-rasteniy/> (In Russ.) (Date of access: 23.01.2018).

### Article history:

Received: 23.01.2018

Revised: 30.01.2018

### For citation:

Petukhov A.S., Khritokhin N.A., Petukhova G.A. (2018) Lipid peroxidation in plants cells under conditions of the urban environment. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 82–90. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-82-90

### Bio Note:

*Petukhov Aleksandr Sergeevich* — student, Tyumen State University. E-mail: revo251@mail.ru

*Khritokhin Nikolaj Aleksandrovich* — candidate of chemistry, associate Professor, Professor of Department of inorganic and physical chemistry, Tyumen State University. E-mail: kna@utmn.ru

*Petukhova Galina Aleksandrovna* — doctor of biological Sciences, associate Professor, Professor of ecology and genetics Department, Tyumen state University. E-mail: gpetuhova1@mail.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-91-100

УДК 577 (075.8)

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КЛИНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

С.А. Павлова

Российская Академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации  
*Российская Федерация, 119571, Москва, просп. Вернадского, 82*

Показано, что данные радиоэкологического мониторинга необходимо систематизировать с помощью методов системного анализа. Радиобиологическую патологию оценивают на основе результатов диагностики физиологических показателей, а информация по ним также должна обрабатываться на основе методов системного анализа. Структурно-логическое моделирование предполагает разработку структурных концептуальных модельных схем, в которые будет заноситься информация. В результате радиационного воздействия на сельскохозяйственных животных у них может диагностироваться картина клинической патологии. Выявить ее важно, так как от степени ее тяжести зависит дальнейшее сельскохозяйственное использование продукции животноводства. Разработанные методы позволяют выявить радиационную патологию на основе изменения физиологических показателей.

**Ключевые слова:** радиационная патология, моделирование, физиология

Управлять животноводческим комплексом в условиях радиоактивного загрязнения территории агропромышленного комплекса, необходимо только на основе достоверной информации. При этом, для управления не требуется знания деталей радиобиологической патологии у животных, необходимо выявить слабое или сильное звено в структурной цепи. Модельные исследования, кодирование и шифрование информации позволяет получить так называемый «Код опасности», в соответствии с которым разрабатываются мероприятия по реабилитации территории. Работы в этом направлении всегда актуальны и имеют народно-хозяйственное значение. В случае радиоактивных выпадений, загрязнения воды, кормов радионуклидами, территория животноводческого комплекса может оказаться в зоне загрязнения. В этом случае, необходимо оценить обстановку, выявить радиационную патологию, разработать мероприятия по улучшению ситуации и содержанию животных.

Клиническая картина радиационной патологии у сельскохозяйственных животных различается по степени тяжести и зависит от мощности облучения, длительности радиационного воздействия. Для степеней тяжести лучевой болезни диагностируются физиологические особенности и отклонения физиологических показателей от нормы. Выделяют такие общие изменения и зависимости:

1) отсутствие полного восстановления пораженных органов и функций организма;

2) при гормональных нарушениях регистрируются изменения в системах, регуляция которых осуществляется гормонами;

3) существуют зависимости проявления отдаленных эффектов от дозы;

4) исход лучевой болезни зависит от тяжести поражения критических органов.

Легкая степень острой лучевой болезни, развившаяся на действие гамма-облучения, например, характеризуется полным восстановлением функциональности пораженных систем. При легкой и средней степени тяжести лучевой болезни, в первые недели происходит ослабление защитных и адаптационных механизмов.

При длительном облучении развивается хроническая лучевая болезнь. При высокой мощности дозы — острая лучевая болезнь. При 100—200 Р для взрослых сельскохозяйственных животных развивается лучевая болезнь легкой степени тяжести, животные не погибают. При облучении в дозе свыше предела 500—600 Р, развивается острая лучевая болезнь тяжелой или крайне тяжелой степени, которая заканчивается гибелью животного. Для острой лучевой болезни выделяют четыре периода ее развития:

*1 — период первичных реакций.* 1—3 сут. Клинические симптомы: повышенная возбудимость со сменяющейся апатией, нервно-мышечные судороги, дрожь, потеря аппетита, рвота, небольшое кратковременное повышение температуры тела, тахикардия, учащенное дыхание.

*2 — латентный период.* 3—14 сут. Период кажущегося благополучия. Клиника — восстановление к норме физиологических показателей.

*3 — период разгара болезни.* Обычно на 8—10 сут (2—3 сут крайне тяжелая степень, 20 сут — легкой степени). Длится около 5 сут. Клинические симптомы: понос с кровью, истечение крови из слизистых — гемморагии, нарушение дыхания и одышка, хромота, слабость, отсутствие аппетита, повышенная жажда. Развивается пневмония, язвы ЖКТ, неврозы.

*4 — период восстановления у выживших животных.*

Длится несколько месяцев при легкой степени тяжести лучевой болезни до нескольких лет при острой лучевой болезни средней и тяжелой степени поражения. У выжившего животного отмечается восстановление физиологических показателей до нормы, частичное или полное восстановление продуктивных качеств.

Структура радиоэкологического мониторинга основывается на разработанных методах сбора, хранения и обработки информации. Опираясь на существующий опыт логико-информационного моделирования, сбор и системный анализ данных мониторинга, целесообразно представить в виде специально разработанной системы структурных модельных блочных схем. Данные по радиобиологическим исследованиям заносятся в блоки — структуры модельной системы, в них систематизируется информация по физиологическим показателям.

На основе составленных модельных схем исследования, с использованием системы условных оценок, можно оценить клиническое состояние. Перевод количественных характеристик показателей в условные величины качественных показателей, позволяет получить оценку на основе разноразмерных величин [7; 8].

Наиболее приемлемая модель для оценки влияния факторов на животных в условиях радиоактивного загрязнения — логико-информационная. Модель представляет собой алгебраический формульный, насыщающийся цифровой инфор-

мацией алгоритм, описывающий определенную физиологическую систему. Она — синтез человеко-машинной деятельности, направленной на решение задач оценки в целях управления ситуацией [5].

В случае радиоактивного загрязнения территорий животноводческого комплекса, животные могут быть подвержены воздействию радиации [1; 2]. Сельскохозяйственные животные используются в разных хозяйственных целях. В связи с этим, собирать и систематизировать информацию следует в соответствии с разработанными вариантами модельных схем (рис. 1).

Для получения комплексной оценки клинического состояния сельскохозяйственных животных, разработана структурно-модельная схема, которая позволяет систематизировать собираемую информацию. В связи с тем, что в первые часы после аварийных выбросов с атомных станций, в окружающей среде регистрируются радиоизотопы йода, то особое внимание при изучении физиологических показателей следует уделять гормонам щитовидной железы (рис. 2) [7; 8; 10].

Лучевое воздействие оказывают  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -излучения. Они вызывают специфические биологические эффекты поражения, которые можно зарегистрировать, используя модельные схемы для сбора и анализа информации.

Анализ функционального состояния кровеносной системы при хронических лучевых воздействиях позволил выделить семь типов кинетических процессов, которые характеризуют функциональное состояние системы [3; 4; 6; 10].

1. Активация процессов кроветворения в эритроидном и миелоидном ростках костного мозга.

2. Активация в эритроидном и угнетение в миелоидном ростке.

3. Вторичное угнетение в миелоидном ростке при сохранении активации в эритроидном. Эти процессы имеют видовую специфичность для млекопитающих.

4. Состояние одновременного угнетения эритроидного и миелоидного ростков.

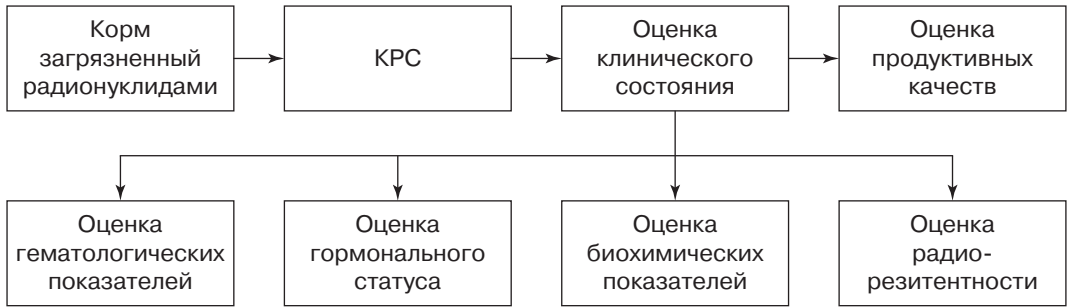
5. Предыдущие состояния (3 или 4) могут перейти во вторичную активацию вначале в миелоидном, а затем в эритроидном ростке или могут сменяться почти одновременной активацией обоих ростков.

6. В последствии наступает фаза угнетения миелоидного ростка.

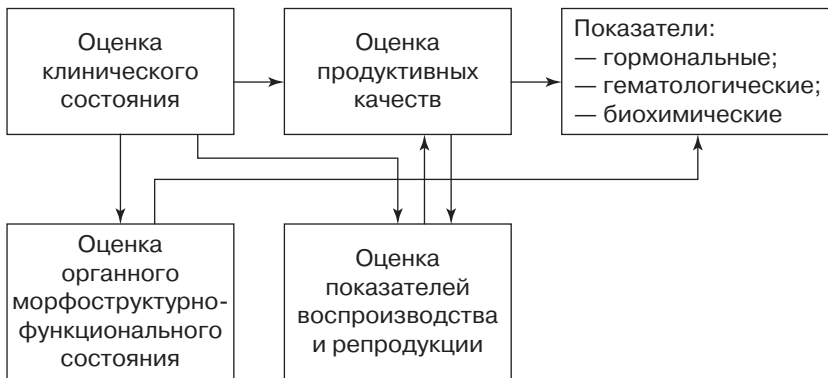
7. Вместо процесса (6) может наступить фаза угнетения обоих ростков.

Система крови и ее структурные элементы — радиочувствительны [9]. Изменения в гематологических показателях характеризуют общую картину здоровья сельскохозяйственных животных. Костномозговое кроветворение характеризуют показатели: количество клеток в 1 мкл пунктата; миелограмма; нейтрофилограмма; функциональная способность миелопоэза. Периферическая кровь характеризуется: концентрацией гемоглобина; количеством эритроцитов в 1 мкл, лейкоцитов в 1 мкл; лейкоцитарная формула.

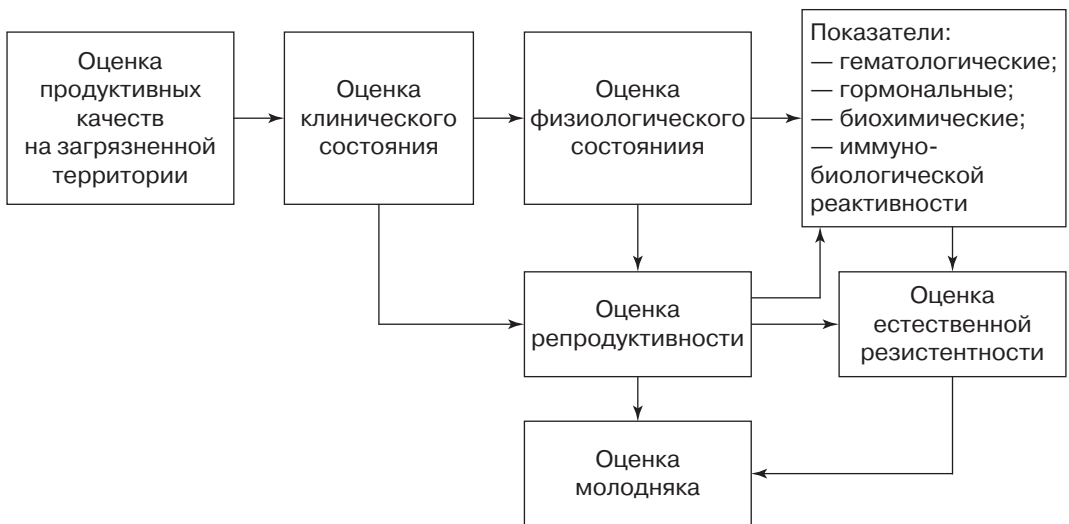
Изменения, возникающие в них в результате действия радиации, имеют дозовую зависимость. При действии малых и средних доз радиации, эффекты воздействия могут регистрироваться на уровне элементов системы крови. Существует динамика изменений форменных элементов периферической крови, которая зависит от воздействующей дозы. Временная динамика изменений характеризует направленности процессов — восстановление или поражение и их преобладание.



а



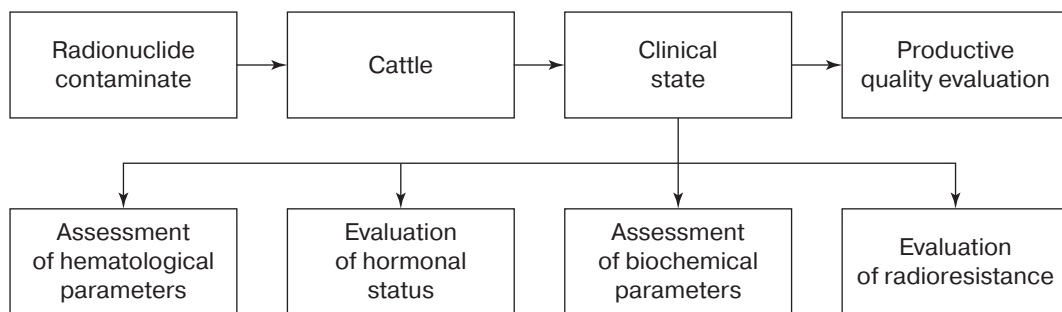
б



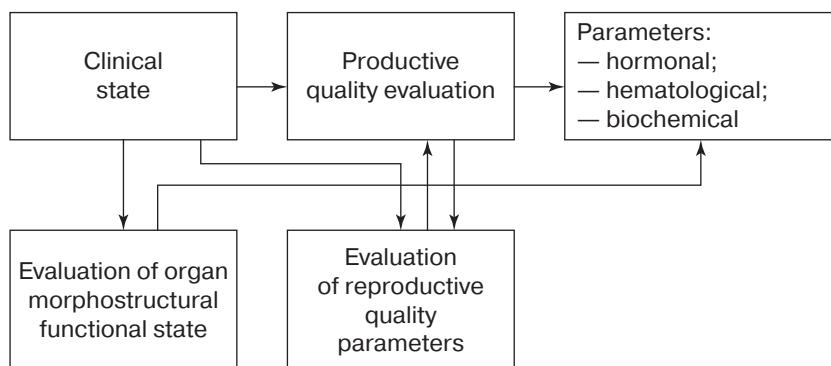
в

**Рис. 1.** Варианты структурных схем расчетов оценки физиологических показателей у сельскохозяйственных животных:

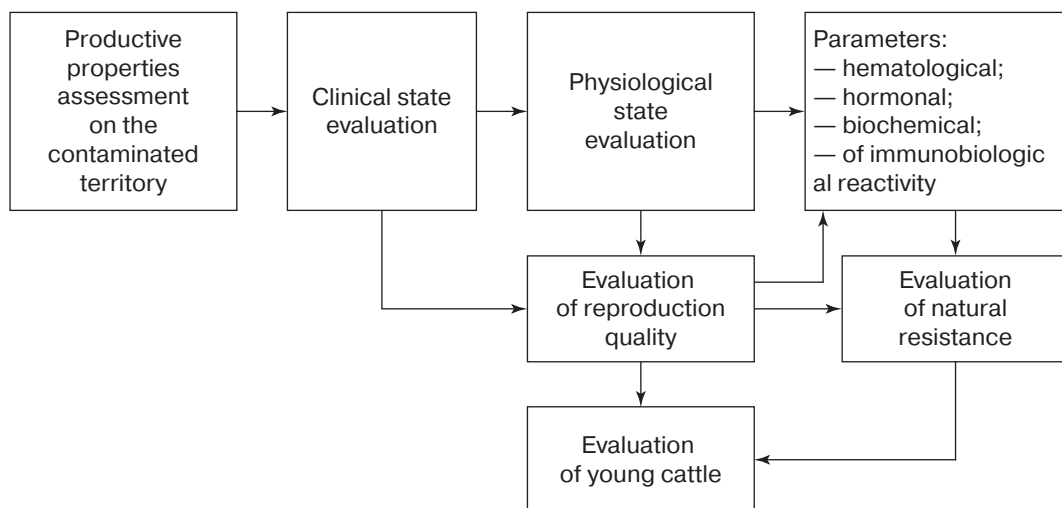
а — вариант 1. Кормление сельскохозяйственных животных загрязненными радионуклидами кормами; б — вариант 2. Оценка продуктивности сельскохозяйственных животных; в — вариант 3. Оценка клинического состояния на основе физиологических показателях



a



b



c

**Fig. 1** Variants of structural calculation schemes of physiological parameters evaluation of farm animals: a — Option 1. Feeding farm animals with radionuclide-contaminated feed; b — Option 2. Evaluation of productivity of farm animals; c — Option 3. Evaluation of clinical state on the basis of physiological parameters



Рис. 2. Оценка клинического состояния скота с лучевой патологией щитовидной железы

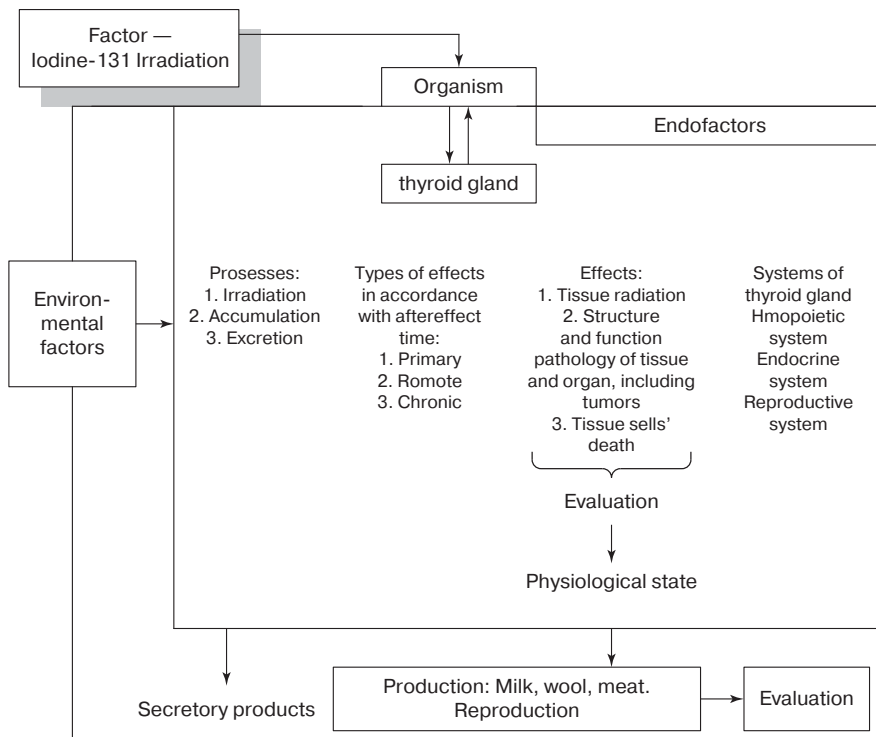


Fig. 2. Evaluation of clinical state of cattle with radiologic pathology of thyroid gland



К показателям, характеризующим структурно-метаболические особенности регенерирующих тканей и радиоустойчивость, относят величины активности ц-АМФ — важного регулятора обмена веществ. Его образование в тканях характеризует гормональную физиологическую регуляцию. Определено, что аденилатциклазная система есть биологический усилитель гормональных сигналов. Инсулин и простагландины могут затормаживать реакции синтеза ц-АМФ и ослаблять процессы фосфорилирования ферментов. При повышении концентрации ц-АМФ в крови возрастает активность многих ферментов. Роль посредника между гормонами и ферментами может выполнять и ц-ГМФ.

Радиобиологические исследования проводят для выявления зависимости состояния иммунной системы от дозы и ее мощности, режима облучения. Определено, что при любом поражающем воздействии радиационного облучения необходимо использовать средства, повышающие антиинфекционную резистентность организма.

Лучевая болезнь проявляется в изменении хозяйственно-полезных качеств скота, что имеет значение для человека: падеж скота; снижение мясо-молочной продуктивности; уменьшение настрига шерсти; внутриутробная гибель потомства и гибель послеродовая; снижение жизнеспособности и продуктивности потомства. Известно, что в течение первого месяца радиационного загрязнения при дозах, вызывающие видимые признаки лучевого поражения, концентрация радиоактивных элементов в молоке может превышать предельно допустимые уровни в несколько раз (Сироткин А.Н.). Дозиметрический контроль молока — это тест на поступление в организм радионуклидов с кормом. В первый период, например, после аварии на АЭС, радиоактивный йод вносит основной вклад в загрязнение молока.

Разработаны методики обнаружения и снижения поступления радионуклидов в продукцию животноводства: подбор кормов; насыщения рационов изотопными и неизотопными носителями; правила хранения и способы переработки сельскохозяйственного сырья. Благодаря этому можно в несколько раз снизить содержание радионуклидов в молоке, мясе, яйце. При радионуклидном загрязнении кормов, большое значение имеет определение поглощенных доз в ЖКТ. Сбалансированные по питательным веществам рационы имеют большое значение при радионуклидном загрязнении кормов.

Методы моделирования должны более широко использоваться в радиобиоэкологических исследованиях. Для систематизации данных радиобиологических эффектов и оценки степени изменения показателей, необходимо использовать уже существующие методы обсчета данных и системного анализа и разрабатывать новые. Необходимо разрабатывать универсальные структурно-логические схемы, так как они позволяют быстро систематизировать информацию и определять показатели, которые будут характеризовать патологию, развивающуюся в результате действия негативных факторов. Радиобиология и сельскохозяйственная радиоэкология, изучают эффекты воздействия различных доз радиации на животных. На основе разработанных модельных схем, при радиоактивном загрязнении местности, животноводческих помещений, кормов, можно определить патологию и рассчитать варианты оптимального содержания и лечения животных, в том числе для получения от него качественной продукции животноводства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства в условиях техногенного загрязнения агроэкосистем / Сб. докл. Всероссийской науч.-практ. конф. Ч. II. Казань: Изд-во Казанского гос. тех. ун-та, 2002. 510 с.
- [2] Анненков Б.Ю., Юдинцева Е.В. Основы сельскохозяйственной радиологии. М.: Агропромиздат. 1991. 287 с.
- [3] Акоев И.Г. Биофизический анализ предпатологии и предлейкозных состояний / отв. ред. Г.Р. Иваницкий. М.: Наука, 1984. 282 с.
- [4] Аклеев А.В., Веремеева Г.А., Возилова А.В. Отдаленные эффекты в системе гемопозза на клеточном и субклеточном уровне при хроническом облучении человека // Радиационная биология. Радиоэкология. 2006. Т. 46. № 5. С. 519—526.
- [5] Беляев В.И., Худошина М.Ю. Основы логико-информационного моделирования сложных геосистем. Киев: Наукова думка, 1989. 160 с.
- [6] Кузин А.М. Структурно-метаболическая теория в радиобиологии. М.: Наука, 1986. 211 с.
- [7] Павлова С.А. Модельные схемы радиоэкологической ситуации в животноводстве, определенные по логико-информационной методике в хозяйствах Гомельской области после аварии на Чернобыльской АЭС: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Казань: ВНИВИ, 1997. 23 с.
- [8] Павлова С.А. Фактор радиации — радиобиологические, радиоэкологические эффекты. Симферополь: Издательский центр КГМУ, 2000. 260 с.
- [9] Тимофеев-Ресовский Н.В., Савич А.В., Шальнов А.И. Введение в молекулярную радиобиологию. М.: Медицина, 1981. 343 с.
- [10] Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных. М.: Высшая школа, 2004. 549 с.

© Павлова С.А., 2018

### История статьи:

Дата поступления в редакцию: 4.12.2017

Дата принятия к печати: 15.01.2018

### Для цитирования:

Павлова С.А. Систематизация радиобиологической информации для оценки клинического состояния сельскохозяйственных животных // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 91—100. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-91-100

### Сведения об авторе:

Павлова Светлана Анатольевна — доктор биологических наук, профессор кафедры управления природопользованием и охраны окружающей среды Российской Академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации.  
E-mail: s\_pavlova@mail.ru

## SYSTEMATIZATION OF INFORMATION FOR RADIOBIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE CLINICAL STATUS OF FARM ANIMALS

S.A. Pavlova

The Russian Academy of National Economy and Public service  
at the President of the Russian Federation  
82, prosp. Vernadskogo, Moscow, 119571, Russian Federation

The data of radioecological monitoring should be systematized with the methods of system analysis. Radiobiological pathology is evaluated on the basis of the results of physiological parameters diagnostics that should also be processed on the basis of system analysis. Structural-logical modeling involves the development of structural conceptual modeling schemes, which will be filled with information. As a result of radioactive exposure to farm animals, they can be diagnosed with clinical pathology. It is important to identify it because further agricultural use of animal products depends on its severity. The developed methods allow to identify radiation pathology on the basis of changes in physiological parameters.

**Key words:** radiation pathology, modeling, physiology

### REFERENCES

- [1] Agroenvironmental problems of agricultural production in the conditions of technogenic pollution of agroecosystems. The collection of reports of the All-Russia scientifically-practical conference. Part II. Kazan: Publishing house Kazan gos. teh. un-ta, 2002. 510 p.
- [2] Annenkov B.Ju, Judintseva E.V. The bas of agricultural radiology. M.: Agropromizdat, 1991. 287 pp.
- [3] Akoev I.G. The biophysical the analysis of a prepathology and before leukemia conditions. Otv. red. G.R. Ivanitsky. M.: The Science, 1984. 282 p.
- [4] Akleev A.V., Veremeeva G.A., Vozilova A.V. The effects in system gemopoeza at cellular and subcellular level at a chronic irradiation of the person. Radiating biology. Radio ecology. 2006. V. 46. № 5. 519–526 pp.
- [5] Beljaev V.I., Hudoshina M.Ju. Bases of logiko-information modelling of difficult geosystems. Kiev: Naukova dymka, 1989. 160 p.
- [6] Kyzin A.M. The structurally's cousins the theory in radio biology. M.: the Science, 1986. 211 p.
- [7] Pavlova S.A. Modelling schemes of a radio ecological situation in the animal industries, defined by a logic-information technique in economy of the Gomel area after failure on the Chernobyl atomic power station. The master's thesis author's abstract. Kazan: VNIVI, 1997. 23 p.
- [8] Pavlova S.A. The factor of radiation — radio biological, radio ecological effects. Simferopol: Publishing center KGMU, 2000. 260 p.
- [9] Timofeev-Resovskij N.V., Savich A.V., Shalnov A.I. The introduction in molecular radio biology. M.: Medicine, 1981. 343 p.
- [10] Jrmonenko S.P. The radio human biology and animals. M.: the Higher school, 2004. 549 p.
- [11] Beljaev V.I., Hudoshina M.U. Bases of logic-information modelling of difficult geosystems. Kiev: Naykova dymka, 1989. 160 p.

#### Article history:

Received: 4.12.2017

Revised: 15.01.2018

**For citation:**

Pavlova S.A. (2018) Systematization of information for radiobiological assessment of the clinical status of farm animals. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 91–100. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-91-100

**Bio Note:**

*Pavlova S.A.* — Doctor of Biology, the professor of chair of management of wildlife management and preservations of the environment The Russian Academy of National Economy and Public service at the President of the Russian Federation. E-mail: s\_pavlova@mail.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-101-112

УДК 666.9.022.59

## КОНТРОЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю.А. Каганова

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

Статья содержит анализ технических способов удаления пыли из помещений цеха по производству алюмосиликатных изделий полусухого и пластичного формования для футеровки печей сталеплавильного производства, цементной, стекольной, химической промышленности, а также по производству шамота и молотых материалов. Рассмотрены основные причины загрязнения воздушной среды в процессе производства огнеупорных материалов, в частности, алюмосиликатных изделий, а также основные решения в области охраны атмосферного воздуха для действующих и проектируемых предприятий. В результате анализа статистических данных за 2010—2017 гг. выдвинуто предположение о независимости эффективности работы аспирационных систем от года ввода в эксплуатацию и производственного участка цеха. В связи с этим установлена необходимость постоянного мониторинга работы газоочистного оборудования и выдвинуты предложения по контролю работы применяемых аспирационных систем для обеспечения их надлежащего функционирования и предотвращения сверхнормативных выбросов.

**Ключевые слова:** мониторинг выбросов, пылегазоочистка, аспирационная система, эффективность очистки выбросов, датчик запыленности

**Обоснование.** В настоящее время в России создана большая нормативно-правовая база, регулирующая деятельность промышленных предприятий. Для обеспечения безопасности здоровья населения и состояния окружающей среды разработано множество нормативов, базирующихся на контроле различных показателей, в целях ограничения воздействия вредных веществ на природные среды, в том числе на атмосферу. Среди прочих требований согласно п. 7 ст. 16 ФЗ № 96 «Об охране атмосферного воздуха» на предприятиях обязательно наличие газоочистного и пылеулавливающего оборудования, в противном случае их деятельность будет приостановлена или прекращена, кроме того, работа очистных сооружений подлежит обязательному государственному контролю. Основные экологические проблемы при производстве шамотных, муллитовых, муллитокорундовых изделий связаны с отходящими газами, образующимися при работе различного типа оборудования. Большое количество взвешенных частиц образуется в результате работы механизмов ударного действия, используемых для помола материалов (прессов, дробилок и мельниц), машин и установок, действие которых сопряжено с наличием воздушных потоков (пневмотранспорта) и узлов загрузки и выгрузки продукции — транспортеры, конвейеры, элеваторы.

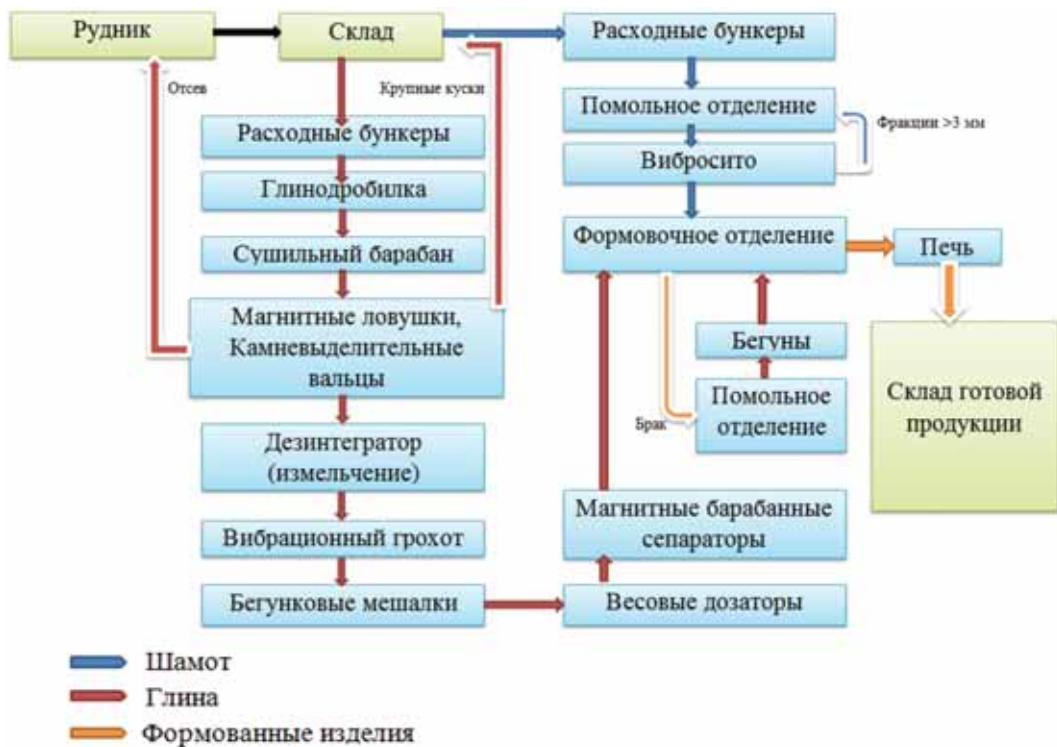


Рисунок. Технологическая схема производства алюмосиликатных огнеупоров

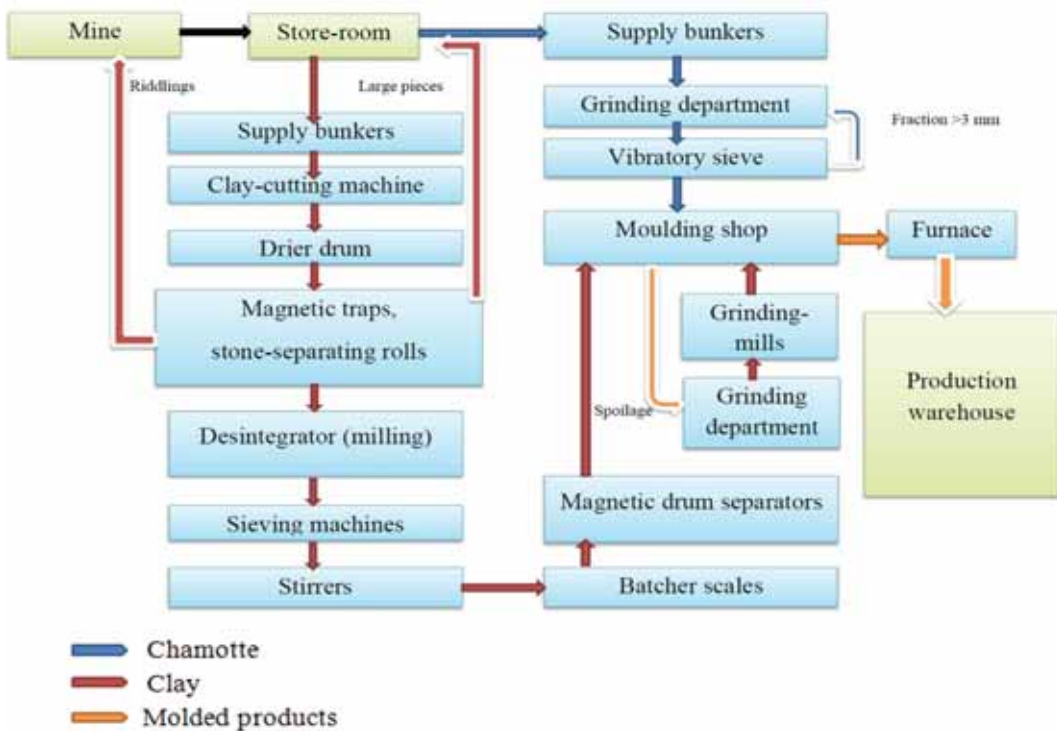


Figure. Technological scheme of production of aluminosilicate refractories

Технология производства алюмосиликатных огнеупоров включает в себя следующие основные операции: приемка, подготовка и хранение сырья → формирование полуфабриката → сушка → обжиг → сортировка и упаковка готовых изделий. В качестве сырья при производстве огнеупоров используют огнеупорную глину, шамот, природное минеральное сырье, а также искусственно получаемые материалы. Технологическая схема производства алюмосиликатных огнеупоров представлена на рисунке.

В выбросах цеха основные объемы загрязняющих веществ приходятся на диоксид серы, диоксид азота, пыль до 20%  $\text{SiO}_2$ , оксиды азота, оксид углерода. Специфические фиброзно-склеротические заболевания легких развиваются от вдыхания пыли, содержащей двуокись кремния, высокое содержания в пыли свободной окиси  $\text{SiO}_2$  увеличивает риск возникновения силикоза, а в алюмосиликатном производстве соединения, содержащие двуокись кремния в связанном с другими элементами состоянии, способны вызывать силикатозы [1]. При обжиге в процессе превращения глины в шамот повышается содержание свободной двуокиси кремния в результате разложения каолинита на муллит и кристобалит, поэтому шамотная пыль более опасна.

В целях очистки и обезвреживания выбросов используются специальные технологии, процессы и устройства. В рассматриваемом производстве все источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу оснащены пылегазоочистными аппаратами — газоочистным оборудованием различных марок и производителей — от старых СМЦ166Б, ФВ, ФБ, ФРКН, ФРКИ до современных ФРИГ, ФРИП, КФЕ и ФРИ. Уловленная аспирационными системами из мельниц, глинодробилок, вибросит и грохотов пыль возвращается в производство путем сухого прессования на прессвальцах массы приготовленной из пыли с добавлением глиняного шликера. Полученная смесь используется в качестве добавки к сырью при выпуске шамота.

Несмотря на установку большого количества фильтров и систем, в основе работы которых лежат различные технологии, сохраняется необходимость мониторинга выбросов для обеспечения надлежащей степени очистки и соответствия санитарно-гигиеническим и экологическим требованиям.

**Цель.** Выдвижение обоснованных предложений по обеспечению бесперебойной и высокоэффективной очистки отходящих газов на основе обобщения и анализа сведений о работе отдельных пылегазоочистных систем.

**Материалы и методы.** Загрязняющие вещества, образующиеся в процессе производства, следующие: азота диоксид, азота оксид, сера диоксид, углерод (сажа), углерод оксид, пыль неорганическая — до 20%  $\text{SiO}_2$ , дижелеза триоксид, марганец и его соединения, хрома (IV) оксид, фториды газообразные, фториды плохорастворимые, фенол, формальдегид, керосин. Удельные выбросы этих загрязнителей варьируют в широких пределах и зависят от типа производимой продукции и стадии производственного процесса. В таблице 1 приведены характеристики выбросов отходящих газов в процессах обжига в туннельной печи различных огнеупорных продуктов.

Каждый технологический этап производства алюмосиликатных изделий влечет за собой привнесение новых, нехарактерных веществ и изменение естествен-

ных концентраций в воздушном бассейне. Установка газоочистных аппаратов в производстве — наиболее эффективное средство борьбы с выбросами пыли и вредных газообразных компонентов в атмосферу на всех этапах производства. Параметры воздушной смеси контролируются посредством измерений концентрации загрязняющих веществ инструментальными методами в отходящих газах от источников загрязнения в точках, предшествующих поступлению газового потока в установку очистки газа, а также на выходе из нее.

Таблица 1

**Характеристика отходящих газов туннельной печи [2]**

Загрязняющее вещество	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	
	Вид огнеупоров	
	высокоглиноземистые	низкоглиноземистые
Пыль	5–80	10–25
NO <sub>x</sub> в пересчете на NO <sub>2</sub>	30–250	5–100
SO <sub>x</sub> в пересчете на SO <sub>2</sub>	10–430	20–150
CO	30–150	10–50
Фториды неорганические газообразные в пересчете на HF	5–50	1–3

Table 1

**Raw gas values in tunnel kiln firing processes of different refractory products**

Emission component	Concentration mg/m <sup>3</sup>	
	Product	
	High alumina	Silica
Dust	5–80	10–25
NO <sub>x</sub> stated as NO <sub>2</sub>	30–250	5–100
SO <sub>x</sub> stated as SO <sub>2</sub>	10–430	20–150
CO	30–150	10–50
Inorganic gaseous fluorine compounds stated as HF	5–50	1–3

Эффективность очистки — важнейшая характеристика аппарата, на нее ориентируются при выборе пылеулавливающего оборудования в соответствии с допустимым остаточным содержанием пыли и принимают решение о модернизации, ремонте или замене систем очистки [3].

При эксплуатации отдельных видов газоочистных систем возможен дисбаланс по газу (при наличии значительных подсосов воздуха), поэтому эффективность очистки определяется по формуле, %:

$$E = \frac{C_H V_H - C_K V_K}{C_H V_H} 100, \quad (1)$$

где  $C_H$  и  $C_K$  — средние концентрации вредных веществ в газах соответственно на входе (начало) в систему и на выходе (конец) из нее, г/м<sup>3</sup>;  $V_H$  и  $V_K$  — объемный расход газов, поступающих в систему и выходящих из нее, тыс. м<sup>3</sup>/час [4].

В ходе проведенного исследования были собраны и проанализированы результаты эффективности 38 аспирационных установок, используемых на различных



участках производства. Отдельные единицы промышленного оборудования имеют выход к единой системе очистки, очистка отходящих газов от трубных мельниц проходит в два этапа.

**Результаты.** Для оценки сравнительных характеристик эффективности аспирационных установок различного типа сведения о них были структурированы (табл. 2) по мере ввода в эксплуатацию пылегазоочистных установок, а выводы сделаны на основании фактических показателей эффективности за 2010—2017 гг.

Таблица 2

**Характеристика эффективности очистки**

Источник выделения веществ	Тип ПГУ	Год ввода в эксплуатацию	Фактическая степень (эффективность) очистки за 2010—2017 гг., %		
			минимальная	максимальная	среднее
Пресс СМ-1085 № 4, бегуны, мешалки, ленточный конвейер, элеватор	Циклон ЦВП-6	1983	83,59	86,04	84,73
Пресс СМ-1085 № 10, мешалка, элеватор, бегуны, конвейер	Циклон ЦВП-6	1983	87,18	90,75	88,68
Пресс Lais № 2, № 3, мешалки, бегуны, ленточный конвейер, элеватор	Циклон ЦВП-6	1983	88	90,50	89,86
Пресс СМ-1085 № 6, мешалка, элеватор, бегуны	Циклон ЦВП-6	1983	76,34	90,54	86,46
Пресс СМ-1085 № 9, мешалка	Циклон ЦВП-6	1983	84,61	97,00	88,65
Вальцы, бункер, ленточный транспорт	Скруббер НС-15	1984	77,98	99,49	91,65
Весы ДПО-250, смеситель СП 1000, ленточный питатель, растирочное устройство	Скруббер НС-15	1985	80,79	84,21	82,50
Элеватор, грохот, бункеры	Скруббер НС-9	1986	84,64	90,22	88,04
Трубомельница № 5	1 ступень: циклон ЦН-15, 2 ступень: рукавный фильтр СМЦ-166Б	1995	92	96,00	93,37
Сушильный барабан № 1	Электрофильтр УГ2-3-26	1995	97,71	99,07	98,22
Сушильный барабан № 2	Электрофильтр УГ2-3-26	1995	96,84	98,70	97,84
Бункеры	Скруббер НС-15	1995	81,23	97,50	85,88
Пресс СМ-1085 № 12	Скруббер ЦС-7	1995	87,60	95,81	91,84
Дробилка брака готовых изделий	Циклон ЦН-15	1995	75,05	82,01	79,98
Мешалки, бегуны, ленточный конвейер, элеватор	Скруббер НС-15	1995	38,75	81,27	74,98
Дробилка, пресс Lais № 1	Скруббер ЦС-8	1995	85,80	90,41	88,16
Ручная формовка, дозаторы, двухвальный смеситель.	Скруббер НС-9	1995	83,02	90,11	86,13
Весы ДПО, смесители, питатель, бегуны	Скруббер НС-15	1995	79,24	85,01	82,51

Окончание табл. 2

Источник выделения веществ	Тип ПГУ	Год ввода в эксплуатацию	Фактическая степень (эффективность) очистки за 2010—2017 гг., %		
			минимальная	максимальная	среднее
Весы ДПО-250, смесители СП 1000, бегуны № 5, щековая дробилка	Скруббер НС-15	1995	80,55	84,02	82,53
Бункеры пыли	Рукавный фильтр ФРКИ-30	1998	93,00	96,87	95,78
Пресс ДАО-242	Циклон ЦВП-6	1999	84,11	95,83	91,26
Прессы СМ-1085 № 8	Скруббер ЦС-6	2000	86,35	98,30	90,87
Затарка мертеля	Рукавный фильтр ФВ-45	2001	84,98	96,65	91,01
Трубомельница № 1	1 ступень: циклон ЦН-15, 2 ступень: фильтр рукавный ФРИГ-108	2001	91,12	99,12	96,44
Весы ДПО-250, ДПО-500, ленточный конвейер, пресс «Лайс» № 1	Скруббер НС-15	2001	80,80	89,80	86,26
Трубомельница № 2	1 ступень: циклон ЦН-15, 2 ступень: рукавный ФБ-48	2002	95,00	99,13	95,88
Шаровая мельница, бункер, элеватор	Фильтр рукавный КФЕ 72	2006	77,05	99,38	87,34
Трубомельница № 4	1 ступень: циклон ЦН-15, 2 ступень: фильтр рукавный ФРИ-60	2008	93,00	97,70	95,4
Бункер, элеватор, ленточный транспорт	Фильтр рукавный ФРИП-60	2008	85,04	97,19	94,17
Бункер	Рукавный фильтр ФРИГ-36	2008	94,00	96,09	95,28
Бункер, смеситель, ленточный конвейер	Фильтр рукавный ФРКИ-90	2008	94,30	96,00	95,11
Пневмотранспорт (затарка ШПБ), бункер, питатель	Рукавный фильтр ФРИГ-72	2008	95,42	98,20	97,46
Трубомельница № 3	1 ступень: циклон ЦН-15, 2 ступень: фильтр рукавный ФРИ-60	2010	93,03	97,92	95,06
Конвейер, бункеры	Фильтр рукавный ФРИ-180	2011	74,11	97,68	87,09
Шаровая мельница № 2, головки элеватора, бункер, ленточный конвейер, питатель	Рукавный фильтр ФРИ-90	2012	97,69	99,42	98,35
Шаровая мельница № 4, бункер, головки и башмак элеватора, ленточного конвейера, питателя	Фильтр рукавный ФРИ-90	2012	96,22	98,99	97,22
Вальцы, грохоты, бункеры, головки элеватора	Рукавный фильтр ФРИ-90	2015	98,09	99,68	98,82
Шаровая мельница № 1, элеватор, бункеры	Рукавный фильтр ФРИ-90	2015	94,61	97,63	96,51

Table 2

**Characteristics of cleaning efficiency**

Emission source of substances	Dust-collecting equipment	Commissioning year	Actual power (efficiency) of purification for 2010–2017, %		
			minimum	maximum	average value
Press SM-1085 № 4, grinding-mills, stirrers, belt conveyor, elevator	Cyclone TSVP-6	1983	83,59	86,04	84,73
Press SM-1085 № 10, stirrers, elevator, grinding-mills, belt conveyor	Cyclone TSVP-6	1983	87,18	90,75	88,68
Press Lais № 2, № 3, stirrers, grinding-mills, belt conveyor, elevator	Cyclone TSVP-6	1983	88	90,5	89,86
Press SM-1085 № 6, stirrers, elevator, grinding-mills	Cyclone TSVP-6	1983	76,34	90,54	86,46
Press SM-1085 № 9, stirrer	Cyclone TSVP-6	1983	84,61	97	88,65
Rollers, storage hopper, belt conveyor	Scrubber NS-15	1984	77,98	99,49	91,65
Weighing-machine DPO-250, mixer SP 1000, conveyor feeder, triturator	Scrubber NS-15	1985	80,79	84,21	82,5
Elevator, sieving machine, storage hoppers	Scrubber NS-9	1986	84,64	90,22	88,04
Tube mill № 5	1st phase: Cyclone CN-15, 2nd phase: bag filter SMTC-166 B	1995	92	96	93,37
Drier drum № 1	Electrofilter UG 2-3-26	1995	97,71	99,07	98,22
Drier drum № 2	Electrofilter UG 2-3-26	1995	96,84	98,7	97,84
Storage hoppers	Scrubber NS-15	1995	81,23	97,5	85,88
Press SM-1085 № 12	Scrubber TSC-7	1995	87,6	95,81	91,84
Crushing machine for defective products	Cyclone TSN-15	1995	75,05	82,01	79,98
Stirrers, grinding-mills, belt conveyor, elevator	Scrubber NS-15	1995	38,75	81,27	74,98
Crushing machine, press Lais №1	Scrubber TSC-8	1995	85,8	90,41	88,16
Hand-operated molding machine, batchers, double-shaft mixer	Scrubber NS-9	1995	83,02	90,11	86,13
Weighing-machine DPO, mixer, feeder, grinding-mills	Scrubber NS-15	1995	79,24	85,01	82,51
Weighing-machine DPO-250, mixer SP 1000, grinding-mills № 5, jaw crusher	Scrubber NS-16	1995	80,55	84,02	82,53
Dust bunker	Bag filter FRKI-30	1998	93	96,87	95,78
Weighing-machine DAO-242	Cyclone TSVP-6	1999	84,11	95,83	91,26
Press SM-1085 № 8	Scrubber TSC-6	2000	86,35	98,3	90,87
Filling of heat-setting mortar	Bag filter FV-45	2001	84,98	96,65	91,01
Tube mill №1	1st phase: Cyclone CN-15, 2nd phase: bag filter FRIG-108	2001	91,12	99,12	96,44

End of table 2

Emission source of substances	Dust-collecting equipment	Commissioning year	Actual power (efficiency) of purification for 2010–2017, %		
			minimum	maximum	average value
Weighing-machine DPO-250, DPO-500, belt conveyor, press Lais № 1	Scrubber NS-15	2001	80,8	89,8	86,26
Tube mill № 2	1st phase: Cyclone CN-15, 2nd phase: bag filter FB-48	2002	95	99,13	95,88
Ball mill, storage hopper, elevator	Bag filter KFE-72	2006	77,05	99,38	87,34
Tube mill № 4	1st phase: Cyclone CN-15, 2nd phase: bag filter FRI-60	2008	93	97,7	95,4
Storage hopper, elevator, belt conveyor	Bag filter FRIP-60	2008	85,04	97,19	94,17
Storage hopper	Bag filter FRIG-36	2008	94	96,09	95,28
Storage hopper, mixer, belt conveyor	Bag filter FRKI-90	2008	94,3	96	95,11
Pneumatic transport, storage hoppers, feeder	Bag filter FRIG-72	2008	95,42	98,2	97,46
Tube mill № 3	1st phase: Cyclone CN-15, 2nd phase: bag filter FRI-60	2010	93,03	97,92	95,06
Conveyor, storage hoppers	Bag filter FRI-180	2011	74,11	97,68	87,09
Ball mill № 2, elevator head, storage hopper, belt conveyor, feeder	Bag filter FRI-90	2012	97,69	99,42	98,35
Ball mill № 4, storage hopper, heads and boot of elevator, belt conveyor, feeder	Bag filter FRI-90	2012	96,22	98,99	97,22
Rollers, sieving machines, storage hoppers, elevator heads	Bag filter FRI-90	2015	98,09	99,68	98,82
Ball mill № 1, elevator, storage hoppers	Bag filter FRI-90	2015	94,61	97,63	96,51

**Обсуждение и рекомендации.** Исходя из произведенных расчетов, можно сделать вывод, что эффективность очистки большинства применяемых систем варьируется в большом диапазоне. При этом она не зависит от года ввода в эксплуатацию и типа аспирационной системы, а также применяемого в производстве оборудования или очищаемого производственного участка. Согласно ГОСТу 33007—2014 «Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газопылевых потоков» пылеуловитель должен обеспечивать улавливание пыли с эффективностью не менее 95%. По изученным данным за 2010—2017 годы 63% всех установленных систем аспирации характеризуются низкой степенью эффективности (< 95%), однако, важно отметить, что такой вывод был сделан по среднему значению степени очистки в анализируемый период, т.е. в отдельные годы эффективность могла быть на требуемом уровне и даже выше, тогда как в другие — значительно ниже нормы.

Отсюда следует, что необходимо более детально отслеживать показатели очищаемого газа на входе в системы и на выходе из них, дабы обеспечить требуемую

эффективность и повысить контроль над безопасностью работы. Постоянный мониторинг системы очистки обеспечит бесперебойное и эффективное функционирование аспирационных установок, а также своевременное устранение сбоев работы.

В настоящее время разработано и успешно применяется большое количество датчиков мониторинга и измерения концентрации пыли. Такие датчики отличаются спецификой измеряемых параметров и в большинстве случаев характеризуются компактными габаритами, удобством монтажа и технического обслуживания, одновременно обеспечивая при этом широкий диапазон измерений и небольшое потребление энергии. Датчик уровня пыли поможет своевременно предупредить о выходе из строя фильтра очистки воздуха, обнаружить повреждения фильтра и выявить потребность в ремонте или замене. Такие меры предотвратят выброс в атмосферу больших концентраций пыли, обеспечив требования экологической безопасности.

Поскольку выбросы в рассматриваемом технологическом процессе не взрывоопасны, то в качестве возможных решений могут быть предложены датчики пыли типа ProSens и Dusty, которые зарекомендовали себя как высокоэффективные способы контроля и мониторинга в производствах различного типа. В основе их работы лежит трибоэлектрический метод, суть которого состоит в том, что при взаимодействии частицы пыли со стержнем датчика происходит перенос небольшого электрического заряда. Этот заряд побуждает сигнал, который затем обрабатывается электроникой.

Датчик ProSens, разработанный компанией SWR engineering Messtechnik GmbH (Германия, Шлинген), активно используется как в зарубежных производствах, так и на территории России. ProSens различных модификаций устанавливается в «чистых» зонах установок и предназначен для обнаружения повреждений фильтра, мониторинга его запыленности и измерения концентраций пыли в отходящих газах. Предполагая, что материал остается неизменным, генерируемый сигнал пропорционален расходу даже в том случае, если имеет место налипание пыли на стержень датчика.

В качестве альтернативного варианта предлагается использовать более простую и дешевую модификацию датчика ProSens с ограниченным набором функций — датчик пыли Dusty. Такой датчик используется в качестве сигнализатора исправности фильтров — он не измеряет уровень запыленности, а детектирует только предельные уровни, имеющие соответствующие дискретные выходные сигналы, и сигнализирует о 5- и 20-ти кратном превышении запрограммированной концентрации пыли.

Особое внимание стоит уделять подбору пылегазоочистного оборудования, поскольку для каждого производственного процесса требуется своя газоочистная установка, конструкция которой определяется его характером, видом загрязнений и количеством образующихся выбросов. Верный подход на этапе проектирования обеспечит наибольшую эффективность очистки и предотвратит преждевременные неполадки в работе аппарата. В числе 10 первоочередных разработанных информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям в 2015 г. был опубликован ИТС 4—2015 «Производство керамических изделий».

Этот справочник содержит (в числе прочего) описание применяемых при производстве огнеупоров технологических процессов, оборудования, технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду, повысить энергетическую и экологическую эффективность, обеспечить ресурсосбережение на предприятиях. В дальнейшем был утвержден стандарт ГОСТ Р 56828.21—2017, который отразил положения, установленные в Европейском справочнике по наилучшим доступным технологиям в производстве керамических изделий (август 2007) и ИТС 4—2015. Основные принципы выбора пылегазоочистных аппаратов, описание универсальных подходов и методов, применяемых в нашей стране для очистки выбросов, представлены в ИТС 22—2016 [6].

Высокая эффективность очистки может быть достигнута путем создания двухступенчатой системы: как правило, первая ступень — очистка от крупнодисперсных частиц, вторая — очистка от мелкодисперсных.

**Заключение.** Независимо от вида газоочистного оборудования следует проводить оценку соответствия проектных показателей фактическим, поскольку это поможет выявлять и устранять факторы, влияющие на эффективность работы газоочистного оборудования, однако, на практике периодический контроль не всегда оказывается действенным методом.

Установка дополнительных измерителей пыли — высокоэффективный способ постоянного контроля, который помогает обеспечить своевременное устранение сбоев работы систем аспирации, тем самым предотвращая вредные выбросы в окружающую среду. Предложенные варианты автоматического контроля пылегазоочистных установок будут экономически выгодным методом управления. Автоматизированная система способна контролировать уровень загрузки пылевого накопителя, тем самым защищая установку от перезаполнения и обеспечивая автоматическую очистку чистящих элементов, которые загрязняются в процессе работы.

Выполнение рекомендаций по выбору наилучших доступных технологий для рассматриваемой отрасли производства, грамотный технический подбор оборудования с учетом специфики производственных процессов и характеристики используемых материалов на стадии проектирования предотвратят неисправности и поломки очистных аппаратов.

Решение о выборе того или иного пылегазоочистного оборудования, установка дополнительных приборов мониторинга должны быть ориентированы на осуществление надлежащего контроля работы систем очистки и выполнение определенной задачи мониторинга для обеспечения санитарно-гигиенического, экологического и экономического благополучия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Алексеев С.В., Усенко В.Р.* Гигиена труда. М.: Медицина, 1988. 576 с.
- [2] The European IPPC Bureau, Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry. P. 110. Table 3.14. August 2007. 232 pp. URL: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer\\_bref\\_0807.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer_bref_0807.pdf) (дата обращения: 15.12.2017).

- [3] *Щербакова Е.В., Соболев И.В., Ольховатов Е.А.* Выбор и расчет средств очистки газов. Методические указания. Краснодар: КубГАУ, 2010. 25 с.
- [4] *Ветошкин А.Г.* Процессы и аппараты пылеочистки: учеб. пособие. Пенза: ПГУ, 2005. 210 с.
- [5] ГОСТ 31826—2012. Оборудование газоочистительное и пылеулавливающее. Фильтры рукавные. Пылеуловители мокрые. Требования безопасности. Методы испытаний. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102307> (дата обращения: 15.12.2017).
- [6] ИТС 22—2016. Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. М.: Бюро НДТ, 2016.
- [7] *Алиев Г.М.-А.* Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. Справочное издание. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
- [8] *Бернер Г.Я.* Технология очистки газа за рубежом. Справочник. М.: Новости теплоснабжения, 2006. 262 с.
- [9] *Ужов В.Н.* Очистка промышленных газов электрофильтрами. М.: Химия, 1967. 344 с.
- [10] *Швыдкий В.С., Ладыгичев М.Г.* Очистка газов. М.: Теплоэнергетик, 2002. 640 с.
- [11] *Зиганшин М.Г., Колесник А.А., Посохин В.Н.* Проектирование аппаратов пылегазоочистки: учеб. пособие. М.: Экопресс, 1998. 505 с.

© Каганова Ю.А., 2018

#### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 26.12.2017

Дата принятия к печати: 15.01.2018

#### **Для цитирования:**

*Каганова Ю.А.* Контроль эффективности систем очистки отходящих газов в производстве огнеупорных материалов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 101–112. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-101-112

#### **Сведения об авторе:**

*Каганова Юлия Александровна* — магистр кафедры прикладной экологии экологического факультета Российского университета дружбы народов. E-mail: [Yuliakaganova@gmail.com](mailto:Yuliakaganova@gmail.com)

## **CONTROL OF EFFICIENCY OF GAS-CLEANING SYSTEMS IN THE PRODUCTION OF REFRACTORY MATERIALS**

**Yu.A. Kaganova**

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

The article contains an analysis of technical methods for removing dust from the workshop premises for the production of semidry and plastic shaping aluminosilicate products for the lining of steelmaking furnaces, cement, glass, chemical industries, as well as chamotte and ground materials. The main causes of air pollution during the production of refractory materials, in particular, aluminosilicate products, and the main decisions in the field of air protection for existing and projected enterprises were considered. As a result of the analysis of data for 2010–2017, it was suggested that the efficiency of the aspiration systems is independent from the year of putting in operation and the production area

of the workshop. In this regard, the need to continuously control the operation of gas cleaning equipment has been established and proposals have been put forward to control the operation of the applied aspirating systems to ensure their proper functioning and to prevent excess emissions.

**Key words:** emissions monitoring, dust and gas cleaning, aspiration system, emission cleaning efficiency, dust sensor

## REFERENCES

- [1] Alekseev S.V., Usenko V.R. *Occupational health*. Pp. 176–195. Moscow: Medicine, 1988. 576 p.
- [2] The European IPPC Bureau, Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry. P. 110. Table 3.14. August 2007. 232 pp. Available from: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer\\_bref\\_0807.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer_bref_0807.pdf)
- [3] Shcherbakova E.V., Sobol I.V., Olkhovатов E.A. *Selection and calculation of gas purification means*. Methodical instructions. Krasnodar: KubGAU, 2010. 25 p.
- [4] Vetoshkin A.G. *Processes and apparatus for dust removal*. Penza: PSU, 2005. 210 p.
- [5] GOST 31826—2012 *Gas cleaning and dust catching equipment. Bag filters. Wet dust catching equipment. Safety requirement. Methods of testing*. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200102307> (accessed: 15.12.2017).
- [6] ITS 22-2016 *Purification of atmospheric discharge (pollutants) in manufacturing of products (goods), as well as performing works and providing services at large enterprises*. Moscow: Byuro NDT, 2016.
- [7] Aliyev G.M.-A. *Technique of dust collection and purification of industrial gases*. Moscow: Metallurgiya, 1986. 544 p.
- [8] Berner G.Ya. *Technology of gas-cleaning abroad*. Moscow: Novosti teplosnabzheniya, 2006, 262 p.
- [9] Uzhov V.N. *Cleaning of industrial gases by electrostatic precipitators*. Moscow: Chemistry, 1967. 344 p.
- [10] Shvydky V.S., Ladygichev M.G. *Purification of gases*. Moscow: Teploenergetik, 2002. 640 p.
- [11] Ziganshin M.G., Kolesnik A.A., Posokhin V.N. *Design of dust and gas cleaning apparatus*. Moscow: Ecopress, 1998. 505 p.

### Article history:

Received: 26.12.2017

Revised: 15.01.2018

### For citation:

Kaganova Yu.A. (2018) Control of efficiency of gas-cleaning systems in the production of refractory materials. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 101–112. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-101-112

### Bio Note:

Kaganova Yu.A. — Master, Applied Ecology Department, Ecological faculty, Russian People's Friendship University. E-mail: Yuliakaganova@gmail.com



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-113-124

УДК 502.1: 502.335

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

А.В. Писарева<sup>1</sup>, А.И. Мышкин<sup>2</sup>, Л.П. Степанова<sup>3</sup>, Е.В. Яковлева<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)

*Российская Федерация, 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5*

<sup>2</sup> Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева

*Российская Федерация, 302026, Орел, ул. Комсомольская, 95*

<sup>3</sup> Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина

*Российская Федерация, 302019, Орел, ул. Генерала Родина, 69*

Деятельность человека приобрела весьма значительные масштабы воздействия на экосистемы. В статье установлен комплекс факторов, представляющих опасность для здоровья населения. Проведенный анализ по заболеваемости в Орловской области показал, что медико-экологическая ситуация напряженная.

**Ключевые слова:** заболеваемость населения, органы дыхания, экологическая безопасность, загрязнение территории Орловской области

**Актуальность** авторской работы заключается в том, что ежедневное воздействие населения [8] на природу приобретает значительные масштабы, в то время как окружающая биосфера — это не только место обитания, но и сферы их деятельности [1]. В России концепцией демографической политики на период до 2025 года определена главная задача правительства, где говорится о необходимости снижения уровня смертности, сохранении и укреплении здоровья населения [8], повышение уровня рождаемости. В связи с этим возникает необходимость научно-обоснованного прогнозирования ответа окружающей среды на влияние человека в природные процессы и установления антропогенно-биогеохимических зон экологически опасных для человека. Касаясь экологии при воздействии на здоровье населения, то при объективной оценке степени влияния экологической ситуации очень важно учитывать масштабы техногенного загрязнения [1; 8]. Отметим, что техногенное загрязнение значительную роль играет на психологическое состояние населения [8], так как в результате плохой экологической ситуации человек испытывает стресс, а как следствие, страдает его нервная система [3; 5]. В динамике стресса выделяются три фазы: состояние тревоги, приспособления, истощения [3]. При мониторинге влияния необходимо учитывать и реакцию сердечно-сосудистой системы организма [5] в результате перенесенного стресса. В связи с этим, в работе был установлен ряд факторов антропогенно-техногенного происхождения, которые определяют формирование нарушенных террито-

рий, а также выявлены территории экологического неблагополучия в пунктах проживания наблюдаемого населения Орловской области.

**Цель** работы заключается в установлении влияния экологической ситуации на показатели здоровья населения в административных районах Орловской области и в г. Орле.

Устойчивость биосферы к различным антропогенно-техногенным воздействиям во многом определяет ее геохимические свойства [10]. Реакция организма любого человека на экологическую обстановку в экологически неблагополучных районах проявляется в виде заболеваний, таких как: микроэлементозы, онкозаболевания, патология сердечно-сосудистой системы человека, а также другие распространенные и орфанные заболевания. Многокомпонентная оценка состояния экосистем позволяет выделить зоны экологического неблагополучия. Как правило, это территориальные единицы, где интенсивная хозяйственная деятельность населения и, как следствие, значительно антропогенное воздействие на окружающую среду служит нормой для жизнедеятельности человека. Постоянное наблюдение за экологической обстановкой предусматривает многокомпонентную оценку состояния экосистем, при этом важнейшим индикатором, который отражает состояние среды обитания людей в целом, является здоровье человека.

Наиболее обоснованной классификацией в отношении влияния окружающей среды на заболеваемость населения считается разработанная А. Г. Вороновым, в которой с учитывается предыдущий опыт медицинской географии [2]. Согласно данной классификации, все болезни делятся на две группы — это эндогенные и экзогенные. Первая группа заболеваний населения — наследственные болезни. Во второй группе заболеваний выделены болезни, которые:

1) связаны с воздействием факторов окружающей природной среды (геохимических, вызванных особенностями пищевых режимов, геофизических, контактами с ядовитыми животными и растениями, живыми возбудителями — инфекции и инвазии), а также травматизм в результате стихийных бедствий;

2) связаны с воздействием техногенных факторов.

Следует отметить, что во многих случаях стало удобнее делить болезни на инфекционные и неинфекционные, происхождение которых связано с воздействием какого-либо химического [10] или физического агента.

**В задачи** авторского исследования входило: установить комплекс факторов техногенного происхождения, определяющих формирование антропобиогеохимических провинций, опасных для человека и выявить территории экологического неблагополучия в регионах Орловской области.

Для выполнения поставленной задачи были выбраны территории, испытывающие воздействие различных видов деградационных изменений природных и агроэкосистем [3].

**Материалы и методы исследования.** Исследуемая территория входит в состав Центрального федерального округа. Численность населения 754 816 человек, доля городского населения составляет 66,72%. Территория Орловской области составляет 24 652 км<sup>2</sup>, г. Орел — административный центр, вся область разделена на 24 района, расположена в центральной части Среднерусской возвышенности в ле-

состепной зоне на юго-западе Европейской части России. Климат Орловской области умеренно континентальный. Средняя температура в январе от  $-9$  до  $-11$ , в июле  $19-18$ . По территории Орловской области протекают р. Ока [11], ее притоки: Зуша (с притоком Неручь), Вытебеть, Нугрь, Цон, Орлик, Оптуха, Рыбница, Крома. В восточной части области протекает р. [11] Сосна с притоками: Труды, Тим, Любовша, Кшень и Олым. На западе области берут начало р. Нерусса, Навля и Свапа, относящиеся к бассейну Днепра. Регион находится в зоне почв, которые переходят от дерново-подзолистых [11] к преимущественно выщелоченным и оподзоленным черноземам. Также встречаются различные типы почв [7], от светло-серых лесных на западе, а на востоке и юго-востоке до выщелоченных и типичных черноземов. Промышленные отрасли области машиностроение, составляющая 30% объема производства, пищевая промышленность — более 25%, а также строительная промышленность — 13%. Кроме г. Орла, где сосредоточена большая часть предприятий, работают отдельные заводы в г. Ливны и Мценске, и в других малых городах. Черная металлургия составляет всего 7%, которая возникла в регионе во второй половине XX века [6], например, ОАО «Орловский сталепрокатный завод». Положение в этой отрасли, существенно лучше других отраслей, в г. Мценске находится алюминиевый завод и завод по производству крепежа «Параллель».

В качестве объекта исследования были выбраны опытные площадки, испытывающие длительное воздействие отвального шлака Мценского завода МЗАЛ. Площадки постоянного наблюдения (ППН) размещены на территории д. Большое Думчино в разной удаленности от шлакового отвала: в 50, 150, 300, 450 м. На исследуемых территориях были заложены контрольные разрезы, с отбором образцов почв по генетическим горизонтам и смешанные образцы, из гумусового горизонта пробных площадок. Почва: светло-серая лесная, среднемощная, среднегумусная, среднесуглинистая на лессовидных суглинках [4; 7; 12].

Для установления степени влияния и характера техногенеза на пространственную вариабельность заболеваемости были привлечены материалы официальной статистики по административным районам Орловской области за 15-летний период. Анализ заболеваемости был проведен по болезням органов дыхания в целом, органов пищеварения, эндокринной системы, костно-мышечной системы, системы кровообращения. Для установления корреляции заболеваемости и экологической напряженности и составления интегральной карты по районам были выделены зоны по совокупности ряда следующих антропогенно-техногенных факторов:

- 1) интенсивности химической нагрузки на окружающую среду, которая определяется промышленными предприятиями и производством сельскохозяйственной продукции;
- 2) уровню радиоактивного загрязнения почв;
- 3) неблагоприятным изменениям гидрологического режима рек;
- 4) уровню развития эрозионных процессов по методике М.Ю. Белоцерковского, Т.М. Беляковой, К.М. Берковича [5].

Для составления картограммы заболеваемости населения были использованы официальные статистические материалы. Это позволило сделать сравнение по

динамике заболеваемости в отдельных административных районах, в целом по области и в целом по России, также выявить периоды, когда наблюдалась относительная стабилизация, снижение или рост болезней населения. Также удалось дифференцировать районы Орловской области по уровню заболеваемости людей.

**Результаты исследований.** С учетом анализа полученных показателей для каждой группы заболеваний с разделением на четыре группы, были построены графики, и это нашло отражение в представленной картограмме экологической напряженности [6].

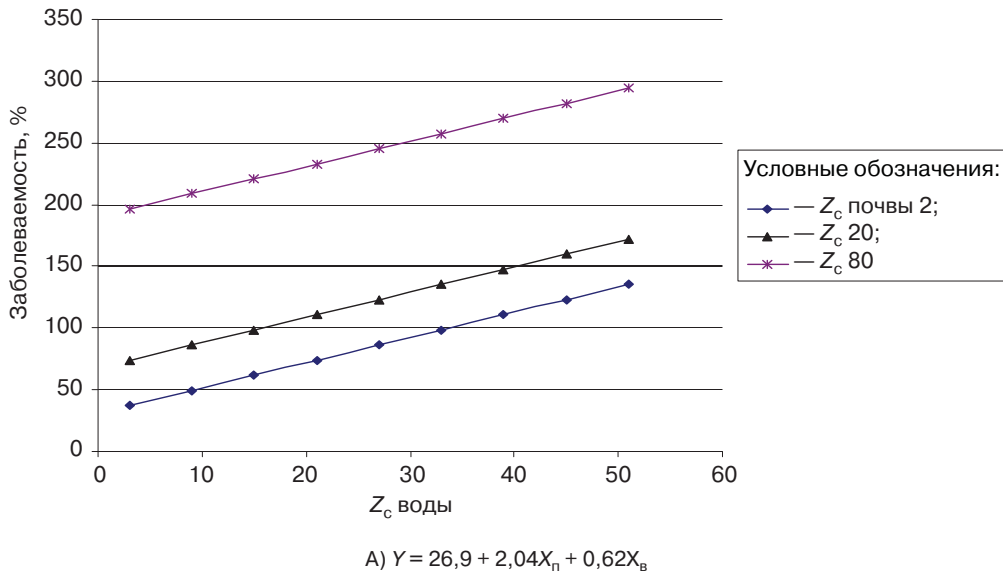
Установлено, что преимущественно среди проанализированных болезней населения области превалируют заболевания кровеносной системы, злокачественных новообразований, болезней органов дыхания, костно-мышечной и мочеполовой системы. Тенденция закономерности характерна как для детей, так и для возрастной группы населения. Действие природных и антропогенно-техногенных факторов Орловской области повышает уровень заболеваемости населения.

Болезни органов чувств, состояние нервной системы, дыхательных органов, пищеварительных органов, болезни крови, кожные заболевания, мочеполовой системы и других органов в организме человека могут быть связаны, непосредственно, с загрязнением аэротехногенных токсикантов, в их составе преобладают азотистые соединения, сернистый ангидрид, оксиды углерода и другие взвешенные частицы [6].

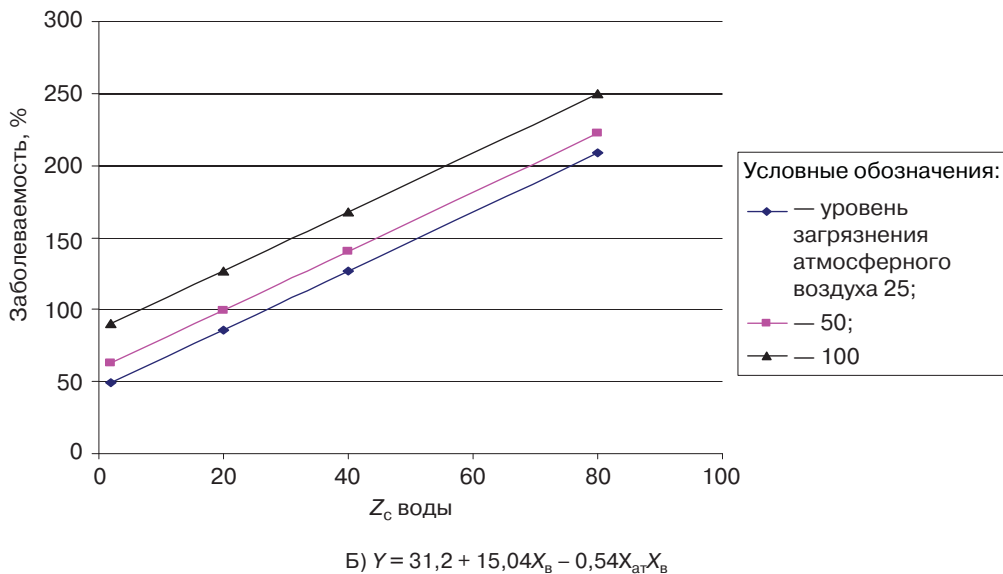
Проанализировав уровень заболеваемости населения д. Большое Думчино, Мценского района, как зон экологического риска, можно сделать вывод о том, что имеется тесная корреляционная зависимость между уровнем антропогенно-техногенного загрязнения почвы [7], воздушного бассейна, водных ресурсов [9] области и показателями уровня здоровья людей, проживающих в данной местности.

Регрессионный анализ позволил установить корреляцию между показателем загрязненности тяжелыми металлами ( $Z_c$ ): почв ( $X_n$ ), поверхностных вод ( $X_b$ ) и атмосферы ( $X_{ат}$ ) территории д. Большое Думчино и показателем заболеваемости местного населения ( $Y$ ) в пределах 0,80—0,89. При этом, отсутствует прямая корреляция между исследуемыми явлениями для изучаемых административных районов, это обусловлено различным сочетанием как природных, так и техногенных и социальных факторов, а также степенью их проявления в области (рис. 1, 2).

Результаты исследований показывают, что необходимы регулярные детальные мониторинг, исследования и создание карт по экологической обстановке по каждому отдельно взятому населенному пункту, городу и иных территорий, где экологическая ситуация может значительно изменяться в определенных предельных значениях. Установлено, что для наиболее эффективной балльной оценки экологического состояния загрязненных территорий по заболеваемости людей требуется брать за интегральный показатель воздействия окружающей среды на здоровье людей средние годовые показатели за последние 5 или 10 лет по разным классам заболеваний, которые отражают степень радиоактивного и химического воздействия экологической среды на уровень состояния здоровья населения, например, заболеваниями дыхательной и кровеносной системы, а также органов пищеварения [6; 7].



**Рис. 1.** Результаты регрессионного анализа причинно-следственной связи заболеваемости с уровнями загрязнения почвы, воды (А) в д. Б. Думчино, Мценского района, Орловской области  
**[Fig. 1.** The results of regression analysis of the cause-effect relations of morbidity with levels of soil and water pollution (A) in the Bol'shoye Dumchino village, Mtsensk district of the Orel region]



**Рис. 2.** Результаты регрессионного анализа причинно-следственной связи заболеваемости с уровнями атмосферного загрязнения (Б) в д. Б. Думчино, Мценского района, Орловской области  
**[Fig. 2.** The results of regression analysis of the cause-effect relations of morbidity with levels of air pollution (B) in the Bol'shoye Dumchino village, Mtsensk district of the Orel region]

В целом, анализ уровня заболеваемости населения по медико-географическому признаку [2] в Орловской области показал неоднородность изучаемых территорий данного региона [4]. Например, территория Орловской области по заболеваемости дыхательной системы превышает средний уровень заболеваемости

по России в 1,1 раза. При этом, наблюдается рост данного класса заболеваний в 1,6 раза в Орловском районе, а по г. Орлу превышает в 1,4 раза. Заболевание органов дыхания в 1,3 раза возрастает по области за 15-летний период с преобладанием определенных нозоформ, таких как хронический бронхит и бронхиальная астма. На первом месте стоит заболеваемость системы кровообращения населения в регионе. Данное заболевание за 15-летний период возрастает в 2,2 раза и превышает в 1,1 раза уровень заболеваемости кровеносной системы в целом по стране. Установлен рост заболеваемости системы кровообращения в 1,4 раза по г. Орлу и Орловскому району.

В Болховском районе отмечена некоторая стабилизация в динамике заболеваний дыхательных органов и кровеносной системы, а во Мценском районе наблюдается небольшое снижение. В наблюдаемом регионе имеются данные по превышению уровня в 1,3 раза заболеваний тканей костно-мышечной системы, а за 15-летний период уровень возрастает в 1,8 раза по России. По данным исследований, наибольшая доля заболеваний кожи и подкожной клетчатки приходится на Орловский район, этот процент заболеваний составляет 84,7%, во Мценском районе 42,3%, в Болховском районе достигают 38,5%, а по г. Орлу — 23,7%.

На четвертом месте в регионе находятся нарушения в эндокринной системе населения, при этом, данный показатель возрастает в 2,3 раза, что связано с ухудшением экологической ситуации за этот период. В г. Орле, также, отмечается рост в 2,2 раза по заболеваемости эндокринной системы, в 6 раз в Орловском районе и в 4,4 раза в Болховском районе. Во Мценском районе ситуация незначительно стабилизируется по заболеваемости эндокринной системы и остается на уровне 1,65—1,7 тыс. человек.

Мочеполовая система населения также страдает и в 1,17 раза превышает уровень по стране, при этом, за 15-летний период в 2,3 раза отмечен рост данной группы болезней среди населения, в том числе в 2,5 раза и по г. Орлу. В Орловском районе в 2,9 раза установлено увеличение заболеваемости мочеполовой системы. Но, если для Мценского и Болховского районов установлено небольшое снижение уровня заболеваемости мочеполовой системы, то для районов Красноренского, Залегощенского, Знаменского и Ливенского в Орловской области отмечается значительное увеличение по данной группе заболеваний у населения.

Анализ заболеваемости пищеварительных органов населения показывает, что возрастание в 2 раза уровня заболеваний за исследуемый период отмечается на территории Орловской области, Орловского района и г. Орла. Но, большая доля заболеваний приходится на болезнь двенадцатиперстной кишки и на язвы желудка [6; 7].

Так как возрастает загрязнение территории Орловской области радионуклидами, тяжелыми металлами [6] и вредными выбросами газов, то они становятся причиной заболеваний населения онкологией. За 15-летний период показано увеличение в 1,5 раза по заболеваниям населения данной группой болезней по Орловской области, в том числе в 1,8 раза в г. Орле, в 2,4 раза в Орловском районе, в 1,4 раза во Мценском районе, в 1,3 раза в Болховском районе.

За последние 3 года в Орловской области сохраняется следующая ситуация среда распространения болезней населения: 18,2—18,8% системы кровообращения, 14,3—14,6% дыхательных органов, 9,5—10,5% костно-мышечной системы, 8,9—9,2% мочеполовой системы, 6,1—6,4% пищеварительных органов, 3,2—3,9% эндокринной системы. Данная структура также повторяется и в первичной заболеваемости населения.

Тревожит то, что болезни системы кровообращения составляют значительную долю от общего количества заболеваний населения, требуют дорогостоящего лечения с помощью высокотехнологичного медицинского оборудования [4]. В результате заболеваний кровеносной системы повышаются показатели инвалидности и смертности населения.

По основным причинам летального исхода 62—64% составляют заболевания кровеносной системы, 11,7—12,3% — причины онкологии, 4,1—4,9% — болезни дыхательных, а 3,4—3,9% — заболевания пищеварительных органов.

В структуре заболеваемости взрослого населения 40—45% составляет гипертония и ее последствия, а также, ишемическая болезнь сердца — 20—26% и диагноз стенокардия — 7—8%.

В системе болезней дыхательных органов основную долю составляют бронхит и бронхиальная астма. Среди заболеваний пищеварительной системы значительная доля — язва желудка и двенадцатиперстной кишки, гастрит, болезни желчевыводящих путей и желчного пузыря.

Особый интерес вызывает анализ по заболеваемости детей в подростковом возрасте в зависимости от медико-экологического состояния административных районов Орловской области.

Представленные статистические данные убедительно показывают рост уровня заболеваемости подростков за 15-летний период. При этом наибольший всплеск заболеваний приходится на период с 2002 по 2007 гг. Из исследуемых административных районов области наибольшим ростом заболеваемости подростков выделяются следующие районы: Болховский, Дмитровский, Колпнянский, Мценский, Новосильский, Ливенский, Орловский, Сосковский, Шаблыкинский и Хотынецкий.

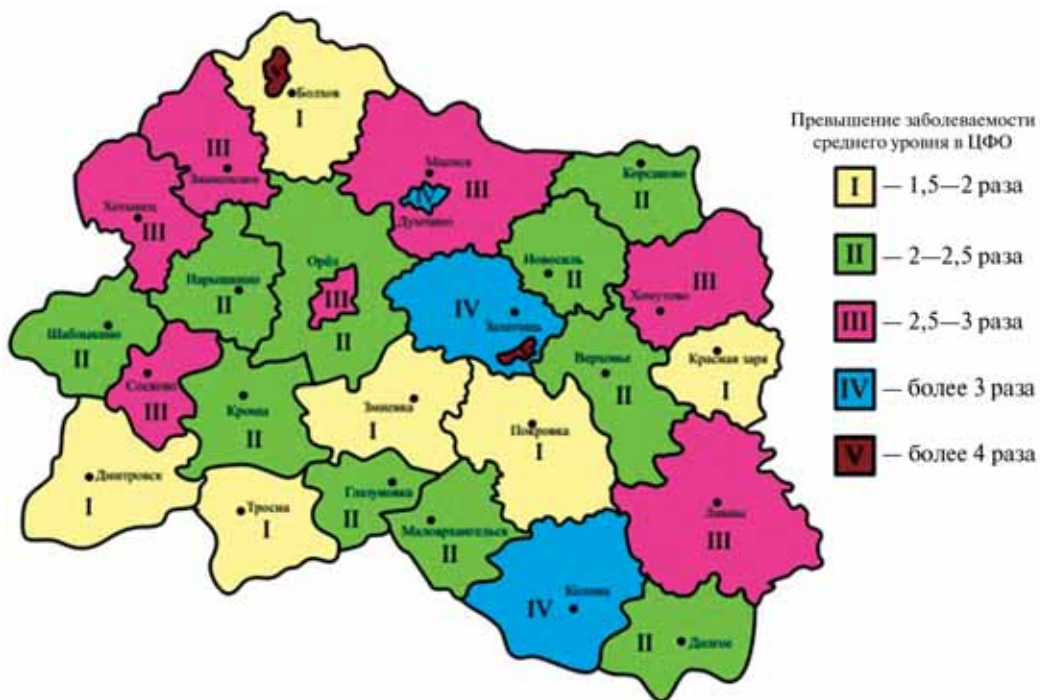
В среднем по сельским административным районам области уровень болезненности подростков вырос в 1,9 раза, а уровень увеличения заболеваемости подросткового населения в г. Орле за этот период составил 2,5 раза.

В первичной заболеваемости подростков структура иная. Так, 36—38% в разные годы составляют болезни органов дыхания, а затем болезни органов пищеварения, костно-мышечной ткани, эндокринной и мочеполовой системы. В районах области с экологическим неблагополучием отмечается повышенный уровень заболеваемости подростков болезнями органов дыхания, костно-мышечной ткани и эндокринной системы.

Таким образом, анализ медико-экологической ситуации показывает, что заболеваемость в районах области, как взрослого населения, так и подростков имеет тесную связь с экологической обстановкой, о чем свидетельствуют повышенные показатели по экологически обусловленным болезням. При этом дети и под-

ростки являются самыми уязвимыми в реакции организма на изменяющиеся условия окружающей природной среды. В связи с этим требуются более строгие подходы, как к оценке состояния здоровья, так и к организации форм и методов восстановления и поддержания здоровья.

Итоговым результатом проведенных исследований служит представленная картограмма экологической напряженности районов Орловской области (рис. 3).



Экологическая напряженность районов Орловской области в баллах

Рис. 3. Картограмма экологической напряженности районов Орловской области  
[Fig. 3. The map of ecological zones of tension in Orel region]

Как видно из картограммы, территория Орловской области делится на четыре группы в зависимости от уровня превышения заболеваемости населения Орловской области, уровня превышения заболеваемости населения в Центральном федеральном округе. В первую группу входят районы с превышением уровня заболеваемости в 1,5–2 раза (Болховский, Дмитровский, Краснотуркменский, Троснянский районы), считающиеся относительно благополучными в медико-экологическом отношении. Во вторую группу входят районы области с превышением уровня заболеваемости населения относительно среднего уровня ЦФО в 2–2,5 раза. В эту группу входят территории Верховского, Глазуновского, Должанского, Корсаковского, Кромского, Малоархангельского, Новосильского, Орловского, Урицкого, Шаблыкинского районов. Мценский, Ливенский, Знаменский, Хотынецкий, Новодеревеньковский, Сосковский районы области входят в третью группу с превышением в 2,5–3 раза уровня заболеваемости в ЦФО и относятся к экологически напряженным. В четвертую группу выделены два района области — Залегощенский и Колпнянский, где уровень заболеваемости пре-



вышает средний уровень в ЦФО более чем в 3 раза. При этом, исследованиями авторов доказано, что на территориях с относительным экологическим благополучием могут выделяться локусы высокой экологической напряженности. Например, на территории Мценского района — это д. Большое Думчино, где уровень заболеваемости превышает в 4 раза, на территории Орловского района — это г. Орел, где уровень заболеваемости превышает уровень заболеваемости ЦФО в 3 раза, а на территории Болховского района Орловской области с относительным экологическим благополучием, оценивающимся в 1,5–2 балла, выделяются территории с высоким уровнем радиоактивного загрязнения (более 5 Ки/км<sup>2</sup>) и заболеваемости населения, превышающей среднефедеральный уровень более чем в 4 раза [7].

На взгляд авторов, для улучшения экологической обстановки, кроме проведения мероприятий по экологической безопасности, необходимы изменения в структуре природопользования. При этом следует уделять большее внимание рекреации как альтернативному виду хозяйственной деятельности на рассматриваемой территории. В целом, проведенные исследования показали, что геоэкологическая обстановка в отдельных районах области и г. Орле напряженная, а медико-экологическая ситуация типична для урбанизированных территорий России.

Установлено, что изменение геохимических условий на узкорегionalном уровне, особенно при наличии крупного источника загрязнения окружающей среды, происходит настолько стремительно, что организм человека не успевает адаптироваться к экстремальной техногенной ситуации. В результате этого нарушаются естественные биохимические процессы, присущие организму человека, что проявляется в виде какого-то заболевания, и требует разработки системы оздоровления и адаптации человека. Все сказанное свидетельствует о том, что состояние здоровья человека отражает состояние экосистемы и может быть показателем характера и степени техногенного загрязнения среды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Степанова Л.П.* Оценка действия зон экологического неблагополучия на состояние здоровья населения (на примере Орловской области) / Л.П. Степанова, Е.А. Коренькова, А.И. Мышкин [и др.] // *АгроЭкоИнфо*. 2013. № 2. С. 5.
- [2] *Воронов А.Г.* Медицинская география. Антропонозы: учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 113 с.
- [3] *Степанова Л.П.* Состояние водных объектов в местах водопользования населения Орловской области и мероприятия по улучшению качества питьевой воды / Л.П. Степанова, Е.А. Коренькова, А.И. Мышкин [и др.] // *Экология и промышленность России*. 2014. № 2. С. 40–45.
- [4] *Занько Н.Г.* Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: учеб. для студ. вузов / Н.Г. Занько, В.М. Ретнев. М.: Академия, 2004. 288 с.
- [5] *Белоцерковский М.Ю.* Экологическая напряженность России (факторы, их оценка и районирование) / М.Ю. Белоцерковский, Т.М. Белякова, К.М. Беркович / *Проблемы оценки экологической напряженности территории России: факторы, районирование*. М.: МГУ, 1993. С. 93–100.
- [6] *Степанова Л.П.* Эколого-химическая характеристика противогололедных материалов и технология их безопасного применения / Л.П. Степанова, А.В. Писарева, Е.В. Яковлева // *Вестник ОрелГАУ*. 2014. № 3 С. 65–74.

- [7] *Степанова Л.П.* Химический состав поверхностных вод бассейна реки Оки на территории Орловской области / Л.П. Степанова, Е.В. Яковлева, Е.С. Черный, А.В. Писарева // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2015. № 4. С. 92–99.
- [8] *Журавлев А.К.* Вегетативный тонус и регуляция системы кровообращения у спортсменов при стрессовых ситуациях и профилактика аритмий / А.К. Журавлев, Г.И. Семикин, Ю.Ю. Голубев, Г.Ю. Голубева, Ю.В. Нечушкин // *Живая психология*. 2017. Т. 4. № 3. С. 231–240.
- [9] *Лысова И.А.* Оценка общей физической подготовленности студентов: монография / И.А. Лысова, А.В. Блинова, Ю.В. Нечушкин. М.: Изд-во Московского гуманитарного университета, 2012. С. 201.
- [10] *Писарева А.В.* Экологическая оценка состояния тяжелых металлов и микробиоты в почвах техногенно-трансформированных земель: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Орел: Владимир. гос. ун-т им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2017.
- [11] *Писарева А.В.* Воздействие антропогенных факторов на экологические свойства городских почв / А.В. Писарева, Л.П. Степанова, Е.В. Яковлева // *Здоровые почвы — гарант устойчивого развития*. Сборник материалов научно-практической конференции с международным участием. Курск, 2018. С. 20–25.
- [12] *Степанова Л.П.* Экономико-экологическая оценка устойчивости серых лесных почв к антропогенным воздействиям / Л.П. Степанова, Е.С. Черный, А.В. Писарева, Е.В. Яковлева // *Почвы и их эффективное использование: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора Владимира Владимировича Тюлина*; гл. ред. В.Г. Мохнаткин; зам. Гл. ред. И.Г. Конопельцев; отв. за выпуск А.В. Тюлькин. 2018. С. 93–103.

© Писарева А.В., Мышкин А.И., Степанова Л.П., Яковлева Е.В., 2018

#### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 27.12.2017

Дата принятия к печати: 15.01.2018

#### **Для цитирования:**

*Писарева А.В., Мышкин А.И., Степанова Л.П., Яковлева Е.В.* Оценка степени влияния экологической напряженности на здоровье населения // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2018. Т. 26. № 1. С. 113–124. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-113-124

#### **Сведения об авторах:**

*Писарева Аза Валерьевна* — старший преподаватель кафедры медико-технического менеджмента факультета биомедицинской техники Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. E-mail: ravrav.06@mail.ru

*Мышкин Александр Иванович* — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; доцент кафедры прикладной физической культуры Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева. E-mail: ravrav.06@mail.ru

*Степанова Лидия Павловна* — доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, агрохимии и агропочвоведения факультета агробизнеса и экологии Орловского государственного аграрного университета им. Н.В. Парахина. E-mail: elenavalerevna79@ya.ru

*Яковлева Елена Валерьевна* — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности на производстве, факультета агротехники и энергообеспечения Орловского государственного аграрного университета им. Н.В. Парахина. E-mail: elenavalerevna79@ya.ru

## EVALUATION OF THE DEGREE OF INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL STRESS ON HEALTH OF THE POPULATION

A.V. Pisareva<sup>1</sup>, A.I. Myshkin<sup>2</sup>, L.P. Stepanova<sup>3</sup>, E.V. Yakovleva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> The Moscow state technical university of a name of Bauman  
5/1, 2-ya Baumanskaya str., Moscow, 105005, Russian Federation

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Orel State University named after I.S. Turgenev”  
95, Komsomolskaya str., Orel, 302026, Russian Federation

<sup>3</sup> Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin  
69, General Rodin str., Orel, 302019, Russian Federation

Human activity in ecosystems has become very significant. The article establishes a set of factors that pose a danger to the health of the population. The analysis of the incidence in the region was made. The conducted studies show that the medico-ecological situation in the Orel region remains tense.

**Key words:** prevalence, respiratory system, ecological safety, pollution of the territory of the Orel region

### REFERENCES

- [1] Stepanova L.P. Estimation of the effect of ecological disadvantage zones on the health status of the population (by the example of the Orel region) / L.P. Stepanova, E.A. Korenkova, A.I. Myshkin, E.I. Stepanova, A.V. Tarakin, E.V. Yakovleva. *AgroEcoInfo*. 2013. No. 2. P. 5.
- [2] Voronov A.G. *Medical geography. Anthroponoses: textbook*. Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta, 1986. 113 p.
- [3] Stepanova L.P. State of water bodies in places of water use in the population of the Orel region and measures to improve the quality of drinking water / L.P. Stepanova, E.A. Korenkova, A.I. Myshkin, E.V. Yakovleva, E.S. Cherny, A.V. Pisarev. *Ecology and Industry of Russia*. 2014. No. 2. P. 40–45.
- [4] Zanko N.G. *Medico-biological basis of life safety: A textbook for stud. supreme. training. institutions* / N.G. Zanko, V.M. Retnev. Moscow: “Academy”, 2004. 288 p.
- [5] Belotserkovsky M. Yu. *Ecological tension in Russia (factors, their evaluation and regionalization)* / M. Yu. Belotserkovsky, T.M. Belyakova, K.M. Berkovich. *Problems of Estimation of Environmental Tension in Russia: Factors, Zoning*. MSU, 1993. Pp. 93–100.
- [6] Stepanova L.P. *Ecological and chemical characteristics of anti-ice materials and technology for their safe use* / L.P. Stepanova, A.V. Pisareva, E.V. Yakovleva. *Vestnik OrelGAU*. 2014. No. 3. P. 65–74.
- [7] Stepanova L.P. *Chemical composition of surface waters of the Oka River basin in the Orel region* / L.P. Stepanova, E.V. Yakovleva, E.S. Cherny, A.V. Pisareva // *Bulletin of the Russian University of Peoples’ Friendship. Series: Ecology and life safety*. 2015. No. 4. P. 92–99.

- [8] Zhuravlev A.K. Vegetative tone and regulation of the circulatory system in athletes under stressful situations and the prevention of arrhythmias / A.K. Zhuravlev, G.I. Semikin, Yu.Yu. Golubev, G.Yu. Golubeva, Yu.V. Nechushkin. *Living psychology*. 2017. Т. 4. No. 3. P. 231–240.
- [9] Lysova I.A. Assessment of the general physical preparedness of students: monograph / I.A. Lysova, A.V. Blinova, Yu.V. Nechushkin. Moscow: Moscow Humanities University Publ., 2012. P. 201.
- [10] Pisareva A.V. Ecological assessment of the state of heavy metals and microbiota in soils of technogenic-transformed lands. Abstract of the dis. Candidate of Biological Sciences. Eagle: Vladimir. state. un-t them. Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov, 2017.
- [11] Pisareva A.V. The impact of anthropogenic factors on the ecological properties of urban soils / A.V. Pisareva, L.P. Stepanova, E.V. Yakovleva. *Healthy soils — a guarantor of sustainable development. The collection of materials of the scientific-practical conference with international participation*. Kursk, 2018. P. 20–25.
- [12] Stepanova L.P. Economic-ecological assessment of the stability of gray forest soils to anthropogenic impacts / L.P. Stepanova, E.S. Chernyi, A.V. Pisareva, E.V. Yakovleva. *Soils and their effective use Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of the Doctor of Agricultural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor Vladimir Vladimirovich Tyulin. The editor-in-chief is V.G. Mohnatkin; Deputy. Editor-in-Chief — I.G. The Konopetsev; Responsible for the issue is A.V. Tyulkin*. 2018. P. 93–103.

**Article history:**

Received: 27.12.2017

Revised: 15.01.2018

**For citation:**

Pisareva A.V., Myshkin A.I., Stepanova L.P., Yakovleva E.V. (2018) Evaluation of the degree of influence of environmental stress on health of the population. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 113–124. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-113-124

**Bio Note:**

*Pisareva Aza Valerievna* — candidate of biological sciences, senior lecturer, Department of medical technology management, faculty of biomedical engineering, The Moscow state technical university of a name of Bauman. E-mail: pavpav.06@mail.ru

*Myshkin Aleksandr Ivanovich* — candidate of agricultural Sciences, associate Professor; associate Professor of applied physical culture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Orel State University named after I.S. Turgenev”. E-mail: pavpav.06@mail.ru

*Stepanova Lidiya Pavlovna* — doctor of agricultural Sciences, Professor of the Department of agriculture, Agrochemistry and the Department of soil science of the faculty of agribusiness and ecology of the Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin. E-mail: elenavalerevna79@ya.ru

*Yakovleva Elena Valerievna* — candidate of agricultural Sciences, associate Professor of the Department of life safety at work, faculty of agricultural machinery and energy Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin. E-mail: elenavalerevna79@ya.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-125-133

УДК 502/504

## DISTRIBUTION OF THE GENUS *CEDRELA* IN ECUADOR

Silvia Alejandra Llerena<sup>1</sup>, Natalia Salinas<sup>2</sup>, Luiz Orlando de Oliveira<sup>3</sup>,  
Mónica Jadán-Guerrero<sup>4</sup>, Claudia Segovia-Salcedo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Ecology. Peoples Friendship University of Russia  
8/5, Podol'skoe shosse, Moscow, 115093, Russian Federation

<sup>2</sup> Department of Horticultural Sciences University of Florida  
Florida, 32611, United States

<sup>3</sup> Department of Biochemistry and Molecular Biology. Federal University of Viçosa  
Av. Peter Henry Rolfs, s/n — University Campus, Viçosa-MG, 36570-900, Brazil

<sup>4</sup> Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE  
Av. General Rumiñahui S/N, Sangolquí, 171103, Ecuador

The genus *Cedrela* in Ecuador has four species: *C. odorata*, *C. montana*, *C. fissilis* and *C. nebulosa*. *Cedrela* was one of the economically most important timber in the past, due to its wood properties. The genus has a long history of overharvesting and selective logging; as a consequence a substantial genetic degradation have occurred in Ecuador. Currently, three species of *Cedrela* are included in the IUCN Red List. *C. odorata* and *C. nebulosa* are listed as vulnerable species and *C. fissilis* as endangered species. In spite of their conservation status and priority, few studies related to geographical distribution have been done. Then, the geographic distribution at local level had been carried out to provide a valuable tool to the conservation and management of these species. Field sampling and herbarium compilation showed *C. montana* is restricted to the Ecuadorian highlands in the western and eastern Andean montane region between 805 to 3200 masl (meters above sea level). *Cedrela nebulosa* is located in Andean region about 1400 to 2300 masl. *C. odorata* is the most widely distributed, occupying areas in the Amazon (200–1300 masl), Pacific (330–825 masl) and insular regions (350 masl). While, *Cedrela fissilis* is only found in the Amazon Region about 200 to 510 masl. This basic information about current distribution and abundance of cedar species is primordial to generate sufficient tools to formulate the strategies of management and conservation of these species in the country. The widespread distribution of *C. odorata* have been found in the Amazonian and Pacific regions, indicating that it is adapted to tropical rainforest and tropical monsoon climates. To prove if there are adaptations to both habitats morphological, ecological and phylogenetic studies must be carried out.

**Key words:** *Cedrela*, endangered species, ecoregion, altitude

### INTRODUCTION

Each year between 2010 and 2015, worldwide 7,6 million hectares (ha) of forest were lost due to the deforestation. South America is not an exception, is one of the continents with the highest rate of deforestation (2 million ha/year) [6]. Same as Ecuador with one of the highest rates of the Continent according to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (annual rate of 1.8% for the 2001–2010 period) and the main causes are related to urban sprawl, expansion of agricultural and pasturelands, lack of

adequate government policies, high demand for timber products, logging and forest fires [15; 16; 26].

Although, the annual rate of deforestation in Ecuador has been reduced in recent years, it continues affecting a large range of species, such as *Cedrela*. Cedar is demanded by the timber and construction industries due to the high quality of its wood in terms of color, fragrance, strength and durability [3; 8; 17].

In Ecuador, the genus *Cedrela* P. Browne (Meliaceae) includes 4 species: *Cedrela odorata*, *C. fissilis*, *C. montana* and *C. nebulosa* [21]. These species have shown a huge decrease in their population size and distribution due to their high quality timber. According to CITES data between 2002 to 2009, Ecuador exported 342 m<sup>3</sup> of cedar wood, however in the international market, this wood replaced collapsed sales of other species such as mahogany, this lasted a couple of years before collapsing the exports. Furthermore, the selective logging of big and better formed trees is a common practice in Ecuador, which erodes the genetic quality of the remain populations [21; 25]. Other threats to the future survival of this genus are the expansion of human settlements, conversion of land for agricultural and livestock use, the construction of highways and the extraction of oil and minerals [26]. All of these threats trigger the genetic diversity diminish and generate problems in the conservation and management policies of these plants. As a consequence of the selective logging of cedar, *C. fissilis* is an endangered species and *Cedrela odorata* is considered as a vulnerable species [10].

Despite the economic and ecological relevance of the genus *Cedrela*, studies on the current status and the distribution of its species in Ecuador are scarce [11; 21; 22]. This study provides information about the distribution of *Cedrela* genus in Ecuador, which can be a valuable contribution to the management of these species.

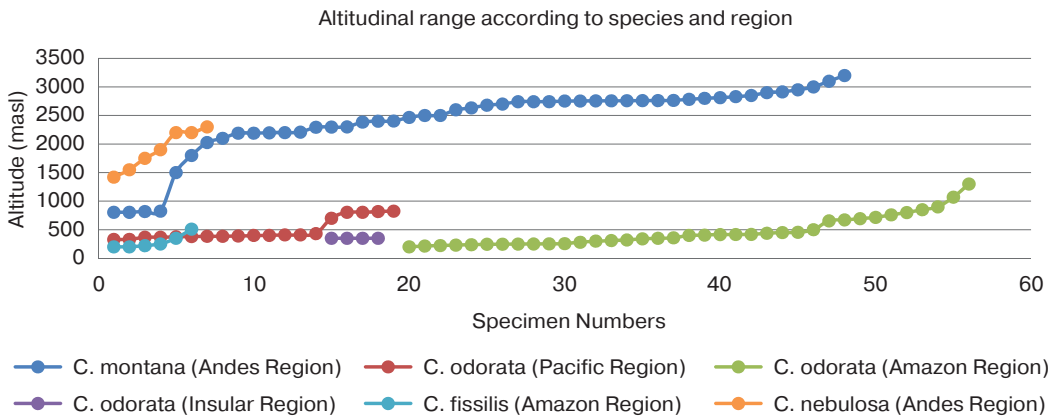
## METHODS

Georeference data was obtained of herbarium specimen.s from the National Herbarium of Ecuador (QCNE), Herbarium of the Pontificia Universidad Católica del Ecuador (QCA), Ministry of the Environment (MAE) and Walter Palacios, the expert in Meliaceae. In addition, data was included from field collections of the Phylogeography of *Cedrela* [14]. Two hundred forty seven specimens (247) were collected and georeferenced (Garmin Etrex Summit and Magellan Meridian Platinum GPS).

The map of geographical distribution of the genus *Cedrela* in Ecuador was generated using data collected and vegetable formations division of the continental Ecuador [2; 12; 20; 23]. ArcGIS 10.3 Software was used in this study.

## RESULTS AND DISCUSION

On large scale, there was a clear division in the geographical distribution of Cedar species in Ecuador: *Cedrela montana* is distributed in the Andean Region between 805 and 3200 meters above sea level; *C. nebulosa* in the Andean Region in heights between 1420 to 2300 masl; *Cedrela odorata* was the most widespread species located in three regions: Pacific (330—825 masl), Amazonian (200—1300 mas) and Insular region at 350 m. *Cedrela fissilis* was found only in the Amazon Region at elevations between 200 and 510 masl (Fig. 1 and 2).



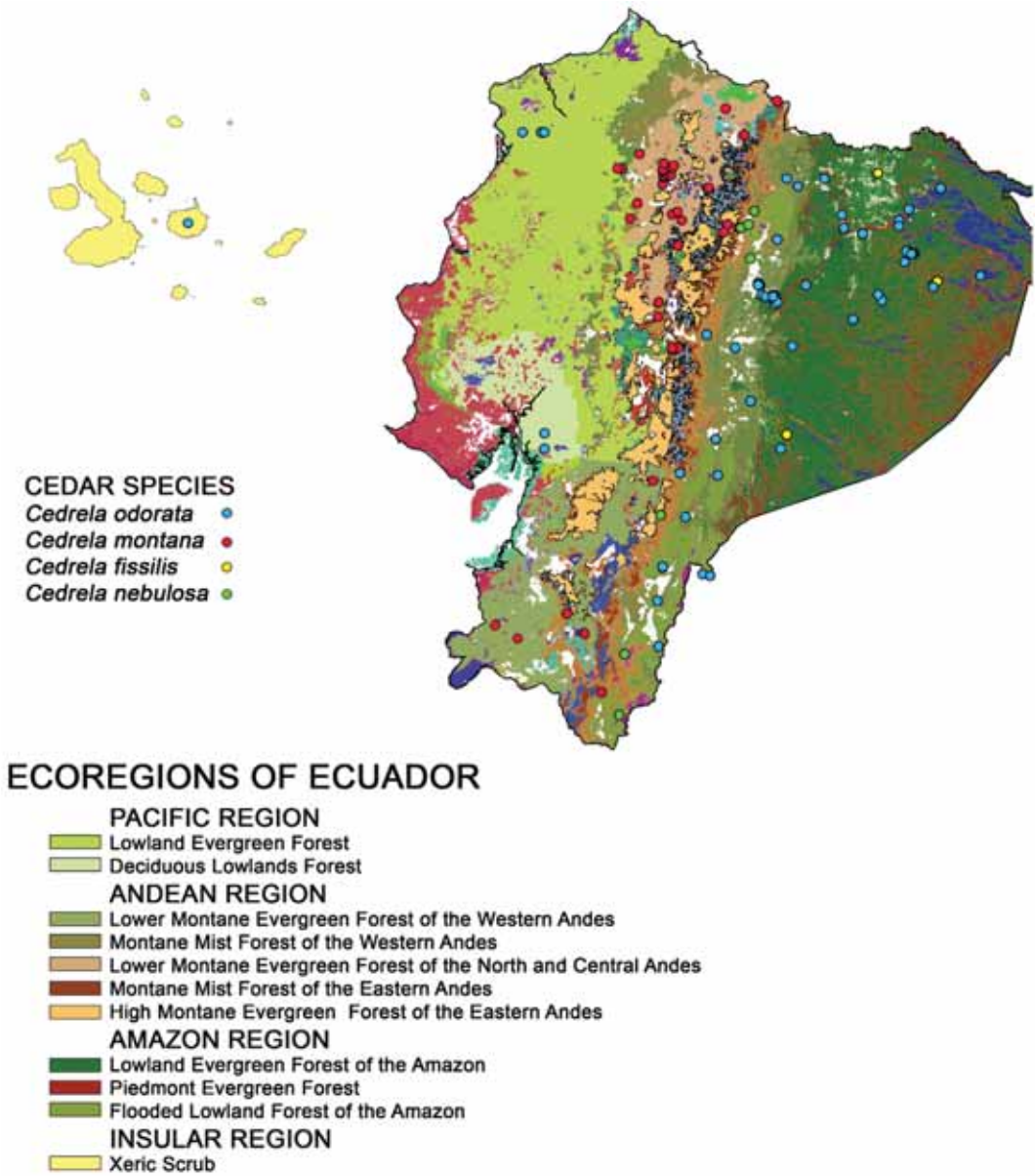
**Fig. 1.** Scatter plot of Cedar species distribution by altitudinal range and region

The Cedar distribution in the Ecoregions of Ecuador classified by [23; 20] showed a notorious preference of each species to different formations. As shown in Figure 2, the most widely distributed species was *Cedrela odorata*, found in the following Ecoregions: Lowland Evergreen Forest of the Amazon, and Flooded Lowland Forest of the Amazon at heights from 200 to 1300 masl. In the Pacific Region it was presented in Lowland Evergreen Forest, Piedmont Evergreen Forest of the Coast Mountains and Deciduous Forest of Lowlands, at heights from 330 to 825 masl. In Galápagos Islands *C. odorata* was found in the Xeric Scrub Ecoregion at 350 masl.

*Cedrela montana* was restricted to the Andean Region in the following Ecoregions: Lower Montane Evergreen Forest and Montane Mist Forest of the Western Andes, Lower Montane Evergreen Forest of the North and Central Andes, and High Montane Evergreen Forest of the Eastern Andes in heights between 805 and 3200 masl. In the previous Ecoregion and in the Montane Mist Forest of the Eastern Andes, the species *C. nebulosa* was also located in heights between 1420 to 2300 masl. *Cedrela fissilis* appeared only in the Amazon Region in the Lowland Evergreen Forest and Flooded Forest of the Amazon at heights between 200 to 510 masl (Fig. 2).

The regions where *Cedrela* species were located are enclosed in three different biodiversity hotspots. *C. odorata* in the Coast Region (Mache Chindul Ecological Reserve and Maglares Churute Nature Reserve) is located in Chocó-Darién-Western Ecuador Hotspot [4]. Both, *Cedrela odorata* and *C. fissilis* in the Amazon and *Cedrela montana* is in the Hotspot of the Tropical Andes (Table 1).

The *C. odorata* distribution determine that is adapted to two habitat types: tropical rainforest and tropical monsoon where the climate is warm dry and warm humid in the regions of the Central and Insular Coast and in the North Coast and Amazon Regions, respectively. Adaptations due to growth in different regions have been recorded in previous studies [18; 19], where it was established that *C. odorata* populations of Xeric (high solar radiation and low humidity) and Mesics environments (higher humidity and lower radiation) of Costa Rica differ in morphological and adaptive characteristics such as seed weight, seedling size, root neck diameter (RND) of the seedling, leaf size, weight of the sheet. In Xeric environment *C. odorata* populations showed higher values in the morphological characteristics than *C. odorata* of Mesics habitat as an adaptation to survive in drought.



**Fig. 2.** Map of *Cedrela* Distribution in Ecuador based in the plant formations classification of Sierra *et al* (1999) and Olson (2002). Symbology: *C. odorata*, blue circle; *C. montana*, red circle; *C. fissilis*, yellow circle and *C. nebulosa*, green circle (ArcGis 10.3)

The leaves of *C. odorata* sampled in dry and humid environments showed differences in size. In addition, in the research developed by [14] about molecular phylogenetics of Cedar in Ecuador using chloroplastic genes cpDNA and transcribed internal spacers (ITS) was suggested a possible incipient speciation and/or a subspecies status over *C. odorata* populations. The two lineages found for this species were correlated with the region of distribution, one from the Central Coast Region and Insular Region (dry climate) and the other from the North Coast and Amazon Region (humid climate). However, to



corroborate this hypothesis it is suggested to perform morphological and ecological studies to determine the parameters on which the dry and humid environments caused a selective pressure and therefore its adaptation.

Table 1

**Summary of cedrela species location according to hotspot and plant formations**

Species	Hotspot (h) or Region (r)	Plant formation (Sierra et al., 1999; Olson, 2002)
<i>Cedrela odorata</i>	Amazonia (r)	Lowland Evergreen Forest of the Amazon
		Piedmont Evergreen Forest
		Flooded Lowland Forest of the Amazon
	Choco-Darien (h)	Lowland Evergreen Forest
		Deciduous Lowlands Forest
	Island (r)	Xeric Scrub
<i>Cedrela montana</i>	Tropical Andes (h)	Lower Montane Evergreen Forest of the Western Andes
		Montane Mist Forest of the Western Andes
		Lower Montane Evergreen Forest of the North and Central Andes
		High Montane Evergreen Forest of the Eastern Andes
<i>Cedrela nebulosa</i>	Andes (h)	High Montane Evergreen Forest of the Eastern Andes
		Montane Mist Forest of the Western Andes
<i>Cedrela fissilis</i>	Amazon (r)	Lowland Evergreen Forest of the Amazon
		Flooded Lowland Forest of the Amazon

*Cedrela montana* and *C. nebulosa* share the same Andean region, however the first one is more widely distributed. This ecoregions are characterized by the frequent presence of moving fog. The climate is pluvial humid to hyperhumid and the soil is well moist and drained. The altitudinal range between both species also varies slightly, being that *C. montana* can reach a higher altitude of up to 3200 masl. Finally, *C. fissilis* was the least dispersed and in a lower altitudinal range, it was located only in the Amazon region.

## CONCLUSION

With the exception of the studies of [21], there is only scarce information on current distribution of cedar in Ecuador; with this study is cleared the distribution of cedar taking to consider the altitude and the ecoregions where each species develops. Also we found that *C. odorata* of tropical rainforest and tropical monsoon climates shows morphological differences like the size leaf. To prove if there are adaptations to both habitats morphological, ecological and phylogenetic studies must be carried out.

The distribution of cedar has been observed to be restricted to tree main regions depending of each species. All of these regions coincide with highly deforested areas, hence, *Cedrela genus* must be consider a priority conservation group due to their vulnerability to extinction as a result of anthropogenic activities that destroy or modify the environment; In general, deforestation in Ecuador has shown a high rate and is one of the main cause to the climate change with important implications for ecosystem functioning and biodiversity conservation [24]. The deforestation plays an important role in increasing global warming because has enhanced emission of greenhouse gases such as carbon dioxide, methane, and nitrous oxide, especially it has contributed 6–17% of global anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere [1; 5; 9]. Therefore, deforestation

avoidance is helpful for supporting reduced greenhouses gases and also provides other benefits such as conservation of ecosystem biological diversity, prevention of forest fragmentation, protection of watersheds, improvement of local livelihoods, and provision of additional income for developing countries [13; 16].

The threat of species is the direct consequence of *Cedrela* logging, in particular *C. fissilis* which is as a rare species (restricted distribution and sparse populations) and in danger of extinction. Therefore, the cedar reforestation can improve the current state of *Cedrela* in Ecuador; in order to have a good reforestation management, the actual distribution and the habitat preferences of each species must be considered. In addition, because cedar distribution concurs with biological ‘hotspot’, it has a high conservation value [24] owing hotspots have been considered such prior areas to research about of the origin of the biologic diversity [7].

#### **Acknowledgments:**

The research was generously supported by University of Armed Forces-ESPE (Ecuador). We gratefully acknowledge the collaboration of the Plant biotechnology Laboratory especially to Dr. Karina Proaño. We express thanks to Cedral Ecodge, National Herbarium of Ecuador (QCNE), Herbarium of the Pontifical Catholic University of Ecuador (QCA), Ministry of the Environment (MAE) and Walter Palacios for permitting to collect data for it study with permission number FLORA No. 0015 MAE-DPO-PNY.

#### **REFERENCES**

- [1] Baccini, A., Goetz, S.J., Walker, W.S., Laporte, N.T., Sun, M., Sulla-Menashe, D., Hackler, J., Beck, P.S.A., Dubayah, R., Friedl, M.A., Samanta, S. and Houghton, R.A. 2012. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. *Nature Climate Change* 2, 182—185.
- [2] Báez, S., Salgado, S., Santiana, J., Cuesta, F., Peralvo, M., Galeas, R., Josse, C., Aguirre, Z., Navarro, G., Ferreira, W., Cornejo, X., Mogollón, H., Ulloa, C., León-Yáñez, S., Ståhl, B & Toasa, G. 2010. Propuesta Metodológica para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE) & Consorcio para el Desarrollo Sustentable de la Ecoregión Andina (CODESAN). Quito-Ecuador. (pp. 28—36; 95—178).
- [3] Cavers, S., Navarro, C., & Lowe, A. 2003. Chloroplast adn phylogeography reveals colonisation history of a Neotropical tree, *Cedrela odorata* L., in Mesoamerica. *Molecular Ecology* 12, 1451—1460.
- [4] Critical Ecosystem Partnership FUND (CEPF). 2005. Chocó-Manabí Conservation Corridor. Colombia and Ecuador. Available at: [http://www.cepf.net/Documents/final\\_chocodarienwesternecuador.chocomanabi.briefingbook.pdf](http://www.cepf.net/Documents/final_chocodarienwesternecuador.chocomanabi.briefingbook.pdf) (date of access: 10/11/16).
- [5] Fearnside, P. and Laurance, W. 2004. Tropical deforestation and greenhouse-gas emissions. *Ecological Applications*, 14(4).
- [6] Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2016 Global Forest Resources Assessment 2015. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf> (date of access: 15/12/16).
- [7] Garcia, M., Santos, R., Carniello, M., Veldman, J., Bandini, A., & Oliveira, L. 2011. Molecular evidence of cryptic speciation, historical range expansion, and recent intraspecific hybridization in the Neotropical seasonal forest tree *Cedrela fissilis* (Meliaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 61, 639—649.
- [8] Hernández, G., Buonamici, A., Walker, K., Vendramin, G., Navarro, C., & Cavers, S. 2007. Isolation and characterization of microsatellite markers for *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), a high value neotropical tree. *Conservation Genetics* 9, 457—459.

- [9] Herzog, S., Martinez, R., Jørgensen, P., & Tiessen, H. 2011. Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. MacArthur Foundation, Inter American Institute for Global Change Research (IAI) & Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE).
- [10] IUCN. (2016). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 17 November 2016.
- [11] IUFRO, International Union of Forest Research Organizations in Brisbane, Australia. (2008). “Sustainable management of highvalue timber species of the Meliaceae: a global perspective”: Introduction. *Forest Ecology and Management* 255, 265–268.
- [12] Josse, C., Navarro, G., Comer, P., Evans, R., Faber-Langendoen, D., Fellows, M., Kittel, G., Menard, S., Pyne, M., Reid, M., Schulz, K., Snow, K., & Teague, J. 2003. *Ecological Systems of Latin America and the Caribbean: A Working Classification of Terrestrial Systems*. NatureServe: Arlington, Virginia. USA.
- [13] Lawrence, D. 2014. Effects of Tropical Deforestation on Climate and Agriculture
- [14] Llerena, S., Jadán, M. & Proaño, K. 2012. Filogeografía molecular de las especies *Cedrela odorata*, *Cedrela fissilis* y *Cedrela montana* (meliaceae) del Ecuador mediante el uso de genes cloroplásticos cpADN y espaciadores internos transcritos (ITS). Tesis de pregrado. Laboratorio de Biotecnología Vegetal. Escuela Politécnica del Ejército.
- [15] Ministry of environment (MAE). 2012 / Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental, Quito-Ecuador. <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/Folleto%20mapa-parte1.pdf>
- [16] Moutinho, P. and Schwartzman, S. 2005. Tropical Deforestation and Climate Change. Amazon Institute for Environmental Research
- [17] Muellner, A., Pennington, T., Koecke, A., & Renner, S. 2010. Biogeography of *Cedrela* (Meliaceae, Sapindales) in Central and South America. *American Journal of Botany* 97, 511–518.
- [18] Navarro, C., & Vázquez, W. 1987. Genetic variability in seeds and seedlings of *Cedrela odorata*. Paper presentado en el Congreso Forestal Nacional de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- [19] Navarro, C., Ward, S., & Hernandez, M. 2002. The tree *Cedrela odorata* (Meliaceae): a morphologically subdivided species in Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 50, 21–29.
- [20] Olson, D.M. and E. Dinerstein. 2002. The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. (PDF file) *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89: 125–126. The Nature Conservancy, USDA Forest Service and U.S. Geological Survey, based on Bailey, Robert G. 1995. Description of the ecoregions of the United States (2nd ed.). Misc. Pub. No. 1391, Map scale 1:7,500,000. USDA Forest Service. 108pp. The Nature Conservancy (2003), based on Wiken, E.B. (compiler). 1986. Terrestrial ecozones of Canada. Ecological Land Classification Series No. 19. Environment Canada, Hull, Que. 26 pp. + map.
- [21] Palacios, W. 2011. “Situación de *Swietenia macrophylla* King y *Cedrela odorata* L. en el Ecuador” (inédito). Quito: TRAFFIC-UICN.
- [22] Rull, V. 2007. On the origin of present Neotropical biodiversity: a preliminary meta-analysis about speciation timing using molecular phylogenies. *Orsis* 22, 105–119.
- [23] Sierra, R., Cerón, C., Palacios, W., & Valencia, R. 1999. Mapa de vegetación del Ecuador Continental. Escala 1:1000.000. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF, Wildlife Conservation Society y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- [24] Tapia-Armijos, M.F., Homeier, J., Espinosa, C.I., Leuschner, C., De La Cruz, M. 2015. Deforestation and Forest Fragmentation in South Ecuador since the 1970s — Losing a Hotspot of Biodiversity. *PLoS ONE*. 10(9).
- [25] Varela, F. 1997. Genetic Resources of *Swietenia* and *Cedrela* in the Neotropics: Proposals for Coordinated Action. Forest Resources Division. Forestry Department Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Roma. Italia. Proyecto FAO/GCP/RLA/128/NET.
- [26] Zúñiga, S. (1999). Memoria del Taller sobre el programa de Evaluación de los Recursos Forestales en once países Forestales. Situación actual de la forestación y reforestación en el Ecuador. INEFAN. Ecuador. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (SIDA). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Available at: <http://www.fao.org/docrep/007/ad102s/AD102S00.htm#TopOfPage> (date of access: 20/01/17).

**Article history:**

Received: 25.02.2017

Revised: 01.03.2018

**For citation:**

Silvia Alejandra Llerena, Natalia Salinas, Luiz Orlando de Oliveira, Mónica Jadán-Guerrero, Claudia Segovia-Salcedo. (2018) Distribution of the genus CEDRELA in Ecuador. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 125—133. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-125-133

**Bio Note:**

*Silvia Alejandra Llerena* — Master in Ecology and Nature Management, Department of Ecology. Peoples Friendship University of Russia. E-mail: alellerenag@gmail.com

*Natalia Salinas* — PhD (c), Department of Horticultural Sciences. University of Florida. United States

*Luiz Orlando de Oliveira* — PhD genetics and plant breeding, Department of Biochemistry and Molecular Biology. Federal University of Viçosa. Brazil-MG.

*Mónica Jadán-Guerrero* — PhD (c), Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Av. General Rumiñahui S/N. Sangolquí. Ecuador.

*Claudia Segovia-Salcedo* — PhD in Molecular Systematics, Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Av. General Rumiñahui S/N. Sangolquí. Ecuador.

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ РОДА ЦЕДРЕЛА В ЭКВАДОРЕ

Сильвия Алехандра Йерена<sup>1</sup>, Наталья Салинас<sup>2</sup>, Луиз Орландо де Оливейра<sup>3</sup>,  
Моника Хадан Герреро<sup>4</sup>, Клаудия Сеговия Салседо<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup> Кафедра садоводства. Университет Флориды  
*США, 32611, Флорида*

<sup>3</sup> Кафедра химии и молекулярной биологии. Федеральный университет Викоза  
*Бразилия, 36570-900, Викоса, ул. Питер Генри Рольфс*

<sup>4</sup> Кафедра естественных наук и сельского хозяйства.  
Университет вооруженных сил — ESPE  
*Эквадор, 171103, Санголки, просп. Главн. Руминьяви*

**История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 25.02.2017

Дата принятия к печати: 01.03.2018

**Для цитирования:**

*Йерена С.А., Салинас Н., де Оливейра Л.О., Герреро М.Х., Салседо К.С.* Распространение рода Цедрела в Эквадоре // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2018. Т. 26. № 1. С. 125—133. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-125-133

**Сведения об авторах:**

*Йерена Сильвия Алехандра* — магистр экологии и природопользования кафедры экологии Российского университета дружбы народов. Москва-Россия E-mail: alellerenag@gmail.com

*Салинас Наталья* — кандидат технических наук кафедры садоводства Университета Флориды. США

*де Оливейра Луиз Орландо* — кандидат наук (генетика и селекция растений) кафедры биохимии и молекулярной биологии Федерального университета Викоца. Бразилия.

*Герреро Моника Хадан* — кандидат наук PhD (с) кафедры естественных наук и сельского хозяйства Университета вооруженных сил — ESPE. Санголки, Эквадор.

*Салцедо Клаудия Сеговиа* — кандидат наук PhD в области молекулярной систематики кафедры естественных наук и сельского хозяйства Университета вооруженных сил — ESPE. Санголки, Эквадор.



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-134-152

УДК 502.33

## ПОЛОЖЕНИЕ РОССИИ В МЕЖДУНАРОДНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕЙТИНГАХ

Н.Н. Алексеева, М.А. Аршинова, А.И. Банчева

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

Международные экологические рейтинги в последние десятилетия стали важным инструментом оценки прогресса стран в сфере реализации экологической политики и целей устойчивого развития. Разработкой рейтингов занимаются международные организации и сети, университеты, научные коллективы и коммерческие компании. На основе анализа составленной базы данных проведена классификация интегральных экологических рейтингов, выделены восемь тематических групп. Рассмотренные международные рейтинги сгруппированы в три категории, отражающие положение нашей страны. Россия занимает лидирующие позиции всего лишь в нескольких в рейтингах, составленных на основе индексов экологической эффективности, адаптации к климатическим изменениям, экологической демократии. Россия занимает удовлетворительное положение в рейтингах на основе индексов адаптированных чистых сбережений, загрязнения, процветания, водного стресса, гриндекса (зеленого индекса) и др. Невысокие позиции у России в рейтингах эффективности действий в области изменения климата, экологической уязвимости, климатического риска. При оценке движения в сторону «зеленой» экономики (по глобальному индексу «зеленой» экономики, низкоуглеродной экономики, индексу экологически чистых технологий и др.) Россия существенно отстает от многих стран ОЭСР и БРИКС. Анализ положения России в международных рейтингах выявил ряд методических факторов, влияющих на ее позицию и при этом далеко не всегда обеспечивающих объективную характеристику экологической ситуации. На основе проведенной оценки обобщены сильные и слабые стороны экологического развития нашей страны.

**Ключевые слова:** экологические рейтинги, индексы, индикаторы, Россия, состояние окружающей среды, экологическая политика

### ВВЕДЕНИЕ

Существует множество подходов и методик для оценки экологического состояния и устойчивого развития на разных территориальных уровнях. Одним из таких инструментов являются многочисленные экологические рейтинги, позволяющие оценивать страны, регионы, города, компании и предприятия. Рейтинги представляют результаты исследований в форме, которая доступна не только научному сообществу, но и широкой общественности, поэтому они часто цитируются в средствах массовой информации. В настоящее время глобальные экологические рейтинги стали важным элементом оценки достижений отдельных стран в сфере сохранения благоприятной окружающей среды, устойчивого развития, движения в сторону «зеленой» экономики, реализации ответственной кли-

матической политики и др. Растет интерес к составлению внутрироссийских экологических рейтингов регионов и городов [1–3], экологической ответственности компаний [4; 5]; они используются для повышения эффективности управления экологическими рисками и снижения негативных воздействий на окружающую среду. В настоящей работе рассматриваются только международные системы экологических рейтингов, в которых приводятся межстрановые сопоставления, что позволяет выявить место России по тем или иным основаниям на фоне других государств.

По методике составления, набору и агрегированию данных все рейтинги подразделяют: 1) на тематические (частные), иногда их называют рэнкинги (англ. ranking), использующие один–два индикатора; 2) интегральные (комплексные), построенные на основе разнообразных расчетных индексов с использованием большого числа первичных показателей (например, в индексе экологической уязвимости их 50). В российской научной литературе этот опыт в значительной степени обобщен в монографии С.Н. Бобылева с соавторами, посвященной индикаторам устойчивого развития [6], а также В.Р. Битюковой в монографии «Регионы и города России» [7].

Главная сложность составления комплексных индексов — адекватность параметров представления взаимосвязанных составляющих экологического развития (экономики, социальной сферы, институтов, научно-технологической политики, собственно показателей состояния окружающей среды и других аспектов). В публикации немецких ученых [8], анализирующей индексы устойчивого развития, с характерным названием «Измерение неизмеряемого», говорится о необходимости корреляции между исходными показателями при разработке экологических индексов. По мнению авторов, некоторые показатели устойчивости, используемые в настоящее время, нередко вводят в заблуждение при принятии решений по вопросам окружающей среды. Кроме того, объективность индексов осложняется необходимостью учета неодинаковых географических условий и уровней социально-экономического развития стран. Именно поэтому некоторые международные организации, в том числе, Европейское Агентство по окружающей среде, отдают предпочтение наборам отдельных индикаторов [9], нежели разработке сложных индексов, которые могут оказаться менее надежными, чем их компоненты.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Составлением экологических рейтингов занимается множество международных организаций и сетей, университеты, научные коллективы, а также коммерческие компании. Для этого используется статистическая информация, аккумулируемая в базах авторитетных международных организаций (ООН, ЮНЕП, ФАО, ВОЗ, ОЭСР, Международное энергетическое агентство, Всемирный банк, Институт мировых ресурсов и др.). Эти данные, как правило, отличаются достоверностью и хорошей сопоставимостью. Для составления рейтингов применяются и другие данные: результаты социологических опросов, информация из социальных сетей и т.п., но они не всегда достаточно объективны и надежны.

В ходе работы составлена база данных, включающая основные показатели ключевых международных экологических рейтингов. На основе анализа собранных данных проведена классификация международных интегральных экологических рейтингов по таким тематическим группам:

- *собственно экологические рейтинги*, характеризующие состояние окружающей среды и ее параметры по разным показателям, а также отражающие результативность экологической политики стран (индекс экологической эффективности, экологической уязвимости, индекс адаптации к глобальным изменениям, экологической демократии и др.);
- *рейтинги, оценивающие вклад в состояние окружающей среды на глобальном уровне* (экологический след, водный след, индекс живой планеты и др.);
- *эколого-экономические рейтинги*, в которых экологически скорректированы или адаптированы экономические показатели (индекс адаптированных чистых сбережений, индекс истощения природных ресурсов и др.);
- *рейтинги социального развития* (индекс человеческого развития, индекс социального прогресса и др.);
- *рейтинги, основанные на индикаторах устойчивого развития* (индекс устойчивого общества);
- *рейтинги, отражающие прогресс в сфере «зеленой экономики»* (глобальный индекс «зеленой экономики», инновационный индекс экологически чистых технологий, индекс низкоуглеродной экономики и др.);
- *рейтинги, оценивающие качество жизни с учетом экологической составляющей* (гриндекс, индекс лучшей жизни, индекс процветания, международный индекс счастья);
- *прочие рейтинги, имеющие экологическую составляющую* (индекс готовности к будущему, глобальный индекс инноваций и др.).

В приведенной краткой характеристике наиболее репрезентативных рейтинговых систем (табл. 1), рейтинги сгруппированы в три категории, отражающие место России, указаны также страны-лидеры и страны, занимающие наихудшие позиции в последних опубликованных рейтингах.

Таблица 1

**Положение России в системах глобальных экологических рейтингов**

Комплексный индекс/рейтинг, год создания, разработчики	Предмет оценки	Охват стран, год составления	Место Россия среди лидеров и аутсайдеров рейтинга
<b>1. Россия занимает верхние позиции (первая треть)</b>			
Индекс экологической эффективности ( <i>Environment Performance Index</i> ) [10], 2006, Центр экологической политики и права при Йельском университете (США)	Негативное воздействие окружающей среды на здоровье человека и состояние экосистем. 8 категорий экологических проблем и 19 индикаторов	180 стран, 2016	1. Финляндия 2. Исландия 3. Швеция ... <b>32. Россия</b> ... 180. Сомали
Глобальный индекс адаптации (к климатическим изменениям) ( <i>The Notre Dame Global Adaptation Index</i> ) [11], 1995, Университет Нотр-Дам (Франция)	Уязвимость к климатическим изменениям и другим глобальным вызовам, а также способность к ним адаптироваться	181 страна, 2016	1. Норвегия 2. Новая Зеландия 3. Финляндия ... <b>33. Россия</b> ... 181. Сомали



Продолжение табл. 1

Комплексный индекс/рейтинг, год создания, разработчики	Предмет оценки	Охват стран, год составления	Место Россия среди лидеров и аутсайдеров рейтинга
Истощение природных ресурсов, 2009, Всемирный Банк	Истощение природных ресурсов в денежном выражении, % от ВДП	136 стран, 2015	1. Того 2. ДР Конго 3. Соломоновы о-ва ... <b>29. Россия</b> ... 136. Бельгия
Индекс экологической демократии ( <i>Environmental Democracy Index</i> ) [12], 2014, Инициатива доступа (Access Initiative) и Институт мировых ресурсов (США) в сотрудничестве с партнерами по всему миру	Три компонента: право на свободный доступ к экологической информации, право участвовать в принятии решений, право добиваться соблюдения природоохранного законодательства или компенсации вреда	70 стран, 2014	1. Литва 2. Латвия 3. США ... <b>8. Россия</b> ... 70. Гаити
<b>2. Россия находится в средней части рейтингов</b>			
Индекс адаптированных чистых сбережений ( <i>Adjusted Net Savings</i> ) [13], 1993, Всемирный Банк	Учет человеческого капитала и экологического фактора в национальных счетах	106 стран, 2016	1. Непал 2. Бруней 3. Сингапур ... <b>56. Россия</b> ... 106. Ангола
Гриндекс (зеленый индекс) ( <i>Greendex Index</i> ) [14], 2012, National Geographic/ GlobeScan Consumer (США)	Потребление, поведение и материальный образ жизни	18 стран, 2014	1. Индия 2. Китай 3. Ю.Корея ... <b>8. Россия</b> ... 18. США
Индекс социального прогресса ( <i>Social Progress Index</i> ) [15], 2006, некоммерческий проект "The Social Progress Imperative" (США)	Достижения в социальной сфере. В категории «Основы благополучия человека» один из показателей — «Устойчивость экосистем»	128 стран, 2017	1. Дания 2. Финляндия 3. Исландия ... <b>67. Россия</b> ... 128. ЦАР
Глобальный индекс инноваций ( <i>Global Innovation Index</i> ) [16], 2007, Корнельский университет (США), Международная бизнес-школа INSEAD (Франция) и ВОИС	Потенциал инновационной деятельности и ее результаты. Одна из составляющих — экологическая устойчивость	127 стран, 2017	1. Швейцария 2. Швеция 3. Нидерланды ... <b>45. Россия</b> ... 127. Йемен
Индекс загрязнения ( <i>Pollution Index</i> ) [17], 2012, Numbeo (Сербия)	Загрязнение окружающей среды в странах и городах на основе базы данных, создаваемой по результатам социологического опроса посетителей сайта	98 стран, 2018 (обратное ранжирование)	1. Мьянма 2. Монголия 3. Афганистан ... <b>45. Россия</b> ... 98. Финляндия
Индекс процветания ( <i>Legatum Prosperity Index</i> ) [18], 2006, Аналитический центр The Legatum Institute (Великобритания)	Различные аспекты жизни общества и общественного благосостояния. Одна из 9 категорий — «Окружающая среда»	149 стран, 2016	1. Новая Зеландия 2. Норвегия 3. Финляндия ... <b>95. Россия</b> ... 149. Йемен

Продолжение табл. 1

Комплексный индекс/рейтинг, год создания, разработчики	Предмет оценки	Охват стран, год составления	Место Россия среди лидеров и аутсайдеров рейтинга
Индекс водного стресса ( <i>Water Stress Index</i> ) [19], 2013, Институт мировых ресурсов (США)	Нехватка воды удовлетворительного качества и количества для обеспечения нужд населения и окружающей среды	180 стран, 2013 (обратное ранжирование)	1. Антигуа и Барбуда 2. Барбадос 3. Коморские о-ва ... <b>108. Россия</b> ... 180. Южный Судан
Индекс экологической уязвимости ( <i>Environmental Vulnerability Index</i> ) [20], 1999, Комиссия по геоинформатике Южно-Тихоокеанского региона	Степень уязвимости природной среды и подверженность ее ущербу и деградации	234 страны, 2005	1. Ботсвана 2. ЦАР 3. Намибия ... <b>71. Россия</b> ... 234. Американское Самоа
<b>3. Россия занимает худшие позиции (нижняя треть)</b>			
Индекс готовности к будущему [21], 2017, Международный дискуссионный клуб «Валдай» и ВЦИОМ (Российская Федерация)	Готовность стран отвечать на будущие вызовы, их роль в сценариях будущего, конкурентоспособность по ряду направлений. 10 ключевых сфер, в том числе «Ресурсы и экология»	«Большая двадцатка», 2017	1. Германия 2. США 3. Великобритания ... <b>12. Россия</b> ... 20. Индонезия
Водный экологический след ( <i>Water Footprint</i> ) [22], 1996, «Сеть водного следа» (Нидерланды)	Объем пресной воды, потребляемой или загрязненной на территории страны в результате антропогенной деятельности в различных секторах экономики, м <sup>3</sup> /чел. в год	173 страны, за период 1996—2005 (обратное ранжирование)	1. Нигер 2. Боливия 3. США ... <b>27. Россия</b> ... 195. ДР Конго
Индекс эффективности действий в области изменения климата ( <i>Climate Change Performance Index</i> ) [23], 2005, Европейская Сеть климатических действий и НПО Немецкая Наблюдательная Инициатива» (Germanwatch) (Германия)	Энергетическая политика страны, в том числе эмиссии CO <sub>2</sub> , энергоэффективность, развитие возобновляемой энергетики, климатическая политика и др.	60 стран, составляющих 90% энергетически обусловленных мировых выбросов CO <sub>2</sub> , 2017	1. – 2. – 3. – 4. Франция 5. Швеция ... <b>53. Россия</b> ... 61. Саудовская Аравия
Экологический след ( <i>Ecological Footprint</i> ) [24], 1992, НКО «Глобальная сеть экологического следа»	Потребление природных ресурсов, выраженное через площадь территории и акватории, необходимой для их воспроизводства и поглощения отходов	более 200 стран, 2016 (обратное ранжирование)	1. Люксембург 2. Австралия 3. Гонгконг ... <b>21. Россия</b> ... 140. Гаити
Индекс климатического риска [25], 1994, НПО Немецкая Наблюдательная Инициатива» (Germanwatch) (Германия)	Ущерб, наносимый экстремальными климатическими событиями	181 страна, 2015 (обратное ранжирование)	1. Гаити 2. Зимбабве 3. Фиджи ... <b>31. Россия</b> ... 181. Узбекистан
Индекс лучшей жизни ( <i>Better Life Index</i> ) [26], 2011, Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР)	11 аспектов, отражающих физические условия и качество жизни, в том числе «Качество окружающей среды»: загрязнение воздуха (PM 2.5) и качество воды	38 стран, 2016	1. Норвегия 2. Австралия 3. Дания ... <b>33. Россия</b> ... 38. ЮАР

Окончание табл. 1

Комплексный индекс/рейтинг, год создания, разработчики	Предмет оценки	Охват стран, год составления	Место Россия среди лидеров и аутсайдеров рейтинга
Глобальный инновационный индекс экологически чистых технологий ( <i>Global Cleantech Innovation Index</i> ) [27], 2012, компания Cleantech совместно с WWF, UNIDO, Азиатским банком развития	Четыре субиндекса, включающих 15 индикаторов, в том числе экологические патенты, доля возобновляемой энергетики, компании, использующие экологически чистые технологии, и др.	40 стран, 2017	1. Дания 2. Финляндия 3. Швеция ... <b>39. Россия</b> 40. Индонезия
Индекс низкоуглеродной экономики ( <i>The Low Carbon Economy Index</i> ) [28], 2016, Pricewaterhouse Coopers (Великобритания)	Действия стран «Большой двадцатки» по формированию низкоуглеродной экономики и достижению целей Парижского соглашения (2015)	20 стран, 2016	1. Китай 2. Великобритания 3. США ... <b>15. Россия</b> ... 20. Италия
Глобальный индекс «зеленой экономики» ( <i>Global Green Economy Index</i> ) [29], 2010, Dual Citizen LLC (США)	Прогресс в области «зеленой экономики» и его восприятие экспертами	80 стран, 2016	1. Швеция 2. Норвегия 3. Финляндия ... <b>74. Россия</b> ... 80. Саудовская Аравия
Индекс привлекательности стран для развития возобновляемой энергетики ( <i>Renewable Energy Country Attractiveness Index</i> ) [30], 2003, Ernst & Young (Великобритания)	Привлекательность для инвестиций и создания генерирующих мощностей возобновляемой энергетики	40 стран, 2015	1. Китай 2. США 3. Германия ... <b>40. Россия</b>
Индекс устойчивого общества ( <i>Sustainable Society Index</i> ) [31], 2006, Фонд устойчивого общества (Нидерланды)	Устойчивость страны по трем направлениям: социальное, экологическое и экономическое благополучие	154 страны, 2016	<i>Экологическое благополучие:</i> 1. Бурунди 2. Того 3. Лесото ... <b>144. Россия</b> ... 154. Катар
Международный индекс счастливой Планеты ( <i>Happy Planet Index</i> ) [32], 2006, Фонд новой экономики (Великобритания)	Благосостояние людей и состояние окружающей среды — три показателя: удовлетворенность жизнью, ожидаемая продолжительность жизни и экологический след	140 стран, 2016	1. Коста-Рика 2. Мексика 3. Колумбия ... <b>116. Россия</b> ... 140. Чад

Table 1

### Ranks of Russia in Global Environmental Ratings

Index / Rating. Year of issue, organization	Subject of indices	Number of countries, last year available	Rank of Russia among the leaders and outsiders
<b>1. Russia occupies the leading positions (upper third)</b>			
Environment Performance Index [10]. Since 2006; The Yale Center for Environmental Law & Policy (USA)	Countries' performance in two areas: protection of human health and protection of ecosystems. 8 categories of environmental problems and 19 indicators.	180 countries, 2016	1. Finland 2. Iceland 3. Sweden ... <b>32. Russia</b> ... 180. Somalia

Continuation of table 1

Index / Rating. Year of issue, organization	Subject of indices	Number of countries, last year available	Rank of Russia among the leaders and outsiders
The Notre Dame Global Adaptation Index [11]. Since 1995; Notre Dame University (France)	Vulnerability to climate change and other global challenges, and the ability to adapt to them	181 countries, 2016	1. Norway 2. New Zealand 3. Finland ... <b>33. Russia</b> ... 181. Somalia
Depletion of natural resources Since 2009; World Bank	Depletion of natural resources in monetary terms (% of GNI)	136 countries, 2015	1. Togo 2. DR Cong 3. Solomon Islands ... <b>29. Russia</b> ... 136. Belgium
Environmental Democracy Index [12] Since 2014, The Access Initiative and World Resources Institute (USA) with partners over the world	Three pillars: the right to free access to environmental information, the right to participate in decision-making and the right to seek compliance with environmental legislation or compensation for harm	70 countries, 2014	1. Lithuania 2. Latvia 3. USA ... <b>8. Russia</b> ... 70. Haiti
<b>2. Russia ranks in the middle of the ratings</b>			
Adjusted Net Savings [13]. Since 1993; World Bank	Accounting for human capital and the environmental factor in national accounts.	106 countries, 2016	1. Nepal 2. Brunei 3. Singapore ... <b>56. Russia</b> ... 106. Angola
Greendex Index [14]. Since 2012; National Geographic/ GlobeScan Consumer (USA)	Actual consumer behavior and material lifestyles	18 countries, 2014	1. India 2. China 3. Rep. Korea ... <b>8. Russia</b> ... 18. USA
Social Progress Index [15]. Since 2006; "The Social Progress Imperative" (USA)	Achievements in the social sphere. The component "Bases of well-being" includes the indicator of "Ecosystem sustainability"	128 countries, 2017	1. Denmark 2. Finland 3. Iceland ... <b>67. Russia</b> ... 128. Central African Republic
Global Innovation Index [16]. Since 2007; Cornell University (USA), INSEAD, the World Intellectual Property Organization (WIPO)	The potential of innovation activity and its results. One of the components is environmental sustainability	127 countries, 2017	1. Switzerland 2. Sweden 3. the Netherlands ... <b>45. Russia</b> ... 127. Yemen
Pollution Index [17]. Since 2012; Numbeo (Сербия)	Environment pollution in countries and cities on the basis of a database created by the results of a poll of site visitors	98 countries, 2018 (inverse distribution)	1. Myanmar 2. Mongolia 3. Afghanistan ... <b>45. Russia</b> ... 98. Finland

Continuation of table 1

Index / Rating. Year of issue, organization	Subject of indices	Number of countries, last year available	Rank of Russia among the leaders and outsiders
Legatum Prosperity Index [18]. Since 2006, Аналитический центр The Legatum Institute (UK)	Various aspects of society and public welfare. One of the nine categories is "The environment"	149 countries, 2016	1. New Zealand 2. Norway 3. Finland ... <b>95. Russia</b> ... 149. Yemen
Water Stress Index [19]. Since 2013; World Resources Institute (USA)	Lack of water of satisfactory quality and quantity to meet the needs of the population and the environment.	180 countries, 2013 (inverse distribution)	1. Antigua and Barbuda 2. Barbados 3. Comoro Icelands ... <b>108. Russia</b> ... 180. South Sudan
Environmental Vulnerability Index [20]. Since 1999; South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC)	The degree of environmental vulnerability of a particular country and the susceptibility to damage and degradation	234 countries, 2005	1. Botswana 2. CAR 3. Namibia ... <b>71. Russia</b> ... 234. American Samoa
<b>3. Russia is among the outsiders of the ratings (lower third)</b>			
Readiness to Future Index [21]. Since 2017; Valdai Discussion Club and Russian Public Opinion Research Center (VCIOM, Russia)	Willingness of the countries to respond to future challenges, their role in scenarios of future, competitiveness in a number of ways. 10 key areas, including "Resources and Environment"	G20 countries, 2017	1. Germany 2. USA 3. UK ... <b>12. Russia</b> ... 20. Indonesia
Water Footprint [22]. Since 1996; Water Footprint Network (the Netherlands)	The total amount of fresh water consumed or contaminated within a country as a result of anthropogenic activity in various sectors of the economy, m <sup>3</sup> /cap/ per year	173 countries for the period 1996—2005 (inverse distribution)	1. Niger 2. Bolivia 3. USA ... <b>27. Russia</b> ... 195. DR Congo
Climate Change Performance Index [23]. Since 2005; Climate Action Network Europe, Germanwatch (Germany)	Energy policy of the countries, including CO <sub>2</sub> emissions, energy efficiency, development of renewable energy, climate policy, etc.	60 countries, responsible for 90% of the global CO <sub>2</sub> emissions from fuel combustion, 2017	1. – 2. – 3. – 4. France 5. Sweden ... <b>53. Russia</b> ... 61. Saudi Arabia
Ecological Footprint [24]. Since 1992; Global Footprint Network	The consumption of natural resources, expressed through the territory and water area needed for their reproduction and waste absorption	More than 200 countries, 2016 (inverse distribution)	1. Luxemburg 2. Australia 3. Hong Kong ... <b>21. Russia</b> ... 140. Haiti
Climate Risk Index [25]. Since 1994; Germanwatch (Germany)	The damage caused by extreme climatic events	181 countries, 2015 (inverse distribution)	1. Haiti 2. Zimbabwe 3. Fiji ... <b>31. Russia</b> ... 181. Uzbekistan

End of table 1

Index / Rating. Year of issue, organization	Subject of indices	Number of countries, last year available	Rank of Russia among the leaders and outsiders
Better Life Index [26]. Since 2011; OECD	11 aspects reflecting physical conditions and quality of life, including «Environmental quality»: air pollution (PM 2.5) and water quality	38 countries, 2016	1. Norway 2. Australia 3. Denmark ... <b>33. Russia</b> ... 38. SAR
Global Cleantech Innovation Index [27]. Since 2012; Cleantech WWF, UNIDO, Asia Development Bank	4 subindices, 15 indicators, including environmental patents, share of renewable energy, companies that use environmentally friendly technologies, etc.	40 countries, 2017	1. Denmark 2. Finland 3. Sweden ... <b>39. Russia</b> 40. Indonesia
The Low Carbon Economy Index [28]. Since 2016; Pricewaterhouse Coopers (UK)	Actions by the G-20 countries in the low-carbon economy and achievements of the objectives of the Paris Agreement (2015)	20 countries, 2016	1. China 2. UK 3. USA ... <b>15. Russia</b> ... 20. Italy
Global Green Economy Index [29]. Since 2010; Dual Citizen LLC (USA)	Progress in the green economy and its perception by experts	80 countries, 2016	1. Sweden 2. Norway 3. Finland ... <b>74. Russia</b> ... 80. Saudi Arabia
Renewable Energy Country Attractiveness Index [30]. Since 2003; Ernst & Young (UK)	Attractiveness for investments and creation of the renewable energy generating capacities	40 countries, 2015	1. China 2. USA 3. Germany ... <b>40. Russia</b>
Sustainable Society Index [31]. Since 2006; Sustainable Society Foundation (the Netherlands)	Sustainability of the country in three areas: social, environmental and economic well-being	154 countries, 2016	<i>Environmental well-being:</i> 1. Burundi 2. Togo 3. Lecoto ... <b>144. Russia</b> ... 154. Qatar
Happy Planet Index [32]. Since 2006; New Economics Foundation (UK)	Welfare of people and the state of the environment: three indicators: satisfaction with life, life expectancy and ecological footprint	140 countries, 2016	1. Costa Rica 2. Mexico 3. Columbia ... <b>116. Russia</b> ... 140. Chad

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Россия представлена практически во всех системах глобальных рейтингов, составленных на основе интегральных экологических индексов (табл. 1), но занимает лидирующие позиции всего лишь в нескольких в рейтингах. Среди них — рейтинги на основе индексов экологической эффективности (32-е место среди 180 стран в 2016 г.), адаптации к климатическим изменениям (33-е место среди

181 страны в 2016 г.), экологической демократии (8-е место среди 70 стран в 2014 г.). Примечательно, что Россия находится в лидерах по индексу экологической эффективности — одному из самых авторитетных в мире. Он используется ООН для оценки прогресса в достижении Целей устойчивого развития до 2030 г. и реализации Парижского климатического соглашения. Индекс рассчитывается на основе 19 индикаторов, относящихся к девяти проблемным категориям (воздействие на здоровье, качество воздуха, водные ресурсы, биоразнообразие и местообитания, климат и энергетика и др.) [10]. Индекс оценивает состояние экосистем и качество окружающей среды, благодаря чему Россия характеризуется относительно благополучной ситуацией на фоне других стран. В 2016 г. наша страна обогнала Нидерланды (36-е место), Японию (39-е) и Бразилию (46-е), но уступила большинству экономически развитых стран, несмотря на то, что в сравнении с ними наша страна имеет неоспоримые преимущества с точки зрения сохранности природных ландшафтов и потенциала экосистемных услуг. Как известно, Россия — мировой лидер по общей площади охраняемых природных территорий (207 млн га), нетронутых лесов (272,7 млн га) и других малоизмененных ландшафтов. В то же время значительные территории заняты низкопродуктивными землями с высокими природными рисками. По оценкам Н.Н. Ключева [32], в России 60% занимают уязвимые природные комплексы многолетней криолитозоны, около 50% — слабо устойчивые к широкому спектру воздействий горные территории, 20% — сейсмоактивные районы, 18% — лавиноопасные районы. Существуют и другие экологические опасности — потеря биоразнообразия, аридизация, чрезмерная интенсификация сельского хозяйства и рыболовного промысла, на что указывают отдельные индикаторы индекса экологической уязвимости.

Россия занимает удовлетворительное положение (находится в средней части списка стран) в рейтингах, составленных на основе индекса адаптированных чистых сбережений (56-е место среди 106 стран в 2016 г.), глобального индекса инноваций (45-е среди 127 стран в 2017 г.), социального прогресса (67-е среди 128 стран в 2017 г.), загрязнения (59-е среди 115 стран в 2017 г.), гриндексу (зеленый индекс) (8-е среди 18 стран, 2016), процветания (95-е среди 149 стран в 2016 г.), водного стресса (обратное ранжирование, 108-е среди 190 стран, данные 2013 г.).

Один из ключевых рейтингов этой группы составлен на основе индекса адаптированных чистых сбережений Всемирного банка. Он учитывает истощение и чрезмерное использование природных ресурсов (энергетических, минеральных, лесных), а также ущерб от загрязнения окружающей среды (выбросы CO<sub>2</sub> и твердых частиц). Эти показатели вычитаются из внутренних валовых сбережений, отражая расходование природного капитала, при этом расходы на образование (фактически — инвестиции в человеческий капитал) плюсятся [6]. Среднемировое значение индекса 11,7%. В 2016 г. Россия занимала 56-е место из 106 стран с показателем 11,9% от ВНД [13]. Сопоставление России со странами, имеющими примерно такой же диапазон индекса (например, с Германией — 13,3%), отражает принципиально иную структуру индекса. В нашей стране потребление основного капитала в 3 раза ниже, чем в Германии, меньше доля расходов на образование (соответственно 3,5 и 4,7%), но больше показатель ущерба от истощения энергетических (8,8%) и минеральных (0,6%) ресурсов, эмиссий CO<sub>2</sub> (1,1%)

и твердых частиц (0,4%). В Германии эти величины составляют 0, 0, 0,2, 0,1% соответственно [13]. В итоге индекс отражает ситуацию снижения истинных сбережений в России за счет истощения недр, которые в должной степени не компенсируются экономическим ростом и вложениями в образование.

Невысокие позиции занимает Россия в следующих рейтингах: эффективность действий в области изменения климата (53-е место из 60 стран в 2017 г.), экологический след (обратное ранжирование, 38-е место из 151), экологическая уязвимость (71-е из 234 стран и территорий), качества жизни (по экологическим параметрам — 36-е место из 38), индекс климатического риска (обратное ранжирование, 31-е место из 181). К сожалению, позиции страны еще слабее при оценке движения в сторону «зеленой» экономики: по глобальному индексу «зеленой» экономики (74-е из 80 стран в 2016 г.), индексу низкоуглеродной экономики (15-е место из 20 в 2016 г.), инновационному индексу экологически чистых технологий (39-е из 40 в 2017 г.) и др. В 2017 г. Россия не была включена в рейтинг по индексу привлекательности стран для развития возобновляемой энергетики, хотя в 2015 г. она входила в этот рейтинг, занимая 39-е место из 40.

Ключевой рейтинг из этой группы — по эффективности действий в области изменения климата, составляемый для 60 стран — основных эмитентов углерода в мире. Он оценивает прогресс по пяти категориям индикаторов: уровень текущей эмиссии, тенденции изменения выбросов, энергоэффективность, развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ), климатическая политика. По интегральной оценке Россия занимала в 2016 и 2017 гг. 53-е место, оставаясь в числе стран с «низким уровнем» эффективности действий в области изменения климата (Алжир, Иран, Мексика и Казахстан). Традиционно низкие показатели у нашей страны отмечаются по категории, отражающей усилия по развитию ВИЭ. Видимо и дальше, по этому индикатору она останется в нижней части списка, судя по планам достичь 2,5% по доле новых ВИЭ в энергетическом балансе к 2024 г. В худшей группе Россия находится и по такому индикатору как энергоэффективность (туда входят Украина, Южная Африка, Эстония, Казахстан). Единственная из пяти категорий данного индекса, по которой Россия находится в средней группе стран — это климатическая политика.

В ряде случаев именно невысокие показатели экологической компоненты комплексных индексов «опускают» позиции России в том или ином рейтинге. Например, в упомянутом глобальном индексе инноваций (общее 45-е место) по субиндексу «экологическая устойчивость» Россия занимала в 2017 г. 83-е место, что в целом понизило место нашей страны в итоговом индексе [16]. Этот субиндекс оценивает объем ВВП на единицу произведенной энергии, индекс экологической эффективности и количество выданных сертификатов ISO 14001 по экологическому менеджменту. В то же время по большинству профильных показателей место нашей страны было намного выше (например, по развитию высшего образования, инвестициям в НИОКР, участию женщин в инновационной деятельности и др.). Аналогичная ситуация отмечается и в рейтинге, составленном отечественными разработчиками (Международный дискуссионный клуб «Валдай» и ВЦИОМ) на основе индекса готовности стран «большой двадцатки» к будущему. В общем рейтинге Россия в 2017 г. заняла 12-е место, а в сфере «Ресурсы и



экология» (оценивались доступность ключевых ресурсов, система переработки отходов, рациональное использование природных ресурсов) Россия оказалась на предпоследнем месте перед Саудовской Аравией. Такая же неудовлетворительная ситуация у России в структуре этого рейтинга отмечается и по экономике (19-е место из 20) [22].

Анализ места России в международных экологических рейтингах выявил ряд факторов, влияющих на ее позицию и при этом далеко не всегда обеспечивающих объективную характеристику экологической ситуации. Прежде всего, это подчас весьма сложная и не всегда прозрачная *методика* расчета некоторых индексов. Использование сложных формул приводит к тому, что место страны в итоговом рейтинге существенно отличается от ее положения, определенного по отдельным входящим в него индикаторам. Это до некоторой степени «скрывает» реальные экологические проблемы или, наоборот, не позволяет зафиксировать, в том числе и на международном уровне, прогресс, достигнутый в определенных направлениях. Это подтверждается, например, значительным разбросом мест, которые Россия занимала в 2014 г. по отдельным индикаторам индекса экологической эффективности. При общем 73-м месте (из 180 стран) Россия имела гораздо более успешное положение по таким показателям, как доступ к электроэнергии, качество воздуха в помещениях, морские ООПТ, рыбные запасы и др. В то же время Россия существенно отставала от «среднего» по запыленности воздуха, доступности санитарии, охране наземных биомов, регулированию применения пестицидов и др. Разница «наилучших» и «наихудших» позиций России по отдельным индикаторам составила более 140 пунктов.

Важным фактором является *набор индикаторов*, используемых при составлении индексов. Примером влияния этого фактора служит положение России в рейтингах экологической эффективности 2014 и 2016 гг. В 2016 г. при сохранении тех же проблемных категорий для расчета индекса использовался ряд новых показателей [10], в результате чего изменился вес категорий. В итоге это способствовало заметному улучшению позиции России в категориях «сельское хозяйство», «рыболовство», «вода и санитария» и «водные ресурсы». Единственная категория, в которой произошло незначительное ухудшение позиции России в 2016 г. по сравнению с 2014 г. — качество воздуха (с 94 до 85 баллов). Неудивительно, что в 2016 г. общая позиция России в рейтинге 180 стран мира существенно улучшилась — страна поднялась с 73-го на 32-е место.

Проведенный анализ показывает, что положение России может зависеть и от такого фактора, как *расчетный период*. Примером служит индекс климатического риска, рассчитанный на 2015 г. и за период 1996—2015 гг. Рейтинг 2015 г. отражал текущую ситуацию: Россия занимала 57-е место в мире с достаточно сопоставимыми позициями по абсолютным и удельным составляющим индекса. Рейтинг за период 1996—2015 гг. представил обобщенную картину, в которой два климатических бедствия (жара 2010 г. и наводнения 2012 г.) существенно ухудшили положение страны (общее 31-е место, в том числе 3-е по жертвам среди населения, 8-е по жертвам в расчете на 100 тыс. жителей и 14-е по экономическим потерям) [25].

Место России в глобальных рейтингах — ее сильные и слабые стороны экологического развития (табл. 2) отражает состояние экологического потенциала, управления природопользованием и политики нашей страны в сфере окружающей среды. Межстрановые сопоставления показывают, что по многим направлениям экологического развития Россия отстает от стран-лидеров, несмотря на удовлетворительные показатели ресурсообеспеченности и сохранности природных экосистем.

Таблица 2

**Сильные и слабые стороны России в соответствии с ключевыми международными экологическими рейтингами**

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Достаточная экологическая устойчивость благодаря состоянию экосистем и сохранению экстенсивного природопользования на значительных площадях (превышение биоемкости территории над экологическим следом; индекс истощения природных ресурсов). 2. Умеренное воздействие окружающей среды на состояние здоровья населения (качество воздуха (PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub> и др.), удовлетворительная обеспеченность питьевой водой и канализацией) (см. индекс экологической эффективности). 3. Умеренный водный стресс 4. Способность осуществлять адаптационные меры к климатическим изменениям (см. глобальный индекс адаптации). 5. Участие общественности в принятии экологических решений, раскрытие экологической информации (см. индекс экологической демократии)	1. Высокий уровень эмиссии углекислого газа и углеродоемкость экономики (см. индекс низкоуглеродной экономики, глобальный индекс «зеленой» экономики, индекс эффективности действий в области изменения климата). 2. Низкая эффективность энергопотребления (см. индекс эффективности действий в области изменения климата). 3. Невысокая доля возобновляемых источников энергии в общем потреблении (см. индекс привлекательности стран для развития возобновляемой энергетики). 4. Недостаточное развитие рынков и инвестиций в «зеленую» экономику (см. глобальный индекс «зеленой» экономики) 5. Слабая эффективность действий в борьбе с изменением климата (см. индекс эффективности действий в области изменения климата). 6. Высокий климатический риск (см. индекс климатического риска)

Table 2

**Strengths and Weaknesses of Russia According to Its Rank in the Key Global Environmental Ratings**

Strengths	Weaknesses
1. Sufficient ecological sustainability due to the state of ecosystems and conservation of extensive nature management on significant areas (excess of the biocapacity over the ecological footprint, index of depletion of natural resources) 2. Moderate environmental impact on the health of population (air quality (PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub> , etc.), satisfactory supply of drinking water and sanitation) (see Environmental Efficiency index); 3. Moderate water stress; 4. Ability to implement adaptation measures to climate change (see Global Adaptation index) 5. Public participation in environmental decision-making, disclosure of environmental information (see the index of Environmental Democracy)	1. High level of carbon dioxide emissions and carbon intensity of the economy (see the Low Carbon Economy index, Climate Change Performance index) 2. Low energy efficiency (see Climate Change Performance index); 3. A small share of renewable energy sources in total consumption (see the Renewable Energy Country Attractiveness Index) 4. Insufficient development of markets and investments in the “green” economy (see the Global Green Economy index). 5. Weak effectiveness of actions in combating climate change (see Climate Change Performance index) 6. High climatic risk (see Climate Risk index)

Глобальные рейтинги (экологической эффективности, истощения природных ресурсов, водного стресса) подтверждают умеренный вклад России в деградацию экосферы. В настоящее время жители России используют экологические ресурсы только 60% территории страны. При рациональном подходе к использованию

природных ресурсов и экосистемных услуг страна может обеспечить стабильные запасы биоемкости на многие десятилетия. Несмотря на то, что по потенциалу биоемкости на душу населения Россия опережает многие крупные страны (в том числе, США, Китай, Индию, Индонезию, Мексику), уступая только Бразилии, рейтинговые показатели страны в будущем будут определять такие индикаторы, как углеродный след и углеродоемкость экономики, по которым Россия существенно отстает от большинства экономически развитых и некоторых развивающихся стран мира. Во многих ключевых рейтингах используются индикаторы техногенных выбросов углекислого газа, доли возобновляемой энергетики в энергопотреблении, использования экологически чистых технологий, углеродоемкости экономики (отношение выбросов CO<sub>2</sub> к ВВП), развития рынков и инвестиций в «зеленую» экономику и др. Текущая ситуация по продвижению нашей страны к низкоуглеродному будущему (“low-carbon future”), разворачиванию возобновляемой энергетики и «зеленых» экологически эффективных технологий оценивается на фоне экономически развитых стран весьма низко. Показательно, что Россия уступает по этим направлениям не только странам Запада, далеко продвинувшимся в области «зеленой» экономики (лидеры рейтингов в этой сфере — в Европе: Швеция, Финляндия, Швейцария, Германия, Великобритания; США; Япония), но и партнерам среди стран БРИКС — Китаю (1-е место по индексу низкоуглеродной экономики) или Индии (2-е место по индексу привлекательности стран для развития возобновляемой энергетики).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Далеко не удовлетворительное в целом положение на международной экологической арене России, которую принято считать «ведущей экологической державой», делает необходимым принятие неотложных мер по многим позициям экологически устойчивого развития. У нашей страны есть огромный, фактически неиспользованный ресурс «позеленения» экономики и повышения энергоэффективности, что в случае прогресса может создать хорошие перспективы для улучшения состояния окружающей среды и экологического развития. О важности этого направления свидетельствуют приоритеты экологической политики России, изложенные в документах государственного регулирования (Перечень поручений по итогам заседания Государственного совета по вопросу «Об экологическом развитии РФ в интересах будущих поколений» от 27 декабря 2016 г.), а также в планах России по реализации Целей устойчивого развития ООН на 2016—2030 гг. [33].

Экологические параметры становятся все более важной составляющей позиционирования той или иной страны на мировой арене, конкурентоспособности регионов, городов, компаний. Это стало отчетливым глобальным трендом, судя по бурному всплеску «индустрии» международных и внутренних экологических рейтингов в течение последних 10—15 лет. Использование количественных индикаторов и индексов для оценки эффективности экологической политики и устойчивого развития будет и дальше интенсивно развиваться, в том числе и в

связи с новыми инициативами — реализацией Повестки дня в области устойчивого развития ООН на период до 2030 г. и Парижского соглашения 2015 г. Оценка количественно измеряемых целей и задач стран и регионов в рамках этих договоренностей потребует дальнейшего совершенствования технологий сбора, обработки, анализа и распространения экологических данных. При этом рейтинги сохранят свое значение как один из аналитических инструментов, дающих наглядную и независимую информацию для принятия решений, в том числе в экологической сфере.

#### **Финансирование:**

Работа выполнена при финансовой поддержке Русского географического общества № 02/2016-Р от 16 мая 2016 г.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- [1] *Добролюбова Ю.С.* Обзор зарубежных социально-экологических рейтингов городов и их сравнение с российскими аналогами // Региональные исследования. 2015 (50). № 4. С. 65–75.
- [2] Экологический след субъектов Российской Федерации — 2016 / науч. ред. П.А. Боев, Д.Л. Буренко // Всемирный фонд дикой природы (WWF). М.: WWF России, 2016. 112 с.
- [3] Эколого-экономический индекс регионов Российской Федерации. Методика и показатели для расчета / под ред. А.Я. Резниченко, Е.А. Шварца, А.И. Постновой. М.: WWF России, РИА Новости, 2012. 147 с.
- [4] Рейтинг экологической ответственности горнодобывающих и металлургических компаний России 2017 г. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF) России, 2017. 27 с.
- [5] Рейтинг экологической ответственности нефтегазовых компаний России. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF) России. 2017. 28 с.
- [6] *Бобылев С.Н., Зубаревич Н.В., Соловьева С.В., Власов Ю.В.* Устойчивое развитие: методология и методики измерения. М.: Экономика, 2011. 358 с.
- [7] Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния / под ред. Н.С. Касимова. М.: ИП Филимонов М.В., 2014. 560 с.
- [8] *Böringer C., Jochem P.* Measuring the Immeasurable: A Survey of Sustainability Indices. ZEW. 2007. Discussion Paper. № 06-073. 24 p.
- [9] EEA Technical report, 2014. Digest of EEA indicators 2014. European Environment Agency, 2014. No. 8. 44 p.
- [10] *Hsu A., Esty D., Levy M., and de Sherbinin A.* The 2016 Environmental Performance Index. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law and Policy. 2016. URL: [www.epi.yale.edu](http://www.epi.yale.edu) (дата обращения: 23.07.2017).
- [11] The Notre Dame Global Adaptation Initiative (ND-GAIN). Country Index. URL: <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/> (дата обращения: 25.07.2017).
- [12] Environmental Democracy Index. URL: <http://www.environmentaldemocracyindex.org/> (дата обращения: 04.09.2017).
- [13] The Little Green Data Book 2016. Washington, DC: World Bank. doi: 10.1596/978-1-4648-0928-6.
- [14] Greendex 2014: Consumer Choice and the Environment — A Worldwide Tracking Survey. Highlights report. National Geographic. GlobScan. September 2014. 20 p.
- [15] *Porter M.E.* Social Progress Index 2017 / M.E. Porter, S. Stern, M. Green. Social Progress Imperative. Washington. 2017. 95 p.
- [16] The Global Innovation Index 2017: Innovation Feeding the World. Cornell University, INSEAD, and WIPO. Ithaca, Fontainebleau, and Geneva. 2017. 463 p.

- [17] Numbeo. Pollution Index for Country 2018. URL: [https://www.numbeo.com/pollution/rankings\\_by\\_country.jsp](https://www.numbeo.com/pollution/rankings_by_country.jsp) (дата обращения: 15.10.2017).
- [18] The Legatum Prosperity Index 2017. URL: <http://www.prosperity.com/rankings> (дата обращения: 21.10.2017).
- [19] *Gassert, F., Reig P., Luo T., and Maddocks A.* 2013. Aqueduct country and river basin rankings: a weighted aggregation of spatially distinct hydrological indicators. Working paper. Washington, DC: World Resources Institute, November 2013. URL: [wri.org/publication/aqueduct-country-river-basin-rankings](http://wri.org/publication/aqueduct-country-river-basin-rankings) (дата обращения: 21.09.2017).
- [20] *Kaly U., Pratt C., Mitchell J.* The Demonstration Environmental Vulnerability Index (EVI) 2004. SOPAC Technical Report 384, 323 pp.
- [21] Индекс готовности к будущему. Совместный проект Международного дискуссионного клуба «Валдай» и ВЦИОМ, 2017. URL: [https://wciom.ru/fileadmin/file/reports\\_conferences/2017/2017-10-18\\_igb.pdf](https://wciom.ru/fileadmin/file/reports_conferences/2017/2017-10-18_igb.pdf) (дата обращения: 30.10.2017).
- [22] *Hoekstra A. Y. and Mekonnen M. M.* The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012; 109(9): 3232–3237.
- [23] *Burck J., Marten F., Bals C., Dertinger A., Uhlich T.* Climate Change Performance Index. Results 2017. Bonn. Germanwatch. 2017. 36 p.
- [24] Global Footprint Network. National Footprint Accounts, 2016 Edition. URL: <http://www.footprintnetwork.org> (дата обращения: 25.07.2017).
- [25] *Kreft S., Eckstein D., Melchoir I.* Global Climate Risk Index 2016. Who Suffers Most From Extreme Weather Events? Weather-related Loss Events in 2015 and 1996 to 2015. Berlin, Germanwatch, 2017. 32 p.
- [26] OECD Better Life Index. URL: <http://www.oecdbetterlifeindex.org> (дата обращения: 23.08.2017).
- [27] *Sworder C., Salge L., Van Soers H.* The Global Cleantech Innovation Index 2017. Cleantech Group and WWF. 2017. 52 p.
- [28] The Low Carbon Economy Index. URL: <https://www.pwc.co.uk/lowcarboneyconomy> (дата обращения: 21.09.2017).
- [29] Global Green Economy Index 2016. Dual Citizen LLC 2016. URL: [www.dualcitizeninc.com](http://www.dualcitizeninc.com) (дата обращения: 06.05.2017).
- [30] Renewable Energy Country Attractiveness Index 2015. URL: <http://www.ey.com/gl/en/industries/power---utilities/ey-renewable-energy-country-attractiveness-index-our-index> (дата обращения: 21.10.2017).
- [31] The Happy Planet Index 2016 dataset. URL: <http://happyplanetindex.org/countries/> (дата обращения: 12.09.2017).
- [32] *Клюев Н.Н.* Россия на экологической карте мира // Вестник Российской Академии наук. 2002. Т. 72. № 8. С. 698–705.
- [33] Цели устойчивого развития и Россия / под ред. С.Н. Бобылева, Л.М. Григорьева. М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2016. 298 с.

© Алексеева Н.Н., Аршинова М.А., Банчева А.И., 2018

#### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 29.01.2018

Дата принятия к печати: 15.02.2018

#### **Для цитирования:**

*Алексеева Н.Н., Аршинова М.А., Банчева А.И.* Положение России в международных экологических рейтингах // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 134–152. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-134-152

**Сведения об авторах:**

*Алексеева Нина Николаевна* — кандидат географических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой физической географии мира и геоэкологии географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. E-mail: nalex01@mail.ru

*Аршинова Марина Александровна* — старший научный сотрудник кафедры физической географии мира и геоэкологии географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. E-mail: amari\_geo@mail.ru

*Банчева Александра Ивановна* — инженер кафедры физической географии мира и геоэкологии географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. E-mail: ban-sai@mail.ru

## **POSITION OF RUSSIA IN INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL RATINGS**

**N.N. Alekseeva, M.A. Arshinova, A.I. Bancheva**

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

International environmental ratings have recently become an important tool for assessing the progress of countries in implementing environmental policies and sustainable development goals. Numerous international organizations and networks, universities, research teams and commercial companies are developing environmental ratings. Basing on the analysis of the compiled database the classification of integrated environmental ratings was elaborated and 8 thematic groups were identified. The international ratings were grouped into three categories, reflecting the position of our country. Russia occupies a leading position just in a few ratings based on the Environmental Efficiency index, the Notre Dame Global Adaptation Index, Environmental Democracy index. Russia occupies a satisfactory position in the ratings compiled on the basis of the index of Adjusted Net Savings, Pollution index, Greendex (green index), Prosperity index, Water Stress, etc. Russia has low position in the ratings based on the Climate Change Performance index, Environmental Vulnerability index, Climate Risk. Russia lags behind many OECD and BRICS countries in the movement towards a “green” economy (as in the ratings of the Global Green Economy index, Low Carbon Economy index, Global Cleantech Innovation index, etc.). The analysis of the rank of Russia in the environmental ratings revealed a number of methodological factors that affect its position and, at the same time, do not always provide for the objective specification of the environmental situation. Basing on the assessment of Russia’s position in international ratings, the strengths and weaknesses of the environmental development of our country are summarized.

**Key words:** ecological ratings, indices, indicators, Russia, the state of the environment, environmental policy

### **REFERENCES**

- [1] Dobroljubova Ju.S. Obzor zarubezhnyh social’no-jekologicheskikh rejtingov gorodov i ih sravnenie s rossijskimi analogami // *Regional’nye issledovaniya*. 2015 (50). № 4: 65–75. (in Russ.).
- [2] Jekologicheskij sled sub’ektov Rossijskoj Federacii — 2016 / nauch. red. P.A. Boev, D.L. Burenko // Vsemirnyj fond dikoj prirody (WWF). M.: WWF Rossii, 2016. (in Russ.).

- [3] Jekologo-jekonomicheskij indeks regionov Rossijskoj Federacii. Metodika i pokazateli dlja rascheta / pod red. A.Ja. Reznichenko, E.A. Shvarca, A.I. Postnovoj. M.: WWF Rossii, RIA Novosti, 2012. (in Russ.).
- [4] Rejting jekologicheskoj otvetstvennosti gornodobyvajushhih i metallurgicheskikh kompanij Rossii 2017 g. M.: Vsemirnyj fond dikoj prirody (WWF) Rossii, 2017. (in Russ.).
- [5] Rejting jekologicheskoj otvetstvennosti neftegazovyh kompanij Rossii. M.: Vsemirnyj fond dikoj prirody (WWF) Rossii, 2017. (in Russ.).
- [6] Bobylev S.N., Zubarevich N.V., Solov'eva S.V., Vlasov Ju.V. Ustojchivoe razvitie: metodologija i metodiki izmerenija. M.: Jekonomika, 2011. (in Russ.).
- [7] Regiony i goroda Rossii: integral'naja ocenka jekologicheskogo sostojanija / Pod redakciej N.S. Kasimova. M.: IP Filimonov M.V., 2014. (in Russ.).
- [8] Böringer C., Jochem P. Measuring the Immeasurable: A Survey of Sustainability Indices. *ZEW*. 2007. Discussion Paper. № 06-073. 24 p.
- [9] EEA Technical report, 2014. Digest of EEA indicators 2014. European Environment Agency, 2014. No. 8. 44 p.
- [10] Hsu A., Esty D., Levy M., and de Sherbinin A. The 2016 Environmental Performance Index. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law and Policy. 2016. Available at: [www.epi.yale.edu](http://www.epi.yale.edu). Date of access: 23.07.2017.
- [11] The Notre Dame Global Adaptation Initiative (ND-GAIN). Country Index. Available at: <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/>. Date of access: 25.07.2017.
- [12] Environmental Democracy Index. Available at: <http://www.environmentaldemocracyindex.org/> Date of access: 04.09.2017.
- [13] The Little Green Data Book 2016. Washington, DC: World Bank. doi: 10.1596/978-1-4648-0928-6.
- [14] Greendex 2014: Consumer Choice and the Environment — A Worldwide Tracking Survey. Highlights report. National Geographic. GlobScan. September 2014. 20 p.
- [15] Porter M.E., Stern S., Green M. Social Progress Index 2017. Social Progress Imperative. Washington. 2017. 95 p.
- [16] The Global Innovation Index 2017: Innovation Feeding the World. Cornell University, INSEAD, and WIPO. Ithaca, Fontainebleau, and Geneva. 2017. 463 p.
- [17] Numbeo. Pollution Index for Country 2018. Available at: [https://www.numbeo.com/pollution/rankings\\_by\\_country.jsp](https://www.numbeo.com/pollution/rankings_by_country.jsp). Date of access: 15.10.2017.
- [18] The Legatum Prosperity Index 2017. Available at: <http://www.prosperity.com/rankings>. Date of access: 21.10.2017.
- [19] Gassert, F., Reig P., Luo T., and Maddocks A. 2013. Aqueduct country and river basin rankings: a weighted aggregation of spatially distinct hydrological indicators. Working paper. Washington, DC: World Resources Institute, November 2013. Available at: [wri.org/publication/aqueduct-country-river-basin-rankings](http://wri.org/publication/aqueduct-country-river-basin-rankings). Date of access: 21.09.2017.
- [20] Kaly U., Pratt C. and Mitchell, J. The Demonstration Environmental Vulnerability Index (EVI) 2004. SOPAC Technical Report 384, 323 pp.
- [21] Indeks gotovnosti k budushemu. Sovmestnyj proekt Mezhdunarodnogo diskussionnogo kluba «Valdaj» i VCIOM, 2017. Available at: [https://wciom.ru/fileadmin/file/reports\\_conferences/2017/2017-10-18\\_igb.pdf](https://wciom.ru/fileadmin/file/reports_conferences/2017/2017-10-18_igb.pdf) (in Russ.). Date of access: 30.10.2017.
- [22] Hoekstra A.Y. and Mekonnen M.M. The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012: 109(9): 3232–3237.
- [23] Burck J., Marten F., Bals C., Dertinger A., Uhlich T. Climate Change Performance Index. Results 2017. Bonn. Germanwatch. 2017. 36 p.
- [24] Global Footprint Network. National Footprint Accounts, 2016 Edition. Available at: <http://www.footprintnetwork.org>. Date of access: 25.07.2017.
- [25] Kreft S., Eckstein D., Melchoir I. Global Climate Risk Index 2016. Who Suffers Most From Extreme Weather Events? Weather-related Loss Events in 2015 and 1996 to 2015. Berlin, Germanwatch, 2017. 32 p.

- [26] OECD Better Life Index. Available at: <http://www.oecdbetterlifeindex.org>. Date of access: 23.08.2017.
- [27] Sworder C., Salge L., Van Soers H. The Global Cleantech Innovation Index 2017. Cleantech Group and WWF. 2017. 52 p.
- [28] The Low Carbon Economy Index. Available at: <https://www.pwc.co.uk/lowcarboneyconomy>. Date of access: 21.09.2017.
- [29] Global Green Economy Index 2016. Dual Citizen LLC 2016. Available at: [www.dualcitizeninc.com](http://www.dualcitizeninc.com). Date of access: 06.05.2017.
- [30] Renewable Energy Country Attractiveness Index 2015. Available at: <http://www.ey.com/gl/en/industries/power---utilities/ey-renewable-energy-country-attractiveness-index-our-index>. Date of access: 21.10.2017.
- [31] The Happy Planet Index 2016 dataset. Available at: <http://happyplanetindex.org/countries/>. Date of access: 12.09.2017.
- [32] Kljuev N.N. Rossiya na jekologicheskoj karte mira // Vestnik Rossijskoj Akademii nauk. 2002; 72 (8): 698—705. (in Russ.).
- [33] Celi ustojchivogo razvitija i Rossiya / pod red. S.N. Bobyleva, L.M. Grigor'eva. M.: Analiticheskij centr pri Pravitel'stve Rossijskoj Federacii, 2016. (in Russ.).

**Article history:**

Received: 29.01.2018

Revised: 15.02.2018

**For citation:**

Alekseeva N.N., Arshinova M.A., Bancheva A.I. (2018) Russia's position in international environmental ratings. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 134—152. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-134-152

**Bio Note:**

*Alekseeva Nina Nikolaevna* — Ph.D. (Geography), Executive head of the Department of Physical Geography of the World and Geoecology, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Associate Professor. E-mail: [nalex01@mail.ru](mailto:nalex01@mail.ru)

*Arshinova Marina Alexandrovna* — Senior Researcher, Department of Physical Geography of the World and Geoecology, Faculty of Geography, Lomonosov, Moscow State University. E-mail: [amari\\_geo@mail.ru](mailto:amari_geo@mail.ru)

*Bancheva Alexandra Ivanovna* — engineer, Department of Physical Geography of the World and Geoecology, Faculty of Geography of Lomonosov Moscow State University. E-mail: [ban-sai@mail.ru](mailto:ban-sai@mail.ru)





DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-153-162

УДК 372.881.111.1

## ZU AUSWAHLKRITERIEN DER LITERATUR FÜR DIE STUDENTEN DER ÖKOLOGISCHEN FAKULTÄT BEIM ENGLISCHFACHUNTERRICHT

Rumiya Kaderova, Nailya Valeeva, Natalia Merkusina, Yulia Nigmatzyanova

RUDN Universität

*Miklukho-Maklaya Straße 6, Moskau, Russland, 117198*

**Zusammenfassung.** In der vorliegenden Forschung werden Auswahlkriterien von Studienmaterialien für den Unterricht der englischen Sprache von Studenten der ökologischen Fakultät mit hohem Sprachniveau betrachtet.

Indem man die Studienzeitabkürzung und die immer höheren Forderungen zum Sprachkompetenz der Studierenden in Acht nimmt, müssen die Texte folgenden Kriterien entsprechen:

- fachorientiert, informativ, aktuell sein;
- polemisch sein, Diskussionen stimulieren;
- authentisch, nicht adoptiert, reich an Wirtschaftslexik sein, mit komplizierten grammatischen Konstruktionen, logisch gebaut.

Im gegebenen Artikel wird das Buch von Mark Lynas "Göttliche Spezies" betrachtet. Ziel der Forschung ist, zu verstehen, ob das Material die gewählten Kriterien realisiert und ob das Buch als Lehrmaterial für die Studierenden mit hohem Sprachniveau beim Unterricht der Fremdsprachen angepasst ist.

Es ist bewiesen, dass dieses Buch als Lehrmaterial benutzt sein kann, weil es allen erforderlichen Kriterien entspricht. Es ist sehr wichtig, weil die Zahl von fachorientierten Büchern zu wenig ist. Die bekommenen Ergebnisse werden von Lehrkräften benotet.

Die Autoren meinen, dass diese Forschung den Didaktik beiträgt und es kann für die Lehrkräften in Fremdsprachen interessant sein.

**Stichwörter:** der Unterricht der Fremdsprachen, fachorientiertes Englisch, das Lehrmaterial, die Auswahlkriterien

## О КРИТЕРИЯХ ОТБОРА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ СПЕЦИАЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА

Р.Г. Кадерова, Н.Г. Валева, Н.В. Меркушина, Ю.Л. Нигматзянова

Российский университет дружбы народов

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

В настоящем исследовании рассматриваются критерии отбора учебных материалов для обучения английскому языку специальности (ESP) студентов экологических факультетов с высоким и выше среднего уровнем владения языком.

Принимая во внимание сокращение объема академических часов и неуклонное повышение требований к языковой компетенции учащихся, тексты для изучения должны соответствовать следующим основным критериям:

- быть нацеленными на будущую специальность студентов, информативными, актуальными;
- иметь полемическую направленность, стимулировать дебаты и дискуссии;
- быть аутентичными, неадаптированными, богатым научной терминологией, со сложными грамматическими конструкциями, логически выстроенными.

В данной работе рассматривается книга Марка Линаса «Божественные виды». Цель исследования состоит в том, чтобы выяснить, реализует ли данный материал выбранные критерии, оценить книгу как материал для обучения языку специальности студентов экологических факультетов с высоким уровнем владения языком.

Доказано, что эта книга может быть использована в качестве учебного материала, поскольку она отвечает всем указанным критериям. Это важно, потому что количество специализированных учебников для студентов этой дисциплины сравнительно невелико. Полученные результаты оцениваются преподавателями.

Авторы считают, что данное исследование вносит вклад в область дидактики и может быть интересным для преподавателей иностранных языков.

**Ключевые слова:** английский язык для специальных целей (ESP), учебный материал, предметный материал, критерии отбора

In “Oxford Advanced Learner’s Dictionary” wird ESP (English for Special Purposes) als “Englisch für konkrete/fachgemäße Ziele (der Unterricht der englischen Sprache für wissenschaftliche, technische etc. Ziele, deren erste Sprache nicht Englisch ist)” [1]. Laut Tomlinson [2] ist ESP ein Oberbegriff, der zum Unterricht der englischen Sprache denjenigen Studenten nötig ist, die die Sprache für die Facharbeit oder mit dem Studium verbundenen Grund lernen”. Auf solche Weise wird das Programm ESP für bestimmte Ziele, Bedürfnisse und Funktionen entwickelt, für die Englisch erforderlich ist [3].

Das Lehrmaterial von ESP ist ein wichtiges Mittel beim Fachsprachunterricht. Ellis und Johnson, 1994, behaupten, dass die Wahl von Materialien eine große Einwirkung darauf erweist, was im Rahmen des Lehrprozesses geschieht [4].

Es ist zu betonen, dass im Rahmen des Artikels die Literatur für den Fachsprachenunterricht und zwar für die Studenten der ökologischen Fakultäten betrachtet werden wird.

In den letzten Jahren wurde die Zeit im Rahmen vom Studienplan umstrukturiert. Die selbständige Arbeit von Studierenden ist bevorzugt. Also, es entstand das Bedürfnis nach Lehrbüchern, die einerseits das Interesse von Studenten zu den ökologischen Problemen stimulieren würden; andererseits ihre Kompetenzen im Gebiet von fachorientierter Übersetzung zu entwickeln und zu reflektieren helfen würden [5].

Die nächsten Auswahlkriterien der Literatur für den Fachsprachenunterricht von Studenten ökologischer Fakultät sind in dieser Forschung sehr wichtig.

Die Lehrmaterialien müssen vor allem fachorientiert sein. Das heißt, sie müssen auf den künftigen Beruf, auf die neusten Ausarbeitungen in diesem Fachgebiet orientiert sein. Mit anderen Worten, sie müssen beruflich nützlich, informativ und interessant sein.

Außerdem ist es wichtig, dass das Material interessant und polemisch wäre, (darunter versteht man die Besprechung von umstrittenen Fragen, die Äußerung eigener Meinung, Kritik, Vergleichen, eine feste Position des Autors), was die Diskussion stimuliert. Um die mündlichen und schriftlichen Fähigkeiten zu entwickeln, müssen wir die Studierenden

dazu inspirieren, keine Angst vor dem Sprechen zu haben, eigene Meinung zu äußern, Kommentare in den erlernten Fragen zu geben.

Das Letzte, doch sprachlich nicht unwichtig wäre, müssen die Texte nicht angepasst sein. Sie müssen authentisch, reich an wissenschaftlichen Termini, komplizierten, logisch gebauten Konstruktionen sein.

Die Authentizität ist das wichtigste Problem bei der Auswahl der Materialien von ESP. Verschiedene Autoren weisen darauf hin, als auf eine entsprechende Funktion in der Methodologie von ESP [6]. Das authentische Material ist ein Material, das aus den authentischen Texten entnommen und nicht extra für den Sprachunterricht ausgewählt wurde [4].

Im Artikel wird das Buch “Göttliche Spezies” (The God Species) von Mark Lynas als Material zum Englischunterricht für die fachgemäßen Ziele von Studenten der ökologischen Fakultät mit dem hohen Sprachniveau analysiert. Das Ziel der Arbeit ist festzustellen, ob das betrachtende Material den Bedürfnissen der Studierenden und Lehrer entspricht.

Mark Lynas (geb. 1973) ist der britische Schriftsteller, Journalist und Ökologe, der viel Aufmerksamkeit dem Problem von der Klimaveränderung schenkt. Er arbeitet mit folgenden Zeitschriften zusammen: “New Statesman”, “Ecologist” und “Geographical”. Er wird auch in solchen Zeitungen wie “The Guardian”, “Observer” veröffentlicht.

“The God Species” ist sein drittes Buch. Für zwei vorangehende Bücher “Die hohe Flut: die Nachrichten aus der Welt der globalen Erwärmung” und “Sechs Grad: unsere Zukunft auf dem heißen Planeten” bekam Lynas den Preis vom königlichen Verein für das beste wissenschaftliche Buch.

Lynas ist der Gastforscher vom Universitätszentrum in Oxford in Öko-Problemen.

Sein letztes Buch hatte eine weite Resonanz. Die Rückwirkung war aber ganz verschieden. Die Meinungen von Kritikern variierten von recht positiven bis sehr negativen.

“Der Inhalt des Buches ist sehr hinreißend, doch unerfreulich”;

“Es ist ein tiefes, ehrliches Buch, das die Wahrheit von grüner Bewegung in Frage stellt”;

“Der Hauptgedanke des Buches besteht darin, dass neue Technologien und Investitionen helfen, unseren Planeten zu bewahren. Der Autor verzichtete auf die heilige Wahrheit der grünen Bewegung”;

“Das ist der neue Anblick auf die ernstesten Öko-Probleme” [7–10].

Was den Inhalt des Buches “Göttliche Spezies” (The God Species) betrifft, umfasst es den weiten Kreis der ökologischen Probleme und basiert sich auf dem Prinzip der planetarischen Grenzen, das vom Zentrum der nachhaltigen Entwicklung in Stockholm unter der Leitung von Johan Rockström erarbeitet wurde. Die Mannschaft hat neun “Grenzen” bestimmt:

1. Klimaveränderung
2. Schwund von biologischen Vielfaltigkeit
3. Stickstoffzyklus
4. Versauerung vom Ozean
5. Wasserverbrauch
6. Bodenverbrauch
7. Verdünnung von Ozonschicht
8. Verschmutzung durch atmosphärischen harten Teilchen

### 9. Chemievermutzung

Unter “den Grenzen” versteht man Grenzwertüberschreitungen des Ökosystems der Erde, die die Menschheit nicht überschreiten darf [5]. Nach Angaben von Stockholmer Team sind die ersten drei Punkte schon überschritten; die nächsten vier liegen noch unter der Grenzwerte; zwei letzte wurden noch nicht quantitativ geschätzt [11].

In seinem Buch erweitert Mark Lynas diese Konzeption. Seiner Meinung nach, muss als Hauptmittel zum Erreichen von nachhaltiger Entwicklung neue Technologien dienen: Kernenergie, genetisch modifizierte Pflanzen und Gentechnologien. Er sagt: “Die Wahrheit der Anthropozentrismus besteht darin, dass die Erde weit vom Gleichgewicht ist. Und wir müssen ihr helfen, die Bilanz wiederherzustellen, damit sie als selbstregulierendes, sehr dynamisches und kompliziertes System funktionieren könnte.

Die Kernenergie ist fast ungefährlich für die Umwelt. Bei der richtigen Benutzung kann die Kernspaltung einer der stärksten Instrumente in unserem Kampf gegen Klimaerwärmung werden.

Genetische Manipulationen mit Pflanzen sind mächtige Technologien, die der Menschheit helfen, ihre Auswirkung auf die Umwelt zu beschränken und Lebensmittelprobleme zu lösen” [12. S. 10–11].

Aus allem von oben gesagten ist klar, warum das Buch “Göttliche Spezies” (The God Species) so viele Auseinandersetzungen verursachte. Es lohnt sich, solche Bücher zu lesen, weil sie die Leser hinreisen können, Interesse wecken und eine Diskussion hervorrufen können. Das Letzte ist in unserem Fall besonders wichtig, denn das Buch dient zum Lehrmaterial. Die Buchausschnitte kann man nicht nur übersetzen, sondern besprechen. Das hilft, Kommunikationsfähigkeiten in verschiedenen ökologischen Aspekten zu entwickeln.

Von linguistischen Standpunkt aus lohnt es sich, das komplizierte Lexikon zu betonen, das von wissenschaftlicher Terminologie überfüllt ist. Das Lexikon ist dynamisch, manchmal stilistisch gefärbt und polemisch.

Lange, komplizierte Sätze mit verschiedenen Unterverordneten Satzverbindungen sind vorwiegend. Sie sind sehr logisch und genau gebaut, zum Beispiel:

1. *Venter and his team did not quiet achieve that: their synthetic genome, after being stitched together with the help of some well-trained yeast, was transplanted into the empty cell of a closely related bacterium that was arguably already “alive”, at least in form if not in function* [12. S. 4].

2. *Climate-change deniers are successful not just because of the moneyed vested interests they serve, but because they tap into powerful cultural undercurrent that insists we are small and the planet is big, ergo nothing we do — not even in our collective billions — can have a planet-scale impact* [12. S. 6].

In gegebenen Beispielen sind die Nebensätze und kombinierte Sätze sowohl mit Hilfe von Konjunktionen und Adverbien (*that, and, but, because, ergo*), als auch ohne die verbunden; mit Hilfe von Zeichensetzen (Koma, Strich, Doppelpunkt), lexikalischen und syntaktischen Wiederholungen, Pronomen und mit Hilfe von Intonation. Außerdem werden die Sätze durch Partizip Präsens, Schaltwörter und Kommentare beschwert (Präzisionen).

Man muss die Studenten darauf aufmerksam machen, dass im Englischen kein Koma vor Konjunktion *that* im zusammengesetzten Satz gestellt wird.

Oft fehlt die Konjunktion *that* aus. Es kann das Verstehen erschweren.

### **ABSOLUTE NOMINATIVE KONSTRUKTION**

1. Africa gives us the best idea of what a pre-human landscape might have looked like, *with big animals like elephants browsing the undergrowth...* [12. S. 36].

2. Once clubbed to death, their bodies would be plunged into boiling water, *their feathers torn out for stuffing pillows and mattresses* [12. S. 39].

Absolute Nominative Konstruktion ruft sehr oft die Schwierigkeiten bei der Übersetzung ins Russische hervor. Es ist zu betonen, zum Unterschied von üblichen Adverbien, die durch Koma im Fall hervorgehoben sind, wenn sie vor den Hauptmitgliedern stehen, wird die absolute Nominative Konstruktion immer mit Koma hervorgehoben und das Subjekt dieser Konstruktion fällt mit dem Subjekt des Hauptsatzes nicht zusammen. Seht oft beginnt diese Konstruktion mit der Konjunktion *with*, die nicht übersetzt wird. Die Adverbien *being* fällt aus. Ins Russische wird diese Konstruktion gewöhnlich als Zeit-, Bedingungs- oder Grundadverbien übersetzt.

### **MODALVERBEN ZUSAMMEN MIT DEM INFINITIV IN DER VERGANGENHEIT**

1. A giant predatory lizard ... grew up to 7 metres in length and *must have been* the most fearsome reptilian predator since the dinosaurs [12. S. 35].

2. China *may have played* a wrecking game in Copenhagen [12. S. 243].

In gegebenen Beispielen/Sätzen werden Modalverben zusammen mit dem Infinitiv in der Vergangenheit gebraucht. Sie dienen zur Äußerung verschiedener Grad der Wahrscheinlichkeit der Handlung oder Vorwurf oder Rat in der Vergangenheit. Dabei kann das Modalverb im Präsens sein. Ins Russische werden solche Konstruktionen mit den Wörtern “vielleicht”, “wahrscheinlich”, “müsse”, “könne”, “solle” übersetzt.

### **GERUNDIV**

Das Gerundiv ist eine unpersönliche Form des englischen Verbes, das in sich die Eigenschaften vom Substantiv und Verb verbindet, dabei trägt sie eine Schattierung des Prozesses. Im Russischen gibt es solche Konstruktionen nicht. Bei der Übersetzung ins Russische kann man die Konstruktion durch Substantiv, Infinitiv, Adverbialen, Verb und Nebensatz wiedergeben.

1. They must solve it without *harming* the legitimate development prospects of the poor [12. S. 232].

2. By definition, *reducing* poverty means raising levels of consumption [12. S. 238].

3. Many small island states and least-developed countries, fed up with *being seen* as silent victims of climate change, are determined to become the low-carbon winners of a more innovative future [12. S. 242].

### **EMPHATISCHE STRUKTUREN**

Eine der Erscheinungen, die die Komplikationen bei der Übersetzung hervorrufen, sind nachdrückliche Konstruktionen, die zur Betonung eines der Satzmitglieder dienen. Die Grundtypen der nachdrücklichen Konstruktionen sind:

— Verstärkendes *do* (in Form Present oder Past Indefinite) wird mit Infinitiv gebraucht. Dabei wird direkte Wortfolge benutzt. Ins Russische wird solcher Satz mit Wörtern “faktisch”, “tatsächlich”, “doch” übersetzt.

— Inversion (indirekte Wortfolge) wird oft für die Betonung der Nebenmitglieder benutzt. Einige Konjunktionen und Adverbien fordern die indirekte Wortfolge: *not only... but, only after, never, neither, nor*. Bei der Übersetzung der nachdrücklichen Konstruktionen mit der indirekten Wortfolge ins Russische werden entweder lexikalische Mittel (verstärktes Wort), oder syntaktische (Veränderung der Satzstruktur) abhängig vom Kontext gebraucht.

— Noch eine nachdrückliche Konstruktion ist “*It is...that*”, mit deren Hilfe das Subjekt betont wird, direktes oder indirektes Objekt, Adverbial. Ins Russische wird sie mit Hilfe von Wörtern “eben”, “gerade”, “erst” übersetzt.

1. *It is this crisis of biodiversity loss that* arguably forms humanity’s most urgent and critical environmental challenge [12. S. 30].

2. *Nor have the economics changed* much since the days of whaling [12. S. 40].

3. My third concern is that *there really does seem to be* no conceivable alternative at present [12. S. 240].

### KOMPLEXES SUBJEKT

Komplexes Subjekt ist eine Konstruktion mit dem Infinitiv, die aus zwei Teilen besteht (Substantiv/Pronomen im Nominativ und Infinitiv). Die Besonderheit dieser Konstruktion darin besteht, dass die beiden Teile durch das Verb geteilt sind.

Diese Konstruktion hat im Russischen keine Analoge und ist schwer zu übersetzen. Man darf sie nicht direkt übersetzen. Bei der Übersetzung gebraucht man solche Wörter wie “es wird berichtet”, “es wird vermutet”, “es wird erwartet”, “es stellte sich heraus”, “es scheint”, “zweifelsohne”, etc.

1. ...Everyday *technologies* later *turn out to be* unintentionally but extremely dangerous [12. S. 217].

2. But the objectors are quite correct in that the burgeoning *population is likely to cause* more environmental impact than a declining one [12. S. 236].

Im Artikel wurde die Wertigkeit Mark Lynases Buches “The God Species” als Literatur für den Fachsprachenunterricht von Studenten ökologischer Fakultäten betrachtet. Es wurde festgestellt, dass das Buch zu diesem Ziel sowohl inhaltlich als auch sprachlich dienen kann.

Das Material, das hier dargestellt und benotet wurde, realisiert die gewählten Kriterien der Materialauswahl. Der Gebrauch des Buches im Lehrprogramm ESP gemäß den gewählten Kriterien erhöht das Verständnisniveau und Motivation der Studierenden mit dem fortgestrittenen Sprachniveau.

Laut unseren Forschungen hat der Gebrauch des Buches im Kurs ESP bestimmte Vorteile.

Dazu gehören:

1. Der Inhalt ist fachorientiert, das heißt das Buch ist für den künftigen Beruf der Studenten gezielt. Der Inhalt ist nützlich, inhaltsreich und aktuell, macht die Studenten mit den letzten Entdeckungen in ihrem Fachgebiet bekannt.

2. Die Studenten können eine zusätzliche Information in betrachteten Themen im vom Autor am Ende des Buches gegebenen Literaturnachweis finden.

3. Der Inhalt ist vom beruflichen Standpunkt aus sehr interessant.

4. Das Buch hat eine polemische Hinrichtung, was die Diskussion inspiriert, emotionale Reaktion hervorruft, die Studierenden bewegt eigene Meinung zu äußern, eigene Kommentare im betrachteten Problem zu geben.

5. Die Texte sind authentisch, unangepasst, reich an wissenschaftlichen Lexika, haben komplizierte grammatische Konstruktionen, die genau und logisch angebaut sind.

Das Buch “The God Species” von Mark Lynas kann den Studenten mit hohem Sprachniveau empfohlen sein.

Es kann für folgende Arbeitsarten benutzt sein:

— selbständige Arbeit von Studierenden (Übersetzen, das Schreiben von Artikeln, Essay, Umschau, Übersetzungsanalyse)

— Klassenarbeit (Übersetzung von Texten, Analyse von Sprachmitteln, die vom Autor benutzt wird, Besprechung von verschiedenen ökologischen Themen, die im Buch erweitert sind).

Das Buch kann zu einem ausgezeichneten Zusatz zu den anderen Lehrmaterialien in der Vollzeitabteilung werden. Es ist besonders für die ökologische Fakultät wichtig, weil die Anzahl von der Fachliteratur für die Studenten in dieser Disziplin gering ist. Auf solche Weise gibt das Buch eine gute Möglichkeit, authentische Materiale in den praktischen Kurs der englischen Sprache anzupassen und einzuführen.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Hornby A.S.* Oxford advanced learner's dictionary. London: Oxford University Press, 2013. 1952 p.
- [2] *Tomlinson B.* Developing material for language teaching. New York: Cromwell Press, 2003. 544 p.
- [3] *Schleppegrell M., Bowman B.* ESP: teaching English for specific purposes. 1986. URL: <http://collections.infocollections.org/ukedu/en/d/Jm0031e/5.5.html> (дата обращения: 05.09.2017).
- [4] *Ellis M., Johnson C.* Teaching business English. Hong Kong: Oxford University Press, 1994. 237 p.
- [5] *Меркушина Н.В., Чернобыльская И.А.* Обучение языку специальности в условиях сокращения аудиторных часов / Инновационность и мультикомпетентность в преподавании и изучении иностранных языков. М.: РУДН, 2015. С. 174—181.
- [6] *Safont M.P., Esteve M.J.* Online resources for the EAP classroom: ways of promoting EFL learners' autonomy // Linguistic studies in academic and professional English. Castellón: Universitat Jaume I, 2004. P. 261—274.
- [7] *Coyle D.* The God species: how the planet can survive the age of humans, by Mark Lynas // The Independent. 2011 July 14. URL: <http://www.independent.co.uk/arts-entertainment/books/reviews/the-god-species-how-the-planet-can-survive-the-age-of-humans-by-mark-lynas-2313620.html> (дата обращения: 18.09.2017).
- [8] *Forbes P.* The God species by Mark Lynas — review. A brave look at the environment // The Guardian. 2011 July 20. URL: <https://www.theguardian.com/books/2011/jul/20/mark-lynas-god-species-review> (дата обращения: 18.09.2017).
- [9] *Kohn M.* The God Species. Eco-warrior Mark Lynas argues that engineering and investment can keep the planet safe without cramping anyone's lifestyle // The Financial Times. 2011 16 July. URL: <https://www.ft.com/content/cb6cb66e-a976-11e0-bcc2-00144feabdc0> (дата обращения: 27.09.2017).
- [10] *Pearce F.* Playing God with the planet // The New Scientist. 2011 27 July. URL: <https://www.newscientist.com/article/mg21128232-000-playing-god-with-the-planet/> (дата обращения: 22.09.2017).
- [11] *Rockström J., et al.* Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity // Ecology and Society. 2009. Vol. 14. № 2. P. 32. URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/> (дата обращения: 15.09.2017).
- [12] *Lynas M.* The God species: how the planet can survive the age of humans. London: Fourth Estate, 2011. 280 p.

© Kaderova Rumiya, Valeeva Nailya, Merkusina Natalia, Nigmatzyanova Yulia, 2018

**Geschichte des Artikels:**

Erhalten: 18.01.2018

Zur Veröffentlichung akzeptiert: 15.02.2018

**Für Zitat:**

Rumiya Kaderova, Nailya Valeeva, Natalia Merkushina, Yulia Nigmatzyanova. Zu Auswahlkriterien der Literatur für die Studenten der Ökologischen Fakultät beim Englischfachunterricht. *RUDN Informationsblatt für Ökologie und Schutz der Lebenserhaltung*, 26 (1), 153–162. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-153-162

**Autoren:**

*Kaderova R.G.* — Lektorin des Fahrstuhls für Fremdsprachen, ökologische Fakultät RUDN-University. E-mail: kaderova\_rg@rudn.university

*Valeeva N.G.* — ph. Doktor, Professorin, Leiterin des Fahrstuhls für Fremdsprachen, ökologische Fakultät RUDN-University. E-mail: valeeva\_ng@rudn.university

*Merkushina N.V.* — Lektorin des Fahrstuhls für Fremdsprachen, ökologische Fakultät RUDN-University. E-mail: merkushina\_nv@rudn.university

*Nigmatzyanova Y.L.* — ph. Doktor, Lektorin des Fahrstuhls für Fremdsprachen, ökologische Fakultät RUDN-University. E-mail: nigmatzyanova\_yul@rudn.university

**История статьи:**

Поступила в редакцию 18.01.2018

Принята к публикации: 15.02.2018

**Для цитирования:**

*Кадрова Р.Г., Валеева Н.Г., Меркушина Н.В., Нигматзянова Ю.Л.* О критериях отбора материалов для обучения английскому языку специальности студентов экологического факультета (на немец.) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 1. С. 153–162. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-153-162

**Сведения об авторах:**

*Кадрова Румия Гаярьевна* — старший преподаватель кафедры иностранных языков экологического факультета Российского университета дружбы народов. E-mail: kaderova\_rg@rudn.university

*Валеева Наиля Гарифовна* — кандидат педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой иностранных языков экологического факультета Российского университета дружбы народов. E-mail: valeeva\_ng@rudn.university

*Меркушина Наталия Васильевна* — старший преподаватель кафедры иностранных языков экологического факультета Российского университета дружбы народов. E-mail: merkushina\_nv@rudn.university

*Нигматзянова Юлия Львовна* — кандидат филологических наук, старший преподаватель кафедры иностранных языков экологического факультета Российского университета дружбы народов. E-mail: nigmatzyanova\_yul@rudn.university



## ON CRITERIA FOR SELECTING MATERIAL FOR TEACHING ESP TO ECOLOGICAL FACULTY STUDENTS

Rumiya Kaderova, Nailya Valeeva, Natalia Merkusina, Yulia Nigmatzyanova

Peoples' Friendship University of Russia  
6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russian Federation

The present research considers criteria for selecting study material for teaching English for Special Purposes (ESP) to advanced students of environmental faculties.

Texts for study should meet the following basic criteria:

- be focused on the students' future specialty, informative, up-to-date;
- have a polemical focus that encourages debate and discussion;
- be authentic, rich in scientific terminology, with complicated grammatical constructions, coherent, logically arranged, and clear-cut.

In this study, Mark Lynas's book "The God Species" is evaluated as ESP teaching material.

It is proved that this book can be used as teaching material since it meets all the criteria mentioned above. The results obtained are evaluated by the teachers.

**Key words:** English for specific purposes (ESP), teaching material, subject-specific material, selection criteria

### REFERENCES

- [1] Hornby A.S., et al. (eds.) *Oxford advanced learner's dictionary*. 8th ed. London: Oxford University Press, 2013. 1952 p.
- [2] Tomlinson B. *Developing material for language teaching*. New York: Cromwell Press, 2003. 544 p.
- [3] Schleppegrell M., Bowman B. *ESP: teaching English for specific purposes*. 1986. Available at: <http://collections.infocollections.org/ukedu/en/d/Jm0031e/5.5.html> (Date of access: 05.09.2017).
- [4] Ellis M., Johnson C. *Teaching business English*. Hong Kong: Oxford University Press, 1994. 237 p.
- [5] Merkusina N.V., Chernobyl'skaya I.A. Obuchenie yazyku spetsial'nosti vusloviyakh sokrashcheniya auditornykh chasov [Professional foreign language teaching in the context of classroom time reduction]. *Innovatsionnost' i mul'tikompetentnost' v prepodavanii i izuchenii inostrannykh yazykov [Innovation and multi-competence in the teaching and learning of foreign languages]*. Moscow: RUDN, 2015: 174–181. (In Russ).
- [6] Safont M.P., Esteve M.J. Online resources for the EAP classroom: ways of promoting EFL learners' autonomy. *Linguistic studies in academic and professional English*. Castellón: Universitat Jaume I, 2004: 261–274.
- [7] Coyle D. The God species: how the planet can survive the age of humans, by Mark Lynas. *The Independent*. 2011 July 14. Available at: <http://www.independent.co.uk/arts-entertainment/books/reviews/the-god-species-how-the-planet-can-survive-the-age-of-humans-by-mark-lynas-2313620.html> (Date of access: 18.09.2017).
- [8] Forbes P. The God species by Mark Lynas — review. A brave look at the environment. *The Guardian*. 2011 July 20. Available at: <https://www.theguardian.com/books/2011/jul/20/mark-lynas-god-species-review> (Date of access: 18.09.2017).
- [9] Kohn M. The God Species. Eco-warrior Mark Lynas argues that engineering and investment can keep the planet safe without cramping anyone's lifestyle. *The Financial Times*. 2011 16 July. Available at: <https://www.ft.com/content/cb6cb66e-a976-11e0-bcc2-00144feabdc0> (Date of access: 27.09.2017).
- [10] Pearce F. Playing God with the planet. *The New Scientist*. 2011 27 July. Available at: <https://www.newscientist.com/article/mg21128232-000-playing-god-with-the-planet/> (Date of access: 22.09.2017).

- [11] Rockström J., et al. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*. 2009; 14 (2): 32. Available at: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/> (Date of access: 15.09.2017).
- [12] Lynas M. *The God species: how the planet can survive the age of humans*. London: Fourth Estate; 2011. 280 p.

**Article history:**

Received: 18.01.2018

Revised: 15.02.2018

**For citation:**

Rumiya Kaderova, Nailya Valeeva, Natalia Merkusshina, Yulia Nigmatzyanova. (2018) On criteria for selecting material for teaching ESP to ecological faculty students. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 26 (1), 153–162. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-1-153-162

**Bio Note:**

*Kaderova Rumiya Gayaryevna* — Senior Lecturer of the Department of Foreign Languages, Environmental Studies Faculty, RUDN University. E-mail: [kaderova\\_rg@rudn.university](mailto:kaderova_rg@rudn.university)

*Valeeva Nailya Garifovna* — Head of the Department of Foreign Languages, Environmental Studies Faculty, RUDN University. E-mail: [valeeva\\_ng@rudn.university](mailto:valeeva_ng@rudn.university)

*Merkushina Natalia Vasilyevna* — Senior Lecturer of the Department of Foreign Languages, Environmental Studies Faculty, RUDN University. E-mail: [merkushina\\_nv@rudn.university](mailto:merkushina_nv@rudn.university)

*Nigmatzyanova Yulia Lvovna* — Candidate of Philology, Senior Lecturer of the Department of Foreign Languages, Environmental Studies Faculty, RUDN University. E-mail: [nigmatzyanova\\_yul@rudn.university](mailto:nigmatzyanova_yul@rudn.university)

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

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

2. Статья должна содержать в указанном порядке:

— название статьи; имя, отчество и фамилию авторов; полное название организации и ее структурного подразделения с указанием почтового адреса (улица, № дома, город, страна, почтовый индекс), аннотацию (5—7 строк) и ключевые слова (не менее 5 слов или словосочетаний);

— название статьи; инициалы и фамилию авторов; полное название организации и ее структурного подразделения с указанием почтового адреса (улица, № дома, почтовый индекс, город, страна), краткое содержание (до 200—250 слов) и ключевые слова (не менее 5 слов или словосочетаний) **на английском языке**;

— текст статьи;

— список литературы (по алфавиту; сначала — на русском языке, затем — на английском). **Список литературы должен быть переведен на английский язык и продублирован латинскими буквами.**

3. К статье должны быть приложены:

— две заверенные рецензии.

— сведения об авторах — полные имя фамилия, отчество, ученая степень, научное звание, место работы, электронный адрес.

*Образец шапки статьи:*

## СОСТОЯНИЕ АНТИОКИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В КРОВИ МЫШЕЙ ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ

И.И. Иванов<sup>1</sup>, П.П. Петров<sup>2</sup>

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

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

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

заголовок, а рисунки — подрисуночную подпись. **Принимаются только черно-белые рисунки** (в форматах .tif, .bmp, .jpg) в виде отдельных графических файлов.

5. Следует ограничиваться общепринятыми сокращениями и избегать введения новых сокращений без достаточных на то оснований. Введенные сокращения необходимо расшифровывать.

6. Ссылки на литературу в тексте статьи приводятся в квадратных скобках, например: [2] или [5—7], [5. С. 15]).

В списке литературы приводятся *только* источники, на которые в тексте статьи имеются ссылки. Список формируется по алфавиту (сначала источники на русском языке, затем — на английском). В списке литературы должны быть указаны:

*для книг:* фамилии и инициалы авторов, название книги, место издания, издательство, год издания;

*для статей из неперидических изданий (сборников):* фамилии и инициалы авторов, название статьи, название книги (сборника), место издания, издательство, год издания;

*для статей из периодических изданий:* фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, год издания, том и номер журнала, первая и последняя страницы статьи.

*Образец:*

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бонд В.В. Сравнительная клеточная и видовая радиочувствительность. М.: Атомиздат, 1974. С. 5—17.
- [2] Роун Ш. Озоновый кризис. М.: Мир, 1993.
- [3] Connor M.J., Wheeler L.A. Depletion of cutaneous glutathione by ultraviolet radiation // Photochem. Photobiol. 1987. Vol. 46. № 2. P. 239—245.

7. Статья должна быть **подписана всеми авторами** (на последней странице) и иметь **визу** (на первой странице) заведующего кафедрой (для сотрудников РУДН) или иного руководителя (директора, декана, заведующего кафедрой или лабораторией — для авторов из сторонних организаций) **с расшифровкой подписи и указанием должности**.

8. В конце статьи необходимо указать фамилию, имя и отчество автора, с которым наиболее целесообразно контактировать по вопросам подготовки статьи к опубликованию, и его координаты (e-mail, номер дом. и раб. телефона).

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

**Контактная информация:** [mgmakarova@yandex.ru](mailto:mgmakarova@yandex.ru), 89037823733 Макарова Марина Геннадьевна

ф. СП-1

ФГУП «ПОЧТА РОССИИ»

АБОНЕМЕНТ на журнал

**20829**

(индекс издания)

**ВЕСТНИК РУДН**  
**Серия «Экология**  
**и безопасность жизне-**  
**деятельности»**

Количество  
комплектов:

на 2018 год по месяцам

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

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА

на журнал

**20829**

(индекс издания)

ПВ	место	литер

**ВЕСТНИК РУДН**

**Серия «Экология и безопасность**

**жизнедеятельности»**

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

на 2018 год по месяцам

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

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

---

ф. СП-1

ФГУП «ПОЧТА РОССИИ»

АБОНЕМЕНТ на журнал

--

(индекс издания)

**ВЕСТНИК РУДН**

Серия \_\_\_\_\_

Количество комплектов:

--

на 2018 год по месяцам

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

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

**ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА**

на журнал

--

(индекс издания)

ПВ	место	литер

**ВЕСТНИК РУДН**

Серия \_\_\_\_\_

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

на 2018 год по месяцам

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

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

---