



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

Том 27 № 1 (2019)

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-1

<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

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

Гатто Леонардо – профессор Университета Палермо (Италия)

Зоренко Татьяна Анатолиевна – кандидат биологических наук, профессор биологического факультета Латвийского университета

Седов Сергей Николаевич – профессор Института геологии Национального автономного университета Мексики (Мексика)

Чен Хи – заместитель директора Хунаньского центра по борьбе с болезнями и профилактике (Китай)

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

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

ISSN 2313-2310 (Print); ISSN 2408-8919 (Online)

4 выпуска в год (ежеквартально).

Языки: русский, английский, немецкий.

Индексация: РИНЦ, ВАК, EBSCOhost, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, East View, Cyberleninka, Dimensions.

Цели и тематика

Целями журнала «Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности» являются повышение эффективности научных исследований в области охраны окружающей среды и экологии человека, а также распространение современных методов исследований и новейших достижений в области рационального природопользования.

Начиная с 1993 г. в журнале публикуются результаты фундаментальных и прикладных работ ученых, преподавателей, аспирантов в виде научных статей, научных сообщений, библиографических обзоров по следующим направлениям: общая экология, природопользование, устойчивое развитие, экологическая безопасность, защита окружающей среды, экология человека, экологическая экспертиза, радиоэкология и радиационный контроль, оценка состояния окружающей среды и экологическое образование.

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

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

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

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

Редактор *Ю.А. Заикина*
Компьютерная верстка *Ю.А. Заикиной*

Адрес редакции:

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

Адрес редакционной коллегии серии «Экология и безопасность жизнедеятельности»:

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

Подписано в печать 19.08.2019. Выход в свет 26.08.2019. Формат 70×100/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Times New Roman».

Усл. печ. л. 6,82. Тираж 500 экз. Заказ № 10. Цена свободная.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов» (РУДН)
Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Отпечатано в типографии ИПК РУДН
Российская Федерация, 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3
Тел. +7 (495) 952-04-41; e-mail: publishing@rudn.ru



RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY

VOLUME 27 NUMBER 1 (2019)

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-1

<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, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY
Published by the Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)

ISSN 2313-2310 (Print); ISSN 2408-8919 (Online)

4 issues per year.

Languages: Russian, English, Deutsch.

Indexing: Russian Science Citation Index, Higher Attestation Commission, EBSCOhost, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, East View Cyberleninka, Dimensions.

Aims and Scope

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

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

Main thematic sections: ecology, the safety of human activity, environmental defence, human ecology, biogeochemistry, geocology, biological resources and problems of environmental education.

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

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

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

Copy Editor *Iu.A. Zaikina*
Layout Designer *Iu.A. Zaikina*

Address of the editorial board:

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

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

8 Podolskoye shosse, bldg. 5, Moscow, 113093, Russian Federation
Tel.: +7 (495) 952-70-28; e-mail: ecojournalrudn@rudn.ru

Printing run 500 copies. Open price.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
"Peoples' Friendship University of Russia" (RUDN University)
6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation

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

© Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Истомин И.С., Дронин Н.М.** Оценка потенциала сокращения выбросов парниковых газов в Казахстане к 2030 г. в связи с его обязательствами в Парижском климатическом соглашении 7
- Nijimbere G., Riveros Lizana C.** Assessment of soil erosion of Burundi using remote sensing and GIS by RUSLE mode (Оценка эрозии почвы Бурунди с использованием дистанционного зондирования и ГИС по модели РУСЛЕ) 17

ЭКОЛОГИЯ

- Chu T.B., Do T.T.H., Le X.T., Ngo C.C., Pham T.T.H., Hoang T.T.D., Nguyen T.T., Britaev T.A.** Biodiversity of microbial communities on some species in the class Gastropoda common in coastal waters in Central Vietnam (Биоразнообразие микробных сообществ некоторых видов класса Гастропода, распространенного в прибрежных водах в центральной части Вьетнама) 29
- Сукиасян А.Р.** Сравнительный анализ накопления тяжелых металлов в системе «почва – растение» по индексу геоаккумуляции и коэффициенту транспирации *Zea mays* L. 39
- Солтанов С.Х.** Использование экологических свойств растений-гипераккумуляторов для снижения техногенной нагрузки на прилегающие к Московскому аэропорту Домодедово территории 51

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Еналеев И.Р., Сергеев С.А.** Формы защитного поведения синантропных птиц в ответ на биорепеллентное воздействие 59

ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

- Balogun O.R., Redina M.M.** Water supply regulation in Nigeria: problems, challenges, solutions and benefits (Регулирование водоснабжения в Нигерии: проблемы, задачи, решения и выгоды) 65

CONTENTS

GEOECOLOGY

- Istomin I.S., Dronin N.M.** Estimates of greenhouse gases emissions reduction potential in Kazakhstan by 2030 in connection with its commitments in the Paris Climate Agreement 7
- Nijimbere G., Riveros Lizana C.** Assessment of soil erosion of Burundi using remote sensing and GIS by RUSLE model 17

ECOLOGY

- Chu T.B., Do T.T.H., Le X.T., Ngo C.C., Pham T.T.H., Hoang T.T.D., Nguyen T.T., Britaev T.A.** Biodiversity of microbial communities on some species in the class Gastropoda common in coastal waters in Central Vietnam 29
- Sukiasyan A.R.** Comparative analysis of heavy metals accumulation in the soil – plant system by the geo-accumulation index and transpiration rate of *Zea mays* L. 39
- Soltanov S.Kh.** The using of ecological properties of plant-hyperaccumulants for reducing man-made load on adjacent to the Moscow Domodedovo Airport territories 51

SHORT MESSAGES

- Enaleev I.R., Sergeev S.A.** Forms of protective behavior of synanthropic birds in response to the biorepellent effect 59

ENVIRONMENTAL ECONOMICS

- Balogun O.R., Redina M.M.** Water supply regulation in Nigeria: problems, challenges, solutions and benefits 65



DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-1-7-16
УДК 502.313:33(574)

Научная статья

Оценка потенциала сокращения выбросов парниковых газов в Казахстане к 2030 г. в связи с его обязательствами в Парижском климатическом соглашении

И.С. Истомин, Н.М. Дронин

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Российская Федерация, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Аннотация. Оценка перспектив выполнения национальных обязательств Казахстана в рамках Парижского соглашения делалась на основе расчетов эмиссий 31 крупнейшего энергетического предприятия к 2030 г. Совокупный выброс парниковых газов (ПГ) этих предприятий составляет 86,9 млн т или 26,5 % общих выбросов страны. Прогнозы выбросов ПГ к 2030 г. рассчитывались для трех сценариев: трендового («бизнес как обычно»), с учетом умеренной модернизации и с учетом полной модернизации предприятий. «Безусловная цель» остается недостижимой не только в трендовом сценарии, но и в сценарии умеренной модернизации. Однако при сценарии полной модернизации данная цель достигается даже с заметным резервом. Более того, данный сценарий дает возможность выполнения и «условленной цели». Проведенные оценки потенциала снижения выбросов ПГ энергетических предприятий показывают, что Казахстан принял на себя ответственные обязательства по Парижскому климатическому соглашению, выполнение которых потребует мобилизации материальных и финансовых ресурсов для полной технологической модернизации в промышленном секторе.

Ключевые слова: Парижское соглашение; Казахстан; выбросы парниковых газов; энергетический сектор

Введение

В рамках Парижского соглашения 177 стран (имеющих 87 % мировых эмиссий CO₂) взяли на себя национальные добровольные обязательства по сокращению своих выбросов парниковых газов (ПГ) к 2030 г. Эти обязательства называют «целями национальной климатической политики», хотя при более точном переводе с английского речь должна идти не о целях, а о намерениях (Intended Nationally Determined Contributions – INDC). Парижские обязательства добровольны даже в отношении их формата. Страны могут взять за точку отчета любой удобный год, а не 1990 г., который был базовым в Киотском протоколе. Они могут указать не снижение абсолютных выбросов, а их

© Истомин И.С., Дронин Н.М., 2019



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

интенсивность (то есть количество выбросов на единицу продукции или ВВП). Наконец, для обоснования целей климатической политики они могут ссылаться на различные сценарии своего экономического и технологического развития до 2030 года. В итоге имеется очень пестрый (по формату) лист неравноценных (по содержанию) обязательств.

Организаторы Парижского саммита хорошо понимают данную слабость нынешнего соглашения, но приоритетом является удержать как можно больше стран на орбите мировой климатической политики. У них нет реальных возможностей оказывать юридическое давление на страны, чтобы те принимали на себя ответственные обязательства, которые могут суммарно привести к требуемому снижению мировых выбросов ПГ. Поэтому все, что они могут – это оказывать моральное давление, и, по словам Яноша Паштора, помощника Генерального секретаря ООН, применять системы «назови и пристыди» (name and shame) и «назови и поощри» (name and encourage) [1].

Следовательно, стоит задача найти эффективный механизм морального давления на участников соглашения. Такой механизм мог бы состоять в публичном представлении экспертных оценок реальных возможностей страны по сокращению выбросов ПГ и заявленных обязательств. Примером может служить проект «Трекер за климатическими действиями» (Climate Action Tracker – CAT), развивающийся усилиями трех неправительственных институтов при методологической поддержке Потсдамского климатического института (PIC). CAT анализирует Парижские обязательства стран-участников и оценивает их цели по 6-ступенчатой шкале: цели могут быть признаны критически недостаточными, сильно недостаточными, недостаточными, совместимыми с 2 °C, совместимыми с 1,5 °C и ролевыми (что можно вольно перевести как «слишком завышенные, чтобы быть реальными») [2]. В данной шкале и формулировках каждой ступени содержатся оценочные суждения о намерениях стран. В случае явно заниженных обязательствах страны мягко говорится о ее «несправедливости» по отношению к другим участникам соглашений. Например, CAT оценивает обязательства Украины и Российской Федерации как критически недостаточные (читай: критически несправедливые). Китай стоит на ступеньку выше, то есть обязательства страны имеют оценку сильно недостаточных (очень несправедливых). Заявленные цели Казахстана оцениваются как недостаточные (не очень справедливые). Казахстан делит эту оценку с Европейским союзом. Лидером в рейтинге CAT является Индия, обязательства которой совместимы с 2 °C (весьма справедливы).

Методология оценки обязательств строится на расчетах требуемых снижений выбросов ПГ для каждой страны в зависимости от их вклада в мировую эмиссию. Расчет ведется от величины необходимого сокращения глобальных выбросов, которая затем пропорционально делится между странами. На наш взгляд, такого рода оценки необходимы, но они должны строиться на более гибком анализе реальных возможностей снижения выбросов с учетом особенностей развития национальных экономик. В данной работе оценивается потенциал сокращения выбросов ПГ в Казахстане в сравнении с взятыми страной обязательствами в Парижском соглашении. По Парижско-

му соглашению республика приняла на себя добровольные обязательства по сокращению выбросов ПГ к 2030 г. на –15 % (безусловная цель), а при условии финансовой помощи со стороны международных фондов на –25 % от базового 1990 г. (так называемая обусловленная цель) [10]. По мнению экспертов САТ, Казахстан взял на себя недостаточные обязательства, но, на наш взгляд, цели являются ответственными, так как их выполнение потребует полной модернизации промышленного сектора страны.

Методы и материалы

Оценка перспектив выполнения национальных обязательств Казахстана в рамках Парижского соглашения делалась на основе расчетов эмиссий 31 крупнейшего (с выбросами CO₂ более 100 тыс. т в год) энергетического предприятия к 2030 г. Совокупный выброс ПГ этих предприятий составляет 86,9 млн т или 26,5 % общих выбросов страны.

В качестве базового года для прогноза был взят 2014 г., так как на этот год в Национальном плане распределения квот на выбросы парниковых газов на 2016–2020 гг. приведены значения выбросов ПГ для каждого из предприятий [3].

Прогнозы выбросов ПГ к 2030 г. рассчитывались для трех сценариев: трендового («бизнес как обычно»), с учетом умеренной модернизации и с учетом полной модернизации предприятий.

Трендовый сценарий. Объем выбросов предприятия по трендовому сценарию определялся на основе показателя углеродоемкости его продукции (то есть количества выбросов ПГ на единицу произведенной тепловой и электрической энергии) и прогнозируемого объема продукции в 2030 г. Предполагалось, что в трендовом сценарии углеродоемкость продукции меняться не будет.

Прогнозные данные по выпуску продукции в 2030 г. были взяты как из собственных отчетов компаний, так и из других источников информации, в том числе аналитических обзоров по энергетическому сектору, периодических изданий, интернет-ресурсов (например, интервью с руководителями предприятий). Особенно можно выделить несколько источников, которые охватывали большее количество анализируемых предприятий: данные KEGOC7 по балансу мощности и электроэнергии ЕЭС Казахстана на период 2015–2021 гг. [4]; годовой отчет за 2014 г. Центрально-Азиатской электроэнергетической корпорации [5]; годовой отчет АО «Айдала Мунай» [6]; аналитические материалы Банка развития Казахстана для энергетической отрасли [7].

Сценарий умеренной модернизации. Для данного сценария объемы выбросов ПГ каждого предприятия к 2030 г. рассчитывались на основе так называемого бенчмарка, который официально был определен для энергетической отрасли в Казахстане в рамках пилотного проекта торговли выбросами ПГ [8]. Бенчмарк – это удельный показатель выбросов ПГ на единицу продукции, взятый за эталон в данной отрасли (в нашем случае – энергетической) (табл. 1).

Таблица 1

**Уровни бенчмарков при различных подходах к распределению квот
в энергетическом секторе Республики Казахстан**

Удельные показатели для производства электроэнергии (кг CO₂/кВтч)						
Минимальный	Средний	Максимальный	50 %:50 % (на основе выбросов CO ₂)	80 % лучших по суммарному производству энергии	10 % лучших по суммарному производству энергии	Показатель ЕС
0,055	0,703	1,554	0,910	1,055	0,615	0,640
Удельные показатели для производства тепла (кг CO₂/Гкал)						
0,130	0,405	0,965	0,510	0,532	0,262	0,261
Удельные показатели на основе общего производства электроэнергии и тепла (кг CO₂/кВтч)						
0,127	0,597	1,364	0,706	1,005	0,404	–

Table 1

**Levels of benchmarks for the various approaches to the allocation of quotas
in the energy sector of Kazakhstan**

Per unit values for power generation (kg CO₂/kWh)						
Minimum	Medium	Maximum	50%:50% (based on emissions of CO ₂)	Top 80% in total energy production	Top 10% in total energy production	The value for the EU
0.055	0.703	1.554	0.910	1.055	0.615	0.640
Per unit values for heat production (kg CO₂/Gcal)						
0.130	0.405	0.965	0.510	0.532	0.262	0.261
Per unit values based on total electricity and heat production (kg CO₂/kWh)						
0.127	0.597	1.364	0.706	1.005	0.404	–

Для сценария умеренной модернизации использовался бенчмарк, обозначенный в таблице как «50 %:50 %», что соответствует ситуации, когда на рынке должен существовать паритет потенциальных продавцов и покупателей квот на выброс CO₂. Для целей же нашего анализа данный бенчмарк соответствует сценарию, когда все предприятия с повышенной углеродоемкостью «подтягиваются» (к 2030 г.) к среднему уровню выбросов на единицу продукции (например, при производстве электроэнергии – это 0,910 кг CO₂/Гкал). Это потребует от предприятий модернизации производства, которая может быть охарактеризована как умеренная.

Сценарий полной модернизации. Значение бенчмарка, обозначенного в табл. 1 как «10 % лучших», определяет показатели лучших 10 % казахстанских предприятий в энергетической отрасли. Если в среднем по отрасли будут достигнуты такие же значения, то это будет означать ее полную модернизацию (технологическое перевооружение). Это – идеальный сценарий, требующий привлечения значительных материальных и финансовых ресурсов.

В качестве примера рассмотрим расчет потенциальных выбросов для трех сценариев для Экибастузской ГРЭС-2.

АО «Станция Экибастузская ГРЭС-2» является крупнейшим казахстанско-российским совместным энергетическим предприятием с объемом установленной мощности 1000 МВт, на котором вырабатывается 12 % всей электроэнергии в стране [9]. Производимая энергия используется для обеспечения потребностей

северных районов Казахстана. Согласно Национальному плану распределения квот предприятие выбрасывало в 2014 г. 5,28 млн т CO₂-экв. [3]. Выработка энергии в 2014 г. составляла 4750 млн кВт·ч [4]. Следовательно, удельный выброс углерода достигает 1,113 кг CO₂/кВт·ч. Согласно официальным прогнозам рост производства электроэнергии для северной зоны на 2030 г. составит 45,6 % относительно 2014 г. [7]. Соответственно, трендовый сценарий к 2030 г. предполагает выброс ПГ выше текущего на 45,6 %, то есть выбросы могут вырасти с 5,28 до 7,69 млн т CO₂-экв. Сценарий с учетом умеренной модернизации показывает, что выбросы ПГ в 2030 г. могут быть равным 6,29 млн т, и это сокращение выбросов на 1,4 млн т достигается за счет снижения удельных выбросов с текущих 1,113 до 0,910 кг CO₂/кВт·ч (см. табл. 1) [8]. При достижении предприятием значений лучших предприятий по отрасли, то есть 0,615 кг CO₂ /кВт·ч, выбросы Экибастузской ГРЭС-2 составили бы 3,48 млн т CO₂-экв., то есть сократились бы на 4,2 млн т по сравнению с трендовым сценарием и даже оказались бы ниже текущих выбросов ПГ, несмотря на значительный рост продукции.

Таким образом, были определены прогнозные значения выбросов ПГ к 2030 г. для 31 крупного энергетического предприятия республики. В нашей работе оценивается возможность снижения их суммарных выбросов в каждом из трех сценариев на –15 и –25 % к 2030 г. относительно показателей 1990 г. Если цели снижения выбросов могут быть достигнуты при трендовом сценарии, то обязательства страны могут быть оценены как крайне недостаточные (критически несправедливые). Если обязательства могут быть выполнены только при условии полной модернизации отрасли, то их следует признать достаточными (справедливыми).

Результаты и обсуждение

Результаты расчетов по крупнейшим энергетическим предприятиям Казахстана и сравнение их суммарных прогнозных выбросов с обязательствами по Парижскому соглашению представлены в табл. 2.

По состоянию на 1990 г. выбросы парниковых газов в Казахстане составляли 371,8 млн т CO₂-экв. (без учета трендов в землепользовании и лесном хозяйстве) [11]. В соответствии с принятыми обязательствами необходимые целевые выбросы к 2030 г. должны составлять 316,1 и 278,9 млн т, что отвечает снижению на –15 и –25 % от уровня 1990 г. соответственно. Так как в вычислениях по котируемому энергетическому сектору за точку отсчета были взяты выбросы ПГ в 2014 г., необходимо рассчитать отношение объема выбросов за этот год к целевым выбросам в 2030 г. По данным комитета статистики Республики Казахстан, в 2014 году объем эмиссий ПГ составлял 327,7 млн т CO₂-экв. Для того чтобы этот объем соответствовал заявленным целям (–15 и –25 % от уровня 1990 г.), необходимы сокращения выбросов ПГ на –3,5 % и на –15 % к 2030 г. по отношению к 2014 г. Это дает нам основания провести оценку результатов расчетов, представленных в табл. 2.

Безусловная цель (–3,5 %) остается недостижимой не только в трендовом сценарии, который дает рост выбросов на 46,7 %, но и в сценарии умеренной модернизации, поскольку и в этом сценарии ожидается рост (на 16 %), а не снижение выбросов по отношению к показателям базового года.

Таблица 2

**Расчеты выбросов ПГ предприятий энергетического сектора в 2030 г.
согласно трем сценариям, млн т**

Суммарные базовые выбросы предприятий в 2014 г.	Выбросы в 2030 г., соответствующие безусловной цели	Выбросы в 2030 г., соответствующие обусловленной цели	Прогноз выбросов на 2030 г., трендовый сценарий	Прогноз выбросов на 2030 г., сценарий умеренной модернизации	Прогноз выбросов на 2030 г., сценарий полной модернизации
86,9	83,8	73,9	128,3	100,9	70,4

Table 2

**Projections of the total GHG emissions of the energy enterprises by 2030
according to the three scenarios, million tones**

Total baseline emissions of enterprises in 2014	Emissions by 2030, unconditional target	Emissions by 2030, conditional target	Emission forecast for 2030, trend scenario	Emissions forecast for 2030, moderate modernization scenario	GHG emissions forecast for 2030, full modernization scenario
86.9	83.8	73.9	128.3	100.9	70.4

Однако при сценарии полной модернизации данная цель достигается даже с заметным резервом: сценарий дает снижение выбросов на –19 %. Более того, данный сценарий дает возможность выполнения и условленной цели даже с некоторым запасом прочности (в 4 %).

Недостаточность сценария умеренной модернизации связана с особенностями распределения крупнейших предприятий энергетики Казахстана по показателю углеродоемкости. Средняя углеродоемкость предприятий составляет 1,267 кг CO₂/кВт·ч. Поскольку это значение заметно выше нормы, принятой для данного сценария – 0,910 кг CO₂/кВт·ч., можно было бы ожидать, что приведение показателей углеродоемкости к норме должно дать требуемое сокращение выбросов. Но отрасль уже в значительной степени модернизирована. Аксуская электростанция, входящая в АО «Евроазиатская энергетическая корпорация», является одним из примеров недавней модернизации крупного и очень старого (с 1954 г.) предприятия, обеспечивающего генерацию электроэнергии в республиканском масштабе. В 2014 г. электроэнергия, выработанная Аксуской электростанцией (при сжигании каменного угля) составила порядка 16 млрд кВт·ч [12]. Удельный показатель углеродоемкости производства ее электроэнергии в данном случае (0,959 кг CO₂/кВт·ч) находится на уровне бенчмарка (0,910 кг CO₂/кВт·ч). Относительно низкая углеродоемкость произведенной энергии объясняется завершенной на сегодняшний день комплексной модернизацией пяти из восьми энергоблоков предприятия, что способствовало повышению эффективности производства. В планах у предприятия продолжить реконструкцию оставшихся энергоблоков, что может снизить углеродоемкость продукции предприятия до лучших значений в отрасли.

В настоящее время в отрасли имеются всего 4 предприятия из 31 с большим превышением (в 1,6–2,6 раза) нормы, характеризующей сценарий умеренной модернизации: ТОО «Шахтинсктеплоэнерго», АО «Алюминий Ка-

захстана», АО «Риддер ТЭЦ» и ГУП ПЭО «Байконурэнерго». При этом их суммарные выбросы CO₂ составляют менее 8 % совокупных выбросов всех рассмотренных предприятий. Таким образом, модернизация только предприятий из «отстающей группы» не смогла дать нужного эффекта. Возможно, норма, принятая для пилотного проекта углеродного рынка, является завышенной и не обеспечит паритета (50 %:50 %) продавцов и покупателей.

Принятие нормы углеродоемкости, отвечающей сценарию полной модернизации – 0,615 кг CO₂/кВт·ч., способно изменить ситуацию коренным образом, так как в «отстающую группу» уже попадает большая часть предприятий – 21 из 31, имеющая 53 % выбросов ПГ. Приведение этих предприятий к данной более жесткой норме углеродоемкости даст возможность выполнить и безусловные, и условленные обязательства Казахстана (в данном сегменте промышленности). При этом сценарий полной модернизации не является нереалистичным. В отрасли уже есть предприятия с показателями углеродоемкости заметно ниже данной нормы, например ТОО «Алматы-теплокоммунэнерго», АО «Жамбылская ГРЭС имени Т.И. Батурова», ТОО «Кристалл Менеджмент», ГКП «Костанайская теплоэнергетическая компания» акимата города Костаная и др.

Заключение

Энергетический сектор является принципиальным для реализации климатической политики Казахстана, так как на этот сектор приходится до 80 % выбросов ПГ в республике. На примере крупнейших энергетических предприятий мы показали, что возможности такой модернизации существуют, и они ведут к выполнению взятых республикой обязательств по Парижскому соглашению, в том числе в отношении обусловленной цели. Проведенные оценки потенциала снижения выбросов ПГ энергетических предприятий также показывают, что Казахстан принял на себя более чем достаточные (справедливые) обязательства по Парижскому климатическому соглашению.

Список литературы

- [1] Climate negotiators strike deal to slow global warming // CBS News. 12 December 2015. URL: <https://www.cbsnews.com/news/cop21-climate-change-conference-final-draft-historic-plan/> (дата обращения: 10.06.2018).
- [2] Climate Action Tracker (CAT). URL: <https://climateactiontracker.org/> (дата обращения: 10.06.2018).
- [3] Национальный план распределения квот на выбросы парниковых газов на 2016–2020 годы. Утвержден постановлением Правительства Республики Казахстан от 30.12.2015 № 1138.
- [4] Прогнозный баланс мощности и электроэнергии ЕЭС Казахстана на период 2015–2021 гг. // KEGOC. URL: <http://www.kegoc.kz/ru/elektroenergetika/elektroenergetika-kazahstana-klyuchevye-fakty/prognoznyy-balans-moshchnosti-i> (дата обращения: 15.06.2018).
- [5] Годовой отчет за 2014 год / Центрально-Азиатская электроэнергетическая корпорация (АО «ЦАЭК»). URL: http://caepco.kz/assets/files/go_caepco_2014_ru.pdf (дата обращения: 15.06.2018).

- [6] Обзор деятельности АО «Айдала Мунай» за 2013 год // Годовой отчет АО «Айдала Мунай». URL: http://www.kase.kz/files/emitters/ADLA/adlap_2014_rus.pdf (дата обращения: 15.06.2018).
- [7] Обзор электроэнергетической отрасли Республики Казахстан в 2013 году / Банк развития Казахстана (БРК). URL: http://www.kdb.kz/file.php?id_file=5054 (дата обращения: 15.06.2018).
- [8] Основы формирования национального плана распределения квот в Республике Казахстан: информационная записка / Казахстанская программа USAID по сдерживанию изменения климата. Астана, 2015. URL: <http://kazccmp.org/> (дата обращения: 15.06.2018).
- [9] АО «Станция Экибастузская ГРЭС-2»: официальный сайт. URL: <http://www.gres2.kz> (дата обращения: 21.06.2018).
- [10] Intended Nationally Determined Contribution – Submission of the Republic of Kazakhstan. URL: http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Kazakhstan/1/INDC%20Kz_eng.pdf (дата обращения: 10.06.2018).
- [11] Выбросы парниковых газов (ПГ) // Экологические индикаторы мониторинга и оценки окружающей среды / Комитет по статистике при Министерстве энергетики Республики Казахстан. URL: <http://stat.gov.kz/> (дата обращения: 14.06.2018).
- [12] В 2014 году Аксуская ТЭС установила два рекорда // Казахстанская Правда. URL: <http://www.kazpravda.kz/news/tehnologii/v-2014-godu-aksuskaya-tes-ustanovila-dva-rekorda/> (дата обращения: 21.06.2018).

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 12.06.2019

Дата принятия к печати: 26.06.2019

Для цитирования:

Истомин И.С., Дронин Н.М. Оценка потенциала сокращения выбросов парниковых газов в Казахстане к 2030 г. в связи с его обязательствами в Парижском климатическом соглашении // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 1. С. 7–16. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-7-16>

Сведения об авторах:

Истомин Иван Сергеевич – аспирант кафедры физической географии мира и геоэкологии, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. *Контактная информация:* e-mail: istomin.i@mail.ru

Дронин Николай Михайлович – кандидат географических наук, заведующий лабораторией природных ресурсов и техногенных изменений природной среды, кафедра физической географии мира и геоэкологии, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. Scopus Author ID: 21733678100. ResearcherID: L-8026-2015.

Estimates of greenhouse gases emissions reduction potential in Kazakhstan by 2030 in connection with its commitments in the Paris Climate Agreement

Ivan S. Istomin, Nikolai M. Dronin

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

Abstract. Prospects for achieving the Intended Nationally Determined Contribution of Kazakhstan in the framework of the Paris climate convention was assessed through projections of greenhouse gases (GHG) emissions of 31 large energy enterprises by 2030. The total CO₂ emissions of these enterprises reach 86,9 million tons or 26,5 % of the country's GHG emissions. For projection of the GHG emissions of the selected power plants three scenarios – “business as usual” (trend), “moderate modernization” and “full modernization” – were designed. “The unconditional target” would remain unachievable in the “business as usual” and even “moderate modernization” scenarios. However, the scenario of “full modernization” allows reaching “the unconditional target” with a good reserve. Moreover, this scenario allows reaching “the conditional target”. Our assessment of potential for reduction of the GHG emissions shows that Kazakhstan's commitments in the Paris climate convention are very responsible. To meet these commitments technological modernization of the entire industrial sector of the country would be required. It could be achieved only by full mobilization of material and financial resources.

Keywords: Paris Climate Agreement; Kazakhstan; greenhouse gases emissions; energy production sector

References

- [1] CBS News. *Climate negotiators strike deal to slow global warming*. 12 December 2015. Available from: <https://www.cbsnews.com/news/cop21-climate-change-conference-final-draft-historic-plan/> (Accessed 10.06.2018).
- [2] *Climate Action Tracker (CAT)*. Available from: <https://climateactiontracker.org/> (Accessed 10 June 2018).
- [3] *National plan for allocation of quotas for greenhouse gas emissions for 2016–2020. Approved by the Government of the Republic of Kazakhstan dated 30.12.2015 No. 1138*.
- [4] KEGOC. *The forecast balance of power and the electric power system of Kazakhstan for the period 2015–2021*. Available from: <http://www.kegoc.kz/ru/elektroenergetika/elektroenergetika-kazahstana-klyuchevye-fakty/prognoznnyy-balans-moshchnosti-I> (Accessed 15 June 2018).
- [5] Central Asian Electric Power Corporation (“CAEPCO” JSC). *Annual report for 2014*. Available from: http://caepco.kz/assets/files/go_caepco_2014_ru.pdf (Accessed 15 June 2018).
- [6] Overview of the activities of JSC “Aydala Munai” for 2013. *Annual report of JSC “Aydala Munai”*. Available from: http://www.kase.kz/files/emitters/ADLA/adlap_2014_rus.pdf (Accessed 15 June 2018).
- [7] Development Bank of Kazakhstan (DBK). *Overview of the electricity industry of the Republic of Kazakhstan in 2013*. Available from: http://www.kdb.kz/file.php?id_file=5054 (Accessed 15 June 2018).

- [8] Kazakhstan USAID Climate Change Control Program. *Basics of forming a national quota allocation plan in the Republic of Kazakhstan. Information note*. Astana; 2015. Available from: <http://kazccmp.org/> (Accessed 15 June 2018).
- [9] JSC “Ekibastuz SDPP-2 Station”. Official site. Available from: <http://www.gres2.kz> (Accessed 21 June 2018).
- [10] *Intended Nationally Determined Contribution – Submission of the Republic of Kazakhstan*. Available from: http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Kazakhstan/1/INDC%20Kz_eng.pdf (Accessed 10 June 2018).
- [11] Statistics Committee under the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan. Greenhouse gas (GHG) emissions. *Environmental indicators for environmental monitoring and assessment*. Available from: <http://stat.gov.kz/> (Accessed 14 June 2018).
- [12] In 2014 Aksu TPP set two records. *Kazakhstanskaya Pravda*. Available from: <http://www.kazpravda.kz/news/tehnologii/v-2014-godu-aksuskaya-tes-ustanovila-dva-rekorda/> (Accessed 21 June 2018).

Article history:

Received: 12.06.2019

Revised: 26.06.2019

For citation:

Istomin IS, Dronin NM. Estimates of greenhouse gases emissions reduction potential in Kazakhstan by 2030 in connection with its commitments in the Paris Climate Agreement. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(1): 7–16. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-7-16>

Bio notes:

Ivan S. Istomin – PhD student of the Department of World Physical Geography and Geoecology, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University. *Contact information:* e-mail: istomin.i@mail.ru

Nikolai M. Dronin – PhD in Geographic Sciences, the Head of the Laboratory of Natural Resources and Technogenic Change of the Environment, Department of World Physical Geography and Geoecology, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University. Scopus Author ID: 21733678100. ResearcherID: L-8026-2015.

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-1-17-28
UDC 528.88:631.459

Research article

Assessment of soil erosion of Burundi using remote sensing and GIS by RUSLE model

Gilbert Nijimbere, Christian Riveros Lizana

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin
13 Kalinina St., Krasnodar, 350044, Russian Federation

Abstract. This present work is the results of study on water erosion in Burundi, a landlocked country amid the African Great Lakes region where East and Central Africa converge. The agriculture is developed in areas where the slopes is very steep and some factors such as land-use methods weaken soils and lead to water erosion and the results in soil degradation rendering it infertile. Production on this way is becoming insufficient for the rapidly growing of population. The extension of cultivated land often not linked to anti-erosion measures exposes the soil to intense erosion. The results get it of processing satellite images (Landsat 8) allowed to identify the main places where erosion is very severe. Lost soil was estimated by the RUSLE method and using four raster images corresponding to factors related to precipitation, soil erodibility, topography, slope length and vegetation cover. The results obtained allow the identification of areas around all the country where the interventions of government and environment protection institutions are necessary to limit the processes of soil degradation.

Keywords: Burundi; soil erosion; land use; RUSLE; soil degradation; soil classification; agriculture protection

Introduction

Burundi, a totally landlocked country, lies between 2° 45' and 4° 28' south latitude, and 28° 50' and 30° 50' east longitude. It shares borders with Rwanda in the north, the United Republic of Tanzania in the east and south, and the Democratic Republic of Congo in the west, where Lake Tanganyika is located (Figure 1).

Burundi has an area of 27,834 km². In 2002, the cultivated area was 1,351,000 ha, including 986,000 ha of arable land and 365,000 ha of permanent crops [1]. From morphological point, the country includes most of the reliefs of East Africa. The landscape of the country is varied, at altitudes between 775 m and 2,670 m.

The mountains of the Congo-Nile Ridge border the east part of the Lake Tanganyika while a multitude of hills dissect the Nilotic side of the ridge. Highlands surround the center and the east of the country. The distribution of rainfall

in the year is characterized by alternating dry season – rainy season. The rains fall from September to April and the maximum precipitation is reached in April. From mid-December to mid-February, the rains decrease to few weeks [8]. The most important soil types are caolisols (dominant soils), recent tropical soils, tropical brown soils, tropical black soils, recent textural soils, raw mineral soils and organic soils [1].

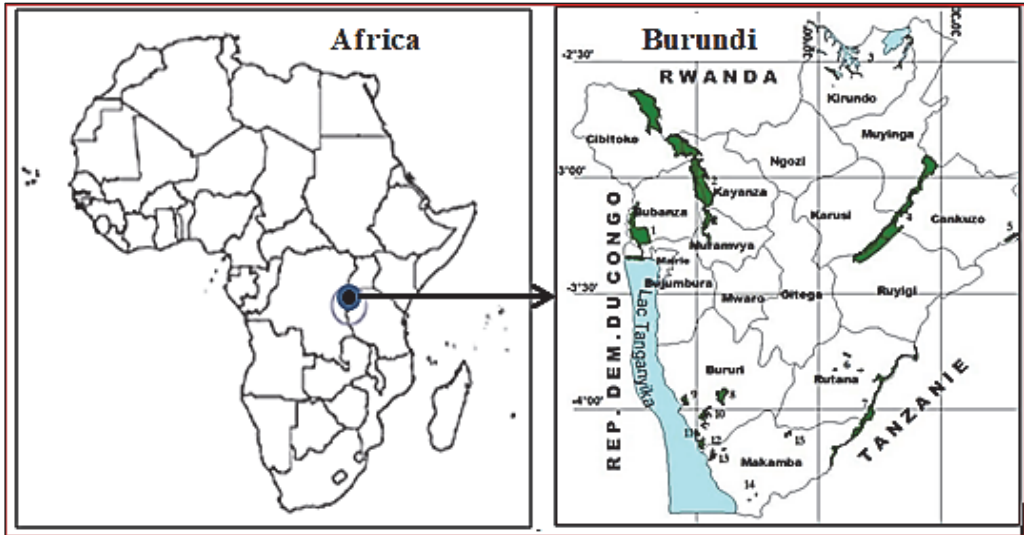


Figure 1. Location of Burundi (maps based on administrative boundaries)

Soil erosion can be defined as the detachment and translocation of soil particles by moving them by water or wind from their original location to new deposition areas [13]. Water erosion in many regions in Burundi is mainly due to the effect of LS (slope index: degree and length of slope) in the meaning of the unfortunate consequences for agriculture, namely: the destruction of the soil structure, the tearing up and sedimentation in lakes or rivers linked to constituent particles, the losses of water and elements useful for the growth of plants are the more revenues. Soil erosion in real terms endangers food security, soil subsistence productivity, water storage area, surface water quality, scenic beauty and natural ecological balance. His solution lies in adapting conservation practices [11].

The land use rate is on average 72% for the whole country [12]. This is due to the rapid demographic growth observed in the country where the annual growth is 3 %. Overexploitation of plant resources consists of illegal cutting, sawing, irrational picking, and decortication of trunks and carbonization either for energy purposes or extension of houses of habitations. The exploitation of minerals weakens the soil and makes it vulnerable to rain erosion.

These practices significantly reduce some ecosystems and many species that are useful in soil conservation [14]. In addition, clearing for agricultural purposes continues to be a major cause of deforestation. The average farm size of a household with 6 children is now 0,5 ha. As a result of the gradual decline in the size of the agricultural land and the loss of its fertility, the population tends to resort to forest areas in search of new agricultural lands that are still fertile [9].

Methodology and parameter estimation

The RUSLE model was selected and applied in the study area, a land cover map is required with land use generated by remote sensing images (Landsat 8), land management practices, land types and properties. The raster precipitation prepared base map was then used for the extraction of study area from satellite image (Satellite TRMM_3A12) and Carto DEM (digital elevation model obtained from ASTER GDEM v2).

RUSLE is the best available practical erosion prediction model that can be regional level. The model use parameters such as slope, aspect, etc. derived from DEM and LULC (land use land cover) from satellite images it can be integrated with RUSLE.

RUSLE uses the same empirical principles as the USLE but includes improved rainfall erosivity factor R , incorporation of the influence of profile convexity and concavity using segmentation of irregular slopes and empirical equation for processing slope factor FS [2].

The RUSLE empirical model combines the factors that affect the magnitude of erosion and is as follows:

$$A = R * K * L * S * C * P, \tag{1}$$

where A – rate of soil loss ($T \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$); R – erosivity of the rain ($MJ \cdot mm \cdot (ha \cdot h)^{-1}$); K – erodibility of the soil ($T \cdot ha \cdot h \cdot (MJ \cdot mm \cdot ha)^{-1}$); LS – topographic factor integrating slope and slope length; C – soil protection factor by vegetation cover; P – factor of soil conservation practice.

The superposition of the four thematic maps considered the parameters of the USLE under GIS allows the obtaining of the erosion map. The erosion potential in T/ha. To arrive at the thematic map containing the data on the water erosion, the diagram (Figure 2) includes the steps to follow during the data processing.

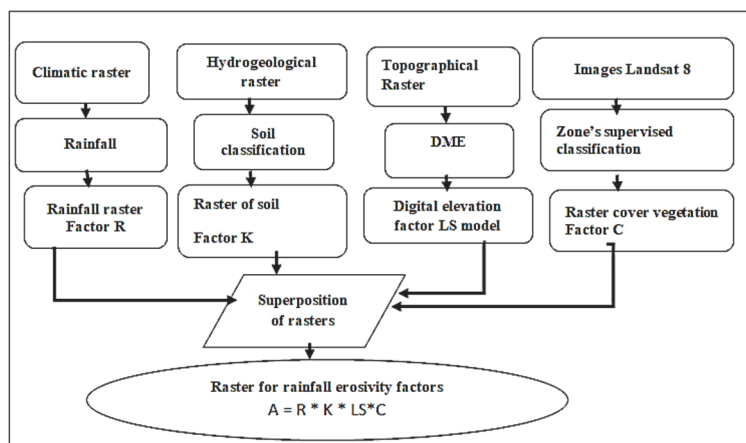


Figure 2. Steps of processing data

Rainfall Erosivity Factor (R). The rainfall erosivity factor (R) reflects the effect of rainfall intensity on soil erosion. The value of rainfall erosivity factor used in RUSLE must quantify the effect of raindrop impact and must also reflect the amount and rate of runoff likely to be associated with the rainfall [3].

$$R = 117.6 * 1.00105^{MAR} \text{ for } < 2000 \text{ mm,} \quad (2)$$

where R – rainfall erosivity factor ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot (\text{ha} \cdot \text{h})^{-1}$); MAR – mean annual rainfall (mm).

Soil Erodibility Factor (K). The soil erodibility factor (K) represents the susceptibility of the soil or surface material to erosion, the transportability of the sediment and the amount and runoff rate from a particular rainfall input, measured under normal conditions. The standard condition is the plot of units, 22.6 m long with a gradient of 9% [4].

$$K = 0,1317 * f_{csand} * f_{cl-si} * f_{orgC} * f_{hisand} \quad (3)$$

where

$$f_{csand} = \left\{ 0,2 + 0,3 * \exp \left[-0,0256 * m_s * \left(1 - \frac{m_{silt}}{100} \right) \right] \right\}; \quad (4)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)^{0,3}; \quad (5)$$

$$f_{orgC} = \left[1 - \frac{0,25 * orgC}{orgC + \exp[3,72 - 2,95 * orgC]} \right]; \quad (6)$$

$$f_{hisand} = \left[1 - \frac{0,70 * \left(1 - \frac{m_s}{100} \right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100} \right) + \exp[-5,51 + 22,9 * \left(1 + \frac{m_s}{100} \right)]} \right], \quad (7)$$

where m_s , m_{silt} and m_c – the proportion of sand, silt and clay contained in the soil, %; $orgC$ – organic carbon content.

Topographic Factor (LS). The topographic factor represents a relation of soil loss in a given condition to that of an area with a “standard” slope of 9% slope and a slope length of 22.6 m. The topographical factor constitutes two factors that are the length of the slope (L) and the slope of the slope (S).

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^m; m = \frac{F}{1+F}; F = \frac{\frac{\sin \beta}{0,0896}}{3 * (\sin \beta)^{0,8} + 0,56}. \quad (8)$$

The equation used in GIS:

$$L_{(i,j)} = \frac{[A_{(i,j)} + D^2]^{(m+1)} - A_{(i,j)}^{(m+1)}}{x^{m * D^{m+2}} * (22,13)^m}, \quad (9)$$

where $A(i, j)$ is a part of the basin area, pixel; D is the pixel size; x – form correction factor.

The factor S depends on the slopes β of the slopes of the basin. Options for determining β [5]:

– to $\tan \beta(i, j) < 0,09$

$$S_{(i,j)} = 10,8 * \sin \beta_{(i,j)} + 0,03; \quad (10)$$

– to $\tan \beta(i,j) \geq 0,09$

$$S_{(i,j)} = 16,8 * \sin \beta_{(i,j)} - 0,5. \tag{11}$$

Crop management factor (C). The C-factors are the most important values for crop management. Therefore, the C-factors found by [6] were used to indicate the effect of cropping and management practices on soil erosion rates in agricultural lands. The seasonal variation of C-factor depends on many factors such as rainfall, agricultural practice, type of crops etc. However, the present study considered an annual variation.

Table 1

Value of the factor C for each land use

Factor C	Description
0	Water Bodies
0.2	Grasslands
0.029	Shrublands
0.5	Savannas
0.1	Evergreen Broadleaf Forests
0.001	Deciduous Broadleaf Forests
0.0015	Evergreen Needleleaf Forests
0.0015	Deciduous Needleleaf Forests
0.002	Urban and Built-up Lands

Conservation Practice Factor (P). The conservation practice factor (P) represents the ratio of soil loss by a support practice to that of straight-row farming up and down the slope and is used to account for the positive impacts of those support practices. The value of P factor ranges from 0 to 1, the value approaching to 0 indicates good conservation practice and the value approaching to 1 indicates poor conservation practice [7].

Thus, P factor value was taken as 1 because the majority of the study area is doesn't have determinate concertation practice. The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) classifies water erosion by levels of soil loss from water erosion (Table 2).

The maximum value is given to the feature with highest susceptibility and the minimum being to the lowest susceptible feature.

Table 2

Classification of water erosion [FAO, 1980]

Range (T/ha*year)	Erosion condition
0	Null
0–10	Faint
10–50	Moderate
50–200	Severe
>200	very severe

Results

1. Rainfall erosivity factor (R). The rainfall erosivity was generated using the models discussed in the methodology of study. The period of 20 average annual rainfall years was taken in. The results showed that in Burundi the R value

ranges between 938.35 and 435.65 MJ/ha·mm/h. The map of rainfall erosivity index (R) derived for the study area is shown in Figure 3.

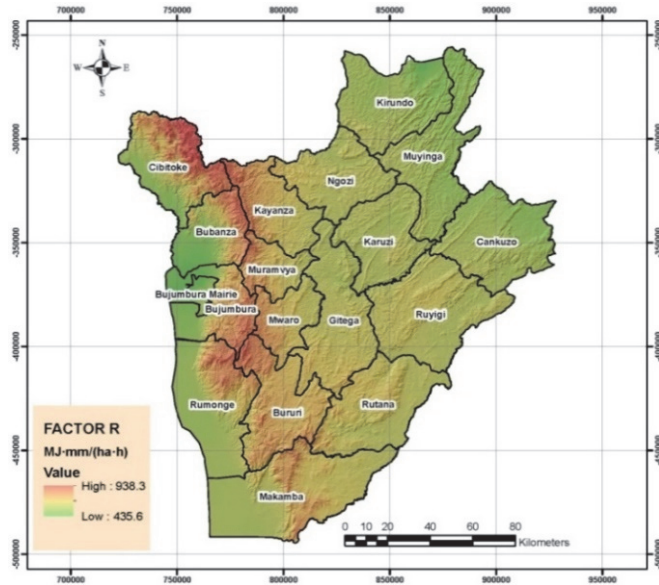


Figure 3. R factor map

2. Soil erodibility factor (K). K factor values were assigned to respective soil types in soil map to generate the soil erodibility map. The values of K factor are found to be ranging between. It represents both susceptibility of soil to erosion and the rate of runoff as measured under the standard and plot condition. The erodibility index map derived from FAO’s soil map of study area is shown on Figure 4. The k-values obtained the study area ranged from 0 to 0.00158. The lower value of K factor is associated with the soils having low permeability, low antecedent moisture content.

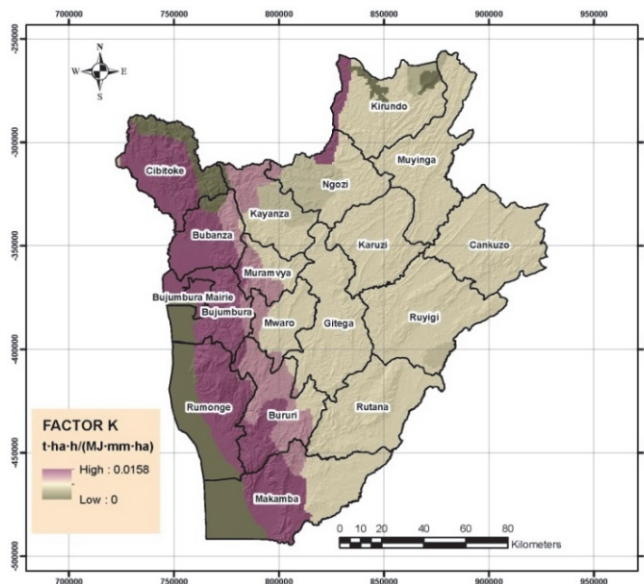


Figure 4. K soil erodibility factor

3. *LS* Factor. From Figure 5 it is observed that the minimum value of *L* is 0.9 and the maximum value is 49.6. For the factor *S*, its minimum value is 0.03 and its maximum value 14.3(Figure 6).

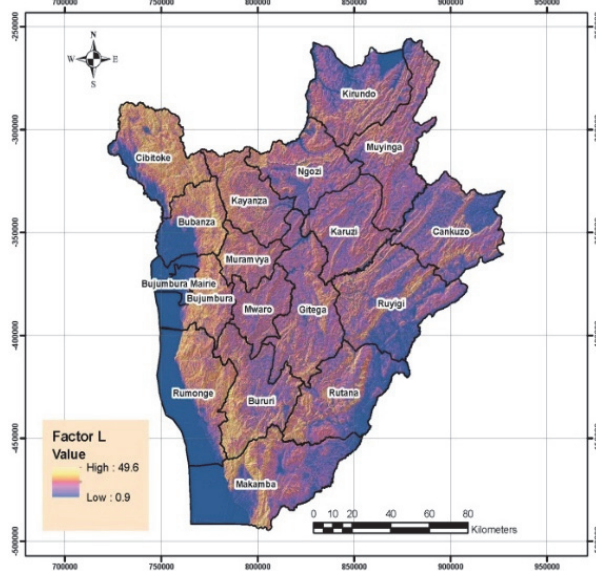


Figure 5. *L* factor map

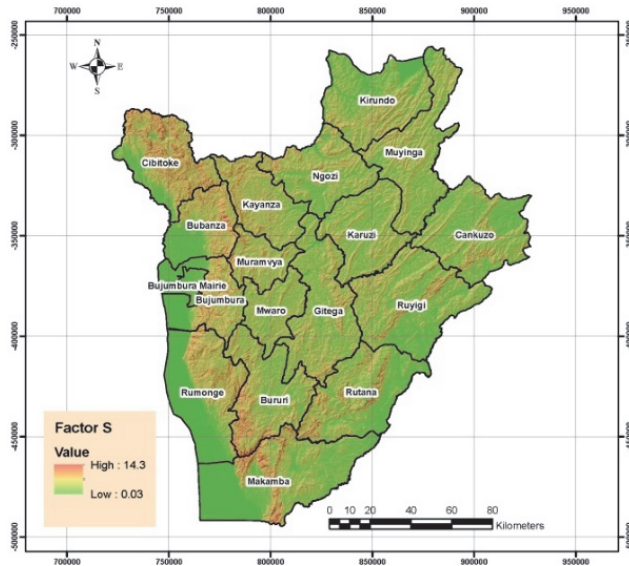


Figure 6. *S* factor map

4. Crop management factor (*C*). *C* factor for land use/cover for our ranges from 0 to 0.5. The value 0 corresponds to water bodies and 0.5 to a wetland with vegetation. The *C*-factor map for the study area is shown in Figure 7.

5. Rate of Soil Loss. Soil losses in T/ha*year caused by water erosion have been presented as classes. The loss of the soil greater than 200 T/ha*year is the most observed throughout the national territory. It followed by the class of 50–200 T/ha*year. The results are shown in Figure 8.

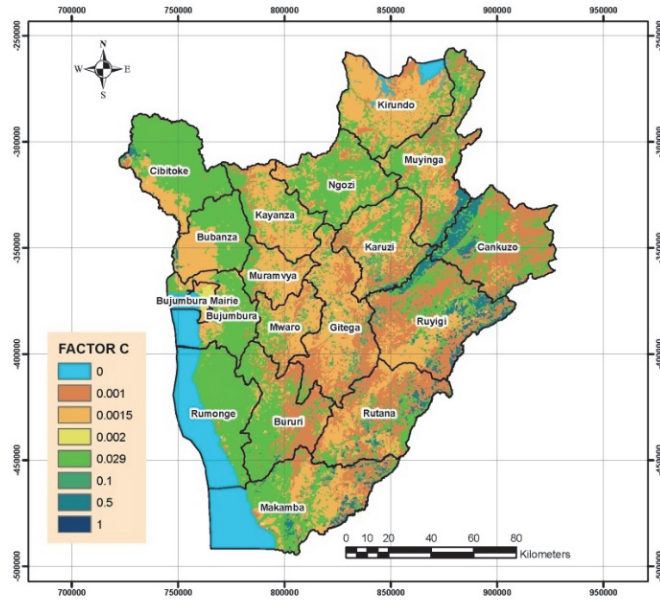


Figure 7. C factor map

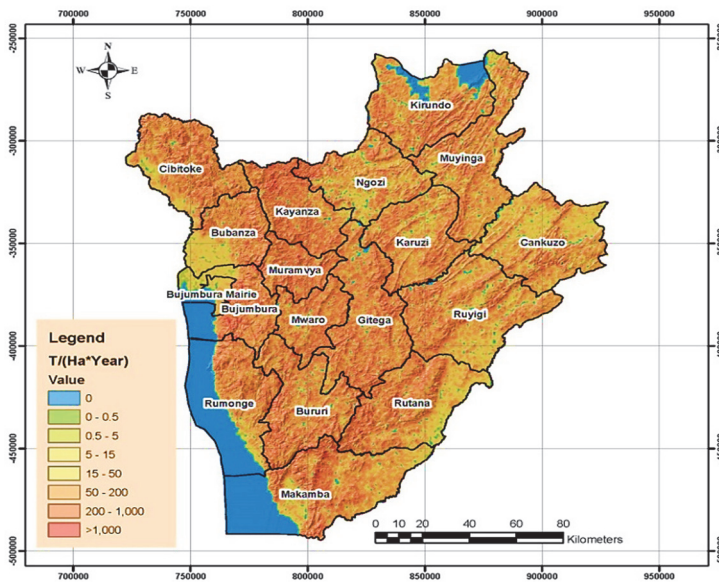


Figure 8. Water erosion map showing soil loss in T/ha*year

The statistical tool of the ArcMap software allowed to give the eroded area according to the losses of soil. This allowed to evaluate the condition of erosion according to the FAO reference data. The results are shown in Table 3.

Table 3

Area subject to erosion in ha

Range (T/ha*year)	Area (Ha)	Erosion condition	Percentage
0	251938,9	Null	9
0–10	187580,67	Faint	7
10–50	532819,36	Moderate	20
50–200	925149,45	Severe	34
>200	817035,51	Very severe	30

The results show that more than 64% of the national territory is subject to very severe erosion. Statistical results using ArcMap software tools show that provinces (Muramvya, Kayanza, Mwaro and Gitega) are experiencing huge annual losses per hectare of soil under water erosion (Table 4).

Table 4

Quantification of erosion by province (in T/ha*year)

Erosion Burundi's provinces			
Province	(T/ha*year)	Province	(T/ha*year)
Bubanza	147	Kirundo	153
Bujumbura Mairie	37	Makamba	146
Bujumbura Rural	182	Muramvya	322
Bururi	159	Muyinga	144
Cankuzo	94	Mwaro	233
Cibitoke	174	Ngozi	150
Gitega	217	Rumonge	93
Karuzi	156	Rutana	197
Kayanza	312	Ruyigi	144

The results show that almost the entire extent of Burundi is experiencing severe erosion according to the FAO classification of water erosion.

Conclusion

On an area of 27145 km² (almost the entire national territory) that was the subject of this study using the RUSLE model, 64% experienced severe erosion.

Depth analyzes show that the soil erodibility factor (*K*) values are very high for the part of Burundi located in the Imbo plain, the western slope of the Congo-Nile Ridge, the Congo-Nile Ridge, the neighboring part of the Rwanda in Ngozi and Kirundo provinces in northern Burundi. The lowest values correspond to certain portions located in Kayanza, Ngozi, Kirundo and Ruyigi Provinces.

The minimum values of the *L* factor (length of the slope) largely represent the depressions of the North East and the Imbo plain in western Burundi. Values for this factor are high for Congo-Nile Ridge.

For the *S* factor (slope), the large values are observed for the Congo-Nile Ridge region.

The values of the *C* factor (vegetation cover) show high values for the western slope of the Congo-Nile Ridge, the Congo-Nile Ridge covered largely by the Kibira National Park, clear forests, natural reserves and palm oil plantations. Most of the provinces Ngozi, Muyinga, Karusi are occupied by crops, perennials and afforestation. In the eastern depressions, there are protected landscapes and Ruvubu National Park.

The results for this study show that the *K* and *C* factors for this study in no way influence the mechanism of water erosion. The factor *L* has an influence but is very weak. The *S* factor has a very significant influence on water erosion in Burundi.

References

- [1] Aquastat. Burundi. *Rapp. sur l'eau*. 2005;29: 1–10.
- [2] Lim KJ, Sagong M, Engel BA, Tang Z, Choi J, Kim KS. GIS-based sediment assessment tool. *Catena*. 2005;64(1): 61–80.

- [3] Gvozdenovich JJ. *Calculo del factor R de la USLE a traves del indice modificado de Fournier*. 2016(June). p. 9.
- [4] Wang B, Zheng F, Guan Y. Improved USLE-K factor prediction: A case study on water erosion areas in China. *Int. Soil Water Conserv. Res.*, 2016;4(3): 168–176.
- [5] Ganasri BP, Ramesh H. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS: A case study of Nethravathi Basin. *Geosci. Front.* 2016; 7(6): 953–961.
- [6] Karaburun A. Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcekmece watershed. *Ozean J. Appl. Sci.* 2010;3(1): 77–85.
- [7] Kuok KKK, Mah DYS, Chiu PC. Evaluation of C and P Factors in Universal Soil Loss Equation on Trapping Sediment: Case Study of Santubong River. *J. Water Resour. Prot.* 2013;5(12): 1149–1154.
- [8] <http://hikersbay.com/climate/burundi?lang=en> (Accessed 1 April 2019).
- [9] UNECN. *2013 Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité 2013–2020*. p. 39–45.
- [10] Roose EJ. Quelques exemples des effets de l'érosion hydrique sur les cultures. *Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. Tananarivè 19–25.11.1967. Communication No. 113*. 1967. p. 1385–1404.
- [11] Rishirumuhirwa T. Facteurs anthropiques de l'érosion dans les régions des montagnes et hauts plateaux de la C.E.P.G.L. (Burundi – Rwanda – Zaïre). *Réseau Erosion – Bulletin*. 1993;(13): 53–62.
- [12] Koffi N, Guillaume A, Vimard P, Zanou B. *Maîtrise de la croissance démographique et développement en Afrique (Colloques et Séminaires)*. Paris: ORSTOM; 1994: 381–402.
- [13] Laflen JM, Roose EJ. *Methodologies for assessment of soil degradation due to water erosion*. USA: CRC Press LLC; 1997.
- [14] Arnoldus HMJ. Methodology used to determine the maximum average soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. *Soils Bulletin FAO*. 1980;34: 39–48.

Article history:

Received: 03.04.2019

Revised: 20.06.2019

For citation:

Nijimbere G, Riveros Lizana C. Assessment of soil erosion of Burundi using remote sensing and GIS by RUSLE model. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(1): 17–28. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-17-28>

Bio notes:

Gilbert Nijimbere– M.Sc in Environmental Sciences, PhD student, Department of Breeding, Genetics and Seed Production, Faculty of Agronomy and Ecology, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. *Contact information:* e-mail: gilbertnijimbere83@gmail.com

Christian Riveros Lizana – master student, Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply, Faculty of Hydroamelioration, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. *Contact information:* e-mail: 20110337@lamolina.edu.pe

Оценка эрозии почвы Бурунди с использованием дистанционного зондирования и ГИС по модели РУСЛЕ

Г. Нижимбере, К. Риверос Лизана

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина
Российская Федерация, 350044, Краснодар, ул. Калинина, 13

Аннотация. Настоящая статья посвящена результатам исследований по водной эрозии в Бурунди – стране, не имеющей выхода к морю, в районе африканских Великих озер, где сходятся Восточная и Центральная Африка. Сельское хозяйство развито в районах, где склоны очень крутые, а некоторые факторы, например методы землепользования, ослабляют почву и приводят к водной эрозии, что влечет за собой деградацию почвы и делает ее бесплодной. Производство по этому пути становится недостаточным для быстро растущего населения. Расширение обрабатываемой земли, часто не связанное с противоэрозионными мерами, подвергает почву интенсивной эрозии. Данные обработки спутниковых снимков (Landsat 8) позволили выявить основные места, где эрозия очень сильная. Потерянная почва оценивалась по методу РУСЛЕ и с использованием четырех растровых изображений, соответствующих факторам, связанным с осадками, разрушаемостью почвы, топографией, длиной склона и растительным покровом. Полученные результаты позволяют определить районы по всей стране, где необходимо вмешательство правительства и природоохранных учреждений для ограничения процессов деградации почвы.

Ключевые слова: Бурунди; эрозия почв; землепользование; РУСЛЕ; деградация почв; классификация почв; защита сельского хозяйства

Список литературы

- [1] Aquastat. Burundi // Rapp. sur l'eau. 2005. Vol. 29. Pp. 1–10.
- [2] Lim K.J., Sagong M., Engel B.A., Tang Z., Choi J., Kim K.S. GIS-based sediment assessment tool // Catena. 2005. Vol. 64. No. 1. Pp. 61–80.
- [3] Gvozdenovich J.J. Calculo del factor R de la USLE a traves del indice modificacdo de Fournier. June 2016. P. 9.
- [4] Wang B., Zheng F., Guan Y. Improved USLE-K factor prediction: A case study on water erosion areas in China // Int. Soil Water Conserv. Res. 2016. Vol. 4. No. 3. Pp. 168–176.
- [5] Ganasri B.P., Ramesh H. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS: A case study of Nethravathi Basin // Geosci. Front. 2016. Vol. 7. No. 6. Pp. 953–961.
- [6] Karaburun A. Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcekmece watershed // Ozean J. Appl. Sci. 2010. Vol. 3. No. 1. Pp. 77–85.
- [7] Kuok K.K.K., Mah D.Y.S., Chiu P.C. Evaluation of C and P Factors in Universal Soil Loss Equation on Trapping Sediment: Case Study of Santubong River // J. Water Resour. Prot. 2013. Vol. 5. No. 12. Pp. 1149–1154.
- [8] URL: <http://hikersbay.com/climate/burundi?lang=en> (дата обращения: 01.04.2019).
- [9] UNECN. 2013 Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité 2013–2020. Pp. 39–45.

- [10] *Roose E.J.* Quelques exemples des effets de l'érosion hydrique sur les cultures // Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. Tananarivè 19–25.11.1967. Communication No. 113. 1967. Pp. 1385–1404.
- [11] *Rishirumuhirwa T.* Facteurs anthropiques de l'érosion dans les régions des montagnes et hauts plateaux de la C.E.P.G.L. (Burundi – Rwanda – Zaïre) // Réseau Erosion – Bulletin. 1993. No. 13. Pp. 53–62.
- [12] *Koffi N., Guillaume A., Vimard P., Zanou B.* Maîtrise de la croissance démographique et développement en Afrique (Colloques et Séminaires). Paris: ORSTOM, 1994. Pp. 381–402.
- [13] *Laflen J.M., Roose E.J.* Methodologies for assessment of soil degradation due to water erosion. USA: CRC Press LLC, 1997.
- [14] *Arnoldus H.M.J.* Methodology used to determine the maximum average soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco // Soils Bulletin FAO. 1980. Vol. 34. Pp. 39–48.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 03.04.2019

Дата принятия к печати: 20.06.2019

Для цитирования:

Nijimbere G., Riveros Lizana C. Assessment of soil erosion of Burundi using remote sensing and GIS by RUSLE model (Оценка эрозии почвы Бурунди с использованием дистанционного зондирования и ГИС по модели РУСЛЕ) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 1. С. 17–28. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-17-28>

Сведения об авторах:

Нижимбере Гилберт – аспирант, кафедра селекции, генетики и семеноводства, факультет агрономии и экологии, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. *Контактная информация:* e-mail: gilbertnijimbere83@gmail.com

Риверос Лизана Кристиан – магистр, кафедра гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения, факультет гидромелиорации, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. *Контактная информация:* e-mail: 20110337@lamolina.edu.pe

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-1-29-38
UDC 579.2

Research article

Biodiversity of microbial communities on some species in the class Gastropoda common in coastal waters in Central Vietnam

Thanh Binh Chu¹, Thi Thu Hong Do¹, Xuan Thinh Le²,
Cao Cuong Ngo¹, Thi Thu Huyen Pham¹, Thi Thuy Duong Hoang¹,
Tai Tu Nguyen¹, Temir A. Britaev¹

¹Vietnam – Russia Tropical Center

63 Nguyen Van Huyen St., Cau Giay District, Hanoi, Socialist Republic of Vietnam

²National Institute of Hematology and Blood Transfusion

Pham Van Bach St., Cau Giay District, Hanoi, Socialist Republic of Vietnam

Abstract. Gastropoda is a large class in coastal waters in Central Vietnam. The interaction between microorganisms and Gastropoda mainly consists of symbiotic and parasitic relationships. In this study, biodiversity of microbial communities on some species of Gastropoda is evaluated, thereby predicting their interaction. From 12 samples of Gastropoda including 3 species: *Trochus maculatus*, *Cypraea eglantica*, *Chicoreus bruneus*, 101 microorganism strains including 79 bacterial strains (78.2%), 18 yeast strains (17.8%) and 4 actinomycetes strains (4.0%) were isolated. There were 15 strains (including 8 yeast strains, 5 bacterial strains and 2 actinomycetes strains) selected to identify based on sequence analysis of the D1/D2 region (yeast) and 16S rRNA gene (bacteria and actinomycetes). Based on the identification results, it is possible to predict the nutritional relationship between microorganisms and species of Gastropoda.

Keywords: Gastropoda; biodiversity; microorganisms; Central Vietnam

Introduction

Scientists have studied the relationship between bacteria and Gastropoda since the 1980s [10]. The interaction between microorganisms and Gastropoda mainly consists of symbiotic and parasitic relationships. Symbiotic relationships between microorganisms and Gastropoda include nutrient exchange, supply of organic compounds, production of vitamins and amino acids, resistance to pathogenic microorganisms, habitats, etc. Symbiotic bacteria usually belong to autotrophic bacteria such as *Thiopfundum lithotrophicum*, *Thiohalophilus thiocyanatoydans*, *Methylosphaera hansonii*, *Methylobacter luteus*, etc. [5]. Microorganisms can also produce toxins and cause serious diseases.

Ha Tinh and Ninh Thuan are two provinces in Central Vietnam. The coastal area of these two provinces is the habitat of many species in the class Gastropoda [7]. Research on the relationship between microorganisms and Gastropoda in coastal marine ecosystems contributes to building a database for the conservation, development and sustainable exploitation of these animals.

Materials and methods

Materials. Samples. 12 samples of Gastropoda were collected in coastal waters of Ha Tinh and Ninh Thuan.

Table 1

List of samples

No.	Species in the class Gastropoda	Code sample	Place
1	<i>Trochus maculatus</i>	H1, H3	Ha Tinh
		N1, N3	Ninh Thuan
2	<i>Cypraea eglantica</i>	H2, H5	Ha Tinh
		N2, N5	Ninh Thuan
3	<i>Chicoreus bruneus</i>	H4, H6	Ha Tinh
		N4, N6	Ninh Thuan
Total		12	

Media. Hansen medium for yeast [4]. MPA medium for bacteria [6]. SCA medium for actinomycetes [6].

Methods. Isolation method. Animal samples were peeled, collected the gastrointestinal tract, then diluted with salt water 9‰. The diluent was cultured on a petri containing medium suitable for each microorganism group. Petri plates were put in incubators at the suitable temperature [8].

Grouping method. The strains were cultivated on suitable media and conditions. Then they were differentiated by their macro- and micro-morphologies according to C.P. Kurtzman et al. [8]

DNA extraction. The experiment was carried out using Zymo Research Kit (USA).

PCR. PCR is established for each microorganism group using the suitable primers and heating programs. Specifically, NL1/NL4 primers for yeast, 1492R/27F for bacteria and actinomycetes [3].

Sequence analysis. The sequencing results were compared to related data in Genbank by the BLAST search on NCBI.

Results and discussions

Isolation results. 101 microorganism strains were isolated from 12 samples collected from Ha Tinh and Ninh Thuan (Table 2).

Table 2 showed that bacteria had the greatest amount. Actinomycetes was the smallest of microorganism group. Fungi had not been found in isolated samples. Yeast was found mainly in samples collected from Ha Tinh, while actinomycetes were found mainly in samples in Ninh Thuan. Sample N1 (*Trochus maculatus*) had the existence of 3 microorganism groups. Sample N5 (*Cypraea eglantica*) only isolated bacteria. Other samples had the existence of two microorganism groups. The number of microbial strains isolated on each species in the class Gastropoda was also different (Figure 1).

Table 2

List of microorganism strains

No.	Sample	Strains code		
		Yeast	Bacteria	Actinomycetes
1	H1	H1.1Y, H1.4Y, H1.6Y	H1.2B, H1.3B, H1.7B, H1.8B	–
2	H2	H2.1Y, H2.2Y	H2.3B, H2.4B, H2.5B, H2.6B, H2.7B, H2.8B, H2.9B, H2.10B, H2.11B, H2.12B, H2.13B	–
3	H3	H3.8Y	H3.1B, H3.3B, H3.4B, H3.5B, H3.6B, H3.7B, H3.9B, H3.10B	–
4	H4	–	H4.1B, H4.3B, H4.4B, H4.5B, H4.6B	H4.2A
5	H5	H5.1Y, H5.2Y, H5.11Y	H5.3B, H5.6B, H5.7B, H5.8B, H5.9B, H5.10B, H5.12B, H5.13B, H5.14B	–
6	H6	H6.1Y, H6.2Y, H6.12Y	H6.3B, H6.4B, H6.5B, H6.6B, H6.9B, H6.11B, H6.15B, H6.16B	–
7	N1	N1.1Y, N1.2Y	N1.3B, N1.5B, N1.7B	N1.4A, N1.6A
8	N2	N2.3Y, N2.5Y	N2.1B, N2.2B, N2.4B, N2.6B	–
9	N3	N1.1Y	N3.2B, N3.3B, N3.4B, N3.5B, N3.6B, N3.7B, N3.8B, N3.9B, N3.10B, N3.11B	–
10	N4	–	N4.1B, N4.2B, N4.3B, N4.5B, N4.6B, N4.7B, N4.8B, N4.9B	N4.4A
11	N5	–	N5.4B, N5.5B, N5.15B, N5.16B	–
12	N6	N6.12Y	N6.7B, N6.8B, N6.13B, N6.14B	–
Total		18 (17.8%)	79 (78.2%)	4 (4.0%)

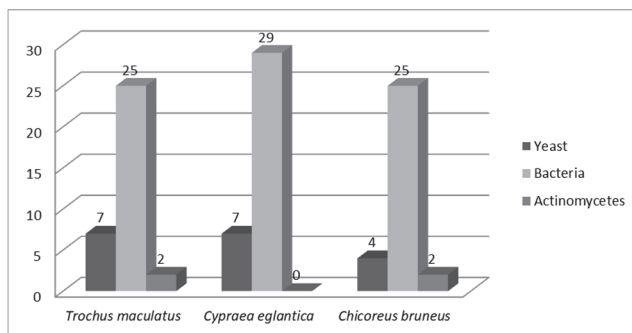


Figure 1. Number of microorganism strains in each species

Trochus maculatus and *Chicoreus bruneus* were 2 species with the existence of 3 microorganism groups (yeast, bacteria and actinomycetes). Actinomycetes had not been found in *Cypraea eglantica*.

Grouping based on characteristics of colonies and cells. Characteristics of colonies and cells play an important role in the classification of microorganisms. In this study, microorganism strains were grouped based on colony and cell characteristics in order to provide more accurate assessments of the diversity of microbial communities.

Bacteria. Based on colony and cell characteristics, 79 bacteria strains were divided into 5 groups (Table 3).

The isolated bacterial strains had a low biodiversity. The majority of bacteria group is the group with milky white colonies, slippery surface, viscous, spherical cells, separated (group 1 – 40.5 %). The results of bacteriological isolation are similar to the results of previous studies on the existence of bacteria in the species of Gastropoda [1].

Table 3

Grouping results of bacteria

Group	Quantity (percent)	Characteristic	
		Colony	Cell
1	32 (40.5%)	Milky white, smooth surface, viscous	Spherical cells, separated
2	8 (10.1%)	Red, smooth surface	Rod cells, separated
3	11 (13.9%)	White, smooth surface	Spherical cells
4	7 (8.9%)	Pink, smooth surface	Rod cells
5	21 (26.6%)	Yellow, smooth surface	Rod cells

Yeast. Yeast was the microorganism group with the highest biodiversity. 18 yeast strains were divided into 8 groups (Table 4).

Table 4

Grouping results of yeast

Group	Strains code	Characteristic	
		Colony	Cell
1	H6.1Y, H5.11Y	Milky white, spongy	Spherical cells, separated, reproduce by budding
2	N1.2Y, H1.6Y	White, smooth	Spherical cells, separated, reproduce by budding
3	N3.1Y, N6.12Y	Creamy white, spongy	Spherical cells, reproduce by budding
4	H1.1Y, H3.8Y, N1.1Y, H2.2Y	Black, wet, viscous	Spherical cells, arranged in chains
5	H6.12Y, N2.5Y	Dark brown, wet, viscous	Rod and spherical cells, arranged in chains
6	H2.1Y, H5.1Y, H5.11Y	White, wrinkled surface	Spherical cells, reproduce by budding
7	H1.4Y	Black, wet, viscous	Rod cells, arranged in chains
8	N2.3Y, H5.2Y, H6.2Y	Creamy white, spongy	Spherical cells, separated, reproduce by budding

Yeast is a polymorphic microorganism group, characteristics of colonies (color, shape) and cells that can change in the life cycle [3]. Therefore, it is necessary to use other classification methods (biochemical characteristics, molecular biology) to be able to more accurately assess the biodiversity of yeast.

Actinomycetes. 4 actinomycetes strains were divided into 2 groups according to the colony and cell characteristics described in Table 5.

Table 5

Grouping results of actinomycetes

Group	Strains code	Characteristic	
		Colony	Cell
1	N1.6A, N4.4A	Brownish, dry, hard, thick	Rod cells, branching
2	H4.2A, N1.4A	Brown, small, dry, thin	Rod cells, branching

According to the references, there are currently no reports of the existence of actinomycetes in the species of Gastropoda [9]. However, in this study, the number of actinomycetes isolated was very low, and the survey was only conducted on 12 animal samples. A larger number of animal samples should be surveyed to confirm the existence of actinomycetes in the species of Gastropoda.

Based on the grouping results, 15 microorganism strains representing each group were sequenced (including 8 yeast strains, 5 bacterial strains and 2 actinomycetes strains).

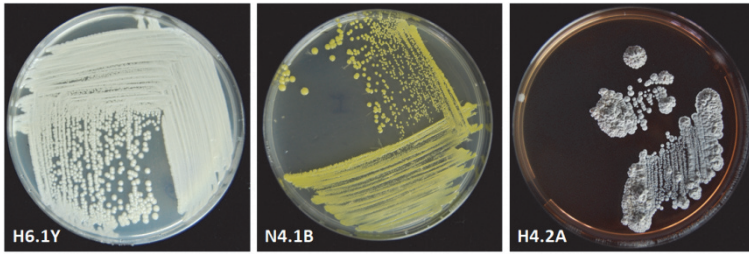


Figure 2. Colony characteristics of microorganism strains

Identification results. Microbial identification is considered a highly reliable classification method. Based on the identification results, it is possible to give the accurate assessment of biodiversity of microbial community. In this study, microorganism strains representing each group were sequenced with the corresponding genes. In yeast strains, DNA sequencing of the D1/D2 region of the large subunit of the 28S ribosomal RNA gene was evaluated with NL1/NL4 primers. 16S rRNA gene sequences were used to study bacteria and actinomycetes with 1492R/27F primers.

Bacteria. The results of bacterial identification showed that 5 bacteria strains identified could belong to 3 genera: *Burkholderia*, *Cellulosimicrobium*, *Rhodococcus*. Specially, genus *Cellulosimicrobium* includes cellulose-degrading bacteria. M.A. Dar et al. (2015) also published the existence of cellulose-degrading bacteria in *Achatina fulica*. He suggested that the interaction between *Cellulosimicrobium* and species of Gastropoda could be symbiotic relationships [1].

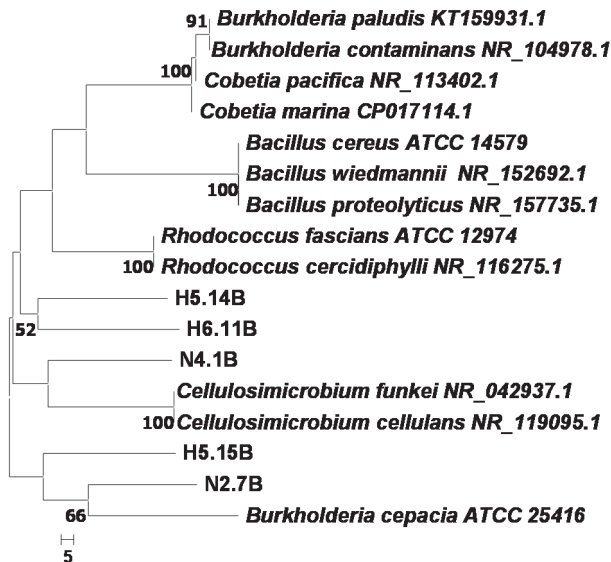


Figure 3. Phylogenetic tree of bacteria, based on 16S rRNA gene sequences

Yeast. In the grouping by characteristics of colonies and cells, yeast is a microorganism group with the highest biodiversity (they were divided into 8 groups). However, the yeast identification results showed that they consisted of 4 genera: *Meyerozyma*, *Aureobasidium*, *Pichia*, *Candida*. According to the references, these 4 yeast genera can be found in some marine animals including sea snails (a spe-

cies of Gastropoda) [3]. However, there has been no report on the interaction between these yeast genera and species of Gastropoda.

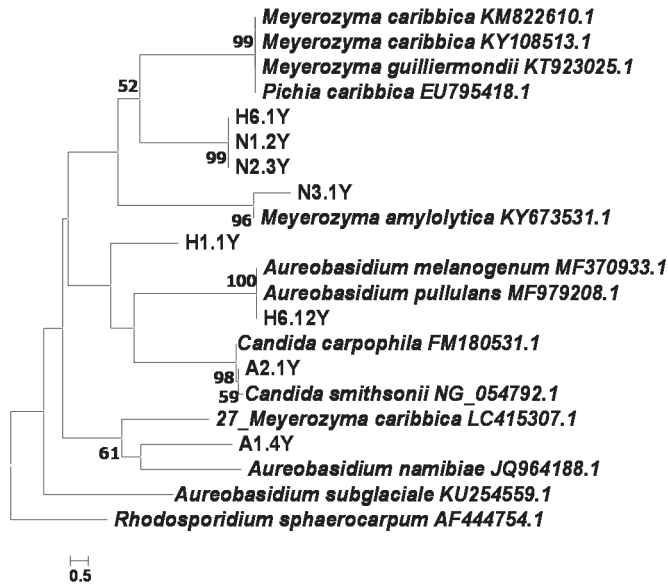


Figure 4. Phylogenetic tree of yeast, based on the D1/D2 region sequences

Actinomycetes. Combining the results of grouping based on characteristics of colonies and cells with sequencing results, it could be confirmed that 4 isolated actinomycetes strains belonging to genus.

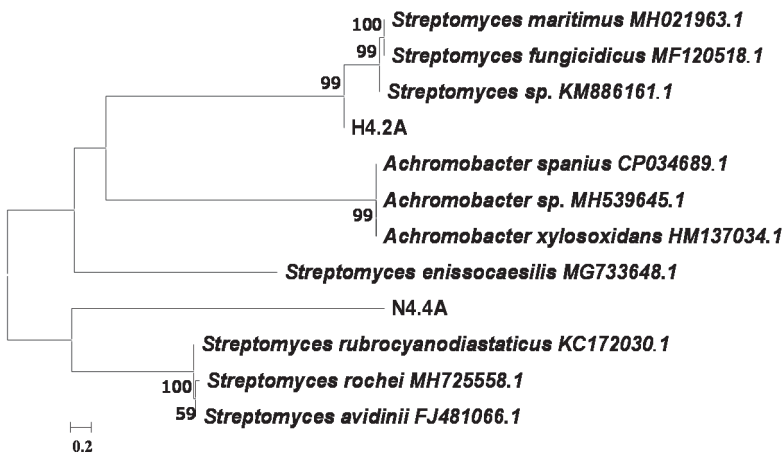


Figure 5. Phylogenetic tree of actinomycetes, based on 16S rRNA gene sequences

Streptomyces. Genus *Streptomyces* is a common genus in marine sediments [9]. As mentioned, there are currently no reports of the existence of actinomycetes in species belonging to Gastropoda. 4 isolated actinomycetes strains in this study might have entered the gastrointestinal tract of animal species along with their food.

Conclusions

Survey of 12 animal samples in the class Gastropoda (including species: *Trochus maculatus*, *Cypraea eglantica*, *Chicoreus bruneus*), 101 strains of microorganisms were isolated. Bacteria is the group with the highest number of strains, yeast is the group with the highest biodiversity.

Actinomycetes belong to genus *Streptomyces*; yeasts belong to the genera: *Meyerozyma*, *Aureobasidium*, *Pichia*, *Candida*; bacteria belong to the genera: *Burkholderia*, *Cellulosimicrobium*, *Rhodococcus*. Genus *Cellulosimicrobium* and species of Gastropoda may have symbiotic interaction.

Acknowledgments. This research has been supported by Project E1.3 from The Scientific Committee of Vietnam – Russia Tropical Center.

References

- [1] Dar MA, Pawar KD, Jadhav JP, Pandit RS. Isolation of cellulolytic bacteria from the gastrointestinal tract of *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata) and their evaluation for cellulose biodegradation. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2015; 98: 73–80.
- [2] Dar MA, Pawar KD, Pandit RS. Gut Microbiome Analysis of Snails: A Biotechnological Approach. *Organismal and Molecular Malacology*, Sajal Ray, IntechOpen. 2017. doi: 10.5772/68133
- [3] Duarte AWF, Pagnocca F, Chaud L, Dayo-Owoyemi I, Pessoa A, Felipe MGA, Sette LD. Taxonomic assessment and enzymes production by yeasts isolated from marine and terrestrial Antarctic samples. *Extremophiles: Microbial Life Under Extreme Conditions*. 2013.
- [4] Eaton AD, Clesceri LS, Greenberg AW. (eds.) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st Ed. Washington: APHA; 2005.
- [5] Guus R, Irene LG. On the evolutionary ecology of symbioses between chemosynthetic bacteria and bivalves. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2012;94: 1–10.
- [6] Greenberg AE, Trussell RR, Clesceri LS. (Eds). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 16th/19th Ed. Washington: APHA; 1985.
- [7] Lutaenko KA, Kwang-Sik Choi, Thai NC. *Coastal Marine Biodiversity of Vietnam: Regional and Local Challenges and Coastal Zone Management for Sustainable Development*. Final Report submitted to APN. 2011.
- [8] Kurtzman CP, Fell JW, Boekhout T, Robert V. Methods for isolation, phenotypic characterization and maintenance of yeasts. In Kurtzman CP, Fell JW, Boekhout T. (eds.) *The yeasts: a taxonomic study*. 5th ed. San Diego: Elsevier; 2011. p. 88–110.
- [9] Kurtböke I. *Microbial Resources: From Functional Existence in Nature to Applications*. London: Academic Press; 2017.
- [10] Taylor JD, Glover EA. Chemosymbiotic bivalves. In: Landman NH, Jones DS. (eds.) *The vent and seep biota*. The Netherlands: Springer; 2010. p. 107–135.

Article history:

Received: 14.04.2019

Revised: 20.06.2019

For citation:

Chu TB, Do TTH, Le XT, Ngo CC, Pham TTH, Hoang TTD, Nguyen TT, Britaev TA. Biodiversity of microbial communities on some species in the class Gastropoda common in coastal

waters in Central Vietnam. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(1): 29–38. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-29-38>

Bio notes:

Thanh Binh Chu – researcher of Laboratory of Microbiology, Institute of Biotechnology, Vietnam – Russia Tropical Center. *Contact information:* e-mail: chuthanhbinhvn@gmail.com

Thi Thu Hong Do – researcher of Laboratory of Microbiology, Institute of Biotechnology, Vietnam – Russia Tropical Center. *Contact information:* e-mail: hongdt1009@gmail.com

Xuan Thinh Le – chief technician of Stem Cell Bank, National Institute of Hematology and Blood Transfusion, Vietnam. *Contact information:* e-mail: thinhhuyethoc@gmail.com

Cao Cuong Ngo – researcher of Laboratory of Microbiology, Institute of Biotechnology, Vietnam – Russia Tropical Center. *Contact information:* e-mail: ngocaocuong2011@gmail.com

Thi Thu Huyen Pham – researcher of Laboratory of Microbiology, Institute of Biotechnology, Vietnam – Russia Tropical Center. *Contact information:* e-mail: huyen.cnsh76@gmail.com

Thi Thuy Duong Hoang – chief of Laboratory of Aquatic Ecology, Institute of Tropical Ecology, Vietnam – Russia Tropical Center. *Contact information:* e-mail: httduong_ttdvn@hotmail.com

Tai Tu Nguyen – researcher of Laboratory of Aquatic Ecology, Institute of Tropical Ecology, Vietnam – Russia Tropical Center. *Contact information:* e-mail: taitu1990@gmail.com

Temir A. Britayev – researcher, Institute of Tropical Ecology, Vietnam – Russia Tropical Center; guest lecturer of the Faculty of Biology of Lomonosov Moscow State University and Biological Department of University of Modena and Reggio Emilia (Italy). *Contact information:* e-mail: Britayev@yandex.ru.

Научная статья

**Биоразнообразие микробных сообществ
некоторых видов класса Гастропода,
распространенного в прибрежных водах
в центральной части Вьетнама**

**Т.Б. Тьу¹, Т.Т.Х. До¹, С.Т. Ле², К.К. Нго¹,
Т.Т.Х. Фам¹, Т.Т.З. Хоанг¹, Т.Т. Нгуен¹, Т.А. Бритаев¹**

¹Российско-вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр
Социалистическая Республика Вьетнам, Ханой, округ Кау Зай, ул. Нгуен Ван Хуен, 63

²Национальный институт гематологии и переливания крови

Социалистическая Республика Вьетнам, Ханой, округ Кау Зай, ул. Фам Ван Бач

Аннотация. Гастропода – это большой класс моллюсков в прибрежных водах в центральной части Вьетнама. Взаимодействие между микроорганизмами и гастроподой в основном состоит из симбиотических и паразитических отношений. В настоящем исследовании оценивается биоразнообразие микробных сообществ некоторых видов гастроподы, что позволяет прогнозировать их взаимодействие. Из 12 образцов гастроподы, включающих 3 вида: *Trochus maculatus*, *Cypraea eglantica*, *Chicoreus bruneus*, изолирован 101 штамм микроорганизмов, из них 79 штаммов бактерий (78,2 %), 18 штаммов дрожжей (17,8 %) и 4 штамма актиномицетов (4,0 %). Было отобрано 15 штаммов (вклю-

чая 8 штаммов дрожжей, 5 штаммов бактерий и 2 штамма актиномицетов) для идентификации на основе анализа последовательностей области D1/D2 (дрожжи) и гена 16S рРНК (бактерии и актиномицеты). На основании результатов идентификации можно предсказать питательную взаимосвязь между микроорганизмами и видами гастроподы.

Ключевые слова: гастропода; биоразнообразие; микроорганизмы; центральная часть Вьетнама

Благодарности. Исследование выполнено при поддержке Российско-вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра, проект E1.3.

Список литературы

- [1] *Dar M.A., Pawar K.D., Jadhav J.P., Pandit R.S.* Isolation of cellulolytic bacteria from the gastrointestinal tract of *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata) and their evaluation for cellulose biodegradation // *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2015. Vol. 98. Pp. 73–80.
- [2] *Dar M.A., Pawar K.D., Pandit R.S.* Gut Microbiome Analysis of Snails: A Biotechnological Approach // *Organismal and Molecular Malacology*, Sajal Ray, IntechOpen. 2017. doi: 10.5772/68133
- [3] *Duarte A.W.F., Pagnocca F., Chaud L., Dayo-Owoyemi I., Pessoa A., Felipe M.G.A., Sette L.D.* Taxonomic assessment and enzymes production by yeasts isolated from marine and terrestrial Antarctic samples // *Extremophiles: Microbial Life Under Extreme Conditions*. 2013.
- [4] *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. / ed. by A.D. Eaton, L.S. Clesceri, A.W. Greenberg. Washington: APHA, 2005.
- [5] *Guus R., Irene L.G.* On the evolutionary ecology of symbioses between chemosynthetic bacteria and bivalves // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2012. Vol. 94. Pp. 1–10.
- [6] *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 16th/19th ed. / ed. by A.E. Greenberg, R.R. Trussell, L.S. Clesceri. Washington: APHA, 1985.
- [7] *Lutaenko K.A., Kwang-Sik Choi, Thai N.C.* Coastal Marine Biodiversity of Vietnam: Regional and Local Challenges and Coastal Zone Management for Sustainable Development. Final Report submitted to APN. 2011.
- [8] *Kurtzman C.P., Fell J.W., Boekhout T., Robert V.* Methods for isolation, phenotypic characterization and maintenance of yeasts // *The yeasts: a taxonomic study*. 5th ed. / ed. by C.P. Kurtzman, J.W. Fell, T. Boekhout. San Diego: Elsevier, 2011. Pp. 88–110.
- [9] *Kurtböke I.* Microbial Resources: From Functional Existence in Nature to Applications. London: Academic Press, 2017.
- [10] *Taylor J.D., Glover E.A.* Chemosymbiotic bivalves // *The vent and seep biota* / ed. by N.H. Landman, D.S. Jones. The Netherlands: Springer, 2010. Pp. 107–135.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 14.04.2019

Дата принятия к печати: 20.06.2019

Для цитирования:

Chu T.B., Do T.T.H., Le X.T., Ngo C.C., Pham T.T.H., Hoang T.T.D., Nguyen T.T., Britaev T.A. Biodiversity of microbial communities on some species in the class Gastropoda common in coastal waters in Central Vietnam (Биоразнообразие микробных сообществ некоторых видов класса Гастропода, распространенного в прибрежных водах в цен-

тральной части Вьетнама) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 1. С. 29–38. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-29-38>

Сведения об авторах:

Тьу Тхань Бинь – научный сотрудник микробиологической лаборатории, Институт биотехнологии, Российско-вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр. *Контактная информация:* e-mail: chuthanhbinhvn@gmail.com

До Тхи Тху Хонг – научный сотрудник микробиологической лаборатории, Институт биотехнологии, Российско-вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр. *Контактная информация:* e-mail: hongdt1009@gmail.com

Ле Суан Тхинь – главный техник банка стволовых клеток, Национальный институт гематологии и переливания крови. *Контактная информация:* e-mail: thinhhuyethoc@gmail.com

Нго Као Кыонг – научный сотрудник микробиологической лаборатории, Институт биотехнологии, Российско-вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр. *Контактная информация:* e-mail: ngocaosuong2011@gmail.com

Фам Тхи Тху Хуен – научный сотрудник микробиологической лаборатории, Институт биотехнологии, Российско-вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр. *Контактная информация:* e-mail: huyen.cnsh76@gmail.com

Хоанг Тхи Тхую Зыонг – заведующий лабораторией экологии водной среды, Институт тропической экологии, Российско-вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр. *Контактная информация:* e-mail: httduong_ttndvn@hotmail.com

Нгуен Тай Ту – научный сотрудник лаборатории экологии водной среды, Институт тропической экологии, Российско-вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр. *Контактная информация:* e-mail: taitu1990@gmail.com

Бритаев Темир Аланович – исследователь, Институт тропической экологии, Российско-вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр; доктор биологических наук, профессор, приглашенный лектор биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и биологического факультета Университета Модены и Реджо-Эмилии (Италия). *Контактная информация:* e-mail: Britayev@yandex.ru.

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-1-39-50
УДК 574.24+58.051

Научная статья

Сравнительный анализ накопления тяжелых металлов в системе «почва – растение» по индексу геоаккумуляции и коэффициенту транспирации *Zea mays* L.

А.Р. Сукиасян

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

Аннотация. Целью работы являлась оценка влияния дефицита воды в почве с учетом особенностей миграции тяжелых металлов в системе «почва – растение» на примере сахарной кукурузы (*Zea mays* L.). Исследуемые образцы произрастали на прибрежных территориях рек Дебет, Шнох и Аракс. Отбор растительного материала осуществлялся в течение вегетационного периода на опытных площадках в ясную сухую погоду. Выполнен анализ прибрежной почвы и однолетнего растения по содержанию Mn, Cu, Co, Zn, Mo с помощью Thermo Scientific Niton XRF Portable Analyser. На основании полученных результатов рассчитан коэффициент индекса геоаккумуляции, выявляющий основные миграционные характеристики тяжелых металлов в системе «почва – растение». Толерантность к засухе идентифицирована на стадии рассады путем изменения условий произрастания посредством изменения режима полива контрольных вазонов. Расчет интенсивности транспирации показал изменения водного баланса у растений в зависимости от почвенно-климатических условий произрастания. На основе полученных результатов отмечено, что при повышении значения индекса геоаккумуляции тяжелых металлов в почве у растения наблюдается значительное снижение интенсивности транспирации. Так, в ходе экспериментов установлено, что образцы кукурузы из засушливого региона Ушакерта имели низкий уровень транспирации, по сравнению с образцами из умеренно-влажного региона Шноха. Объединение данных о содержании тяжелых металлов в зернах кукурузы с интенсивностью транспирации позволило исследовать корреляцию между накопительной способностью исследуемых химических элементов и регуляцией водного баланса в растении в ответ на засуху. Среди основных факторов, способствующих повышению миграции тяжелых металлов, можно выделить содержание калия и кальция в растительном образце.

Ключевые слова: растение; тяжелые металлы; индекс геоаккумуляции; интенсивность транспирации; засуха

Введение

Естественное содержание тяжелых металлов (ТМ) в окружающей среде, как правило, сбалансировано, а основной причиной их концентрационных изменений является деятельность человека. Антропогенные изменения биоты, выз-

ванные ускорением темпов индустриализации и интенсивным развитием сельского хозяйства, урбанизацией, влекут за собой широкий спектр глобальных экологически опасных явлений [1; 2]. В регионах с развитыми промышленным и сельскохозяйственным производствами резко возрастает вероятность загрязнения воздуха, воды и почвы по причине избыточного количества ТМ [3]. В частности, поглощение и накопление ТМ в растениях проявляется в заражении пищевых цепей, почвы, водных ресурсов и негативном влиянии на окружающую атмосферу [4; 5]. Накопление ТМ в почве, вещества которой попадают в растение вместе с водой, изменяет ее физико-химические свойства [6]. Данный факт является важной экологической проблемой, поскольку многие из этих элементов стабильны и являются биоаккумулятивными, а оценка их безопасных концентраций очень сложна в экосистеме.

Для нормального роста и развития растений необходима поддержка на физиологически приемлемом уровне определенного водного баланса, что в дальнейшем будет способствовать выработке у растений механизмов устойчивости к стресс-факторам внешней среды [7]. Известно, что концентрация ТМ в почве может достичь такого уровня, который в результате приведет к осмотическому шоку внутри растительного организма [8]. Но корневая система растения призвана регулировать поступление в нее воды, которая может быть насыщена различными ТМ. Очевидно, что важную роль в жизнедеятельности растений и формировании их продуктивности играет водный обмен. В свою очередь, нарушение водного обмена, наблюдаемое в присутствии высоких концентраций ТМ, отрицательно сказывается на большинстве физиологических процессов у растений [9].

Цель исследования заключалась в сравнительной оценке накопительной способности ряда ТМ с учетом индекса геоаккумуляции в системе «почва – растение» и транспирации листьев растения-индикатора при засухе.

Материалы и методы

В качестве биологического объекта в экспериментах использовалась ползубовидная сахарная кукуруза армянской популяции (*Zea mays* L.), выращенная на опытных площадках вблизи рек Дебет (Одзун – 41°03'06" с. ш. 44°36'55" в. д.), Шнох (Шнох – 41°08'52" с. ш. 44°50'16" в. д., Техут – 41°07'05" с. ш., 44°50'45" в. д.) и Аракс (Ушакерт – 40°04'52" с. ш. 43°55'35" в. д.).

Подготовка образцов почвы. Образцы почвы при сухих погодных условиях отбирались методом конвертирования с глубины произрастания корневой системы исследуемого растения, которая в среднем не превышала 120 см. Отбор точечных проб осуществлялся с помощью не содержащих металл инструментов. Объединенная проба подготавливалась путем смешивания точечных проб – не менее пяти точечных проб, взятых из одной пробной площадки. После образцы помещались в темные стеклянные контейнеры и транспортировались при температуре +4 °С для лабораторных (инструментальных) измерений в течение 24 ч. После очистки от остатков корневой системы, насекомых и других твердых составляющих почва растиралась в ступне с пестиком и просеивалась через сито с диаметром отверстий не более 1 мм.

Подготовка образцов растения (зерна кукурузы). Созревшие зерна кукурузы сушились методом воздушно-сухой сушки в вытяжном шкафу до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре. Для озоления растительный материал помещался в муфельную печь с использованием предварительно прокаленных фарфоровых чашек при температуре +400 °С не более чем на 1 ч. Затем образцы сухого остатка (зола) помещались в эксикатор для дальнейших инструментальных измерений.

Измерение концентрации химических элементов. Подготовленные образцы (зола зерен кукурузы и почва) помещались в специальные пластмассовые трубки XRF Sample Cups диаметром 32 мм, на дно которых заранее вставлялась специальная полипропиленовая пленка. В верхнюю часть образца вставлялись специальные уплотнители, после чего его закрывали крышкой, спрессовав до нужного состояния. Исследование осуществлялось с помощью портативного анализатора Thermo Scientific Niton XRF Portable Analyser путем направления X-лучей непосредственно на образец в течение 210 с [10].

Расчет индекса геоаккумуляции. Для количественной оценки степени загрязнения был рассчитан индекс геоаккумуляции (I_{geo}):

$$I_{geo} = \log_2 (C_n / 1,5 \times B_n), \quad (1)$$

где C_n – концентрация тяжелого металла в образце, мг/кг; B_n – геохимическое фоновое значение (медиана) для каждого типа почв согласно [11], мг/кг.

Степень загрязненности почв оценивалась по шкале Мюллера [12], согласно которой значения $I_{geo} \leq 0$ соответствуют I классу (практически незагрязненный фон); $0 < I_{geo} < 1$ – II классу (незагрязненный до умеренного); $1 \leq I_{geo} \leq 2$ – III классу (умеренно загрязненный); $2 \leq I_{geo} < 3$ – IV классу (от слегка загрязненного до сильного); $3 \leq I_{geo} < 4$ – V классу (сильно загрязненный); $4 \leq I_{geo} < 5$ – VI классу (от сильно загрязненного до экстремально-го); $I_{geo} \geq 5$ – VII классу (очень сильно загрязненный).

Моделирование засухи и определение интенсивности транспирации. Моделирование засухи осуществлялось в климатической комнате со специально оборудованной системой кондиционирования (см. рисунок). В контрольных вазонах на протяжении всего эксперимента оптимальная относительная влажность почвы (ОВП), поддерживаемая путем ежедневной поливки, составляла 54 %, при умеренной засухе, создаваемой посредством изменения режима полива, ОВП составляла 43 % (визуально не наблюдалось увядания листьев кукурузы), а при сильной засухе ОВП составляла 34 % (наблюдалось увядание листьев в течение дня) [12].

После статистически достоверного снижения скорости роста пятого листа кукурузы, что заняло 2–2,5 недели, определялось общее содержание влаги в наземной части растения. Для этого срезалась вся наземная часть растения, образцы взвешивались и помещались в термостат при температуре +70 °С на 72 ч до полного испарения влаги. После образцы вынимали из термостата и снова взвешивали с целью определения интенсивности транспирации ($T_{инт.}$), численное значение которой вычисляли по формуле

$$T_{\text{инт.}} = (a - b) \times 100 / (t \times S), \quad (2)$$

где a – контрольный вес растительного образца до помещения в термостат, г; b – вес растительного образца через 72 ч, г; t – время экспозиции, ч; S – площадь растительного образца, дм^2 .

Для определения последнего использовали методику расчета динамики относительной площади листьев злаковых культур, основанную на использовании стандартной гидрометеорологической информации, согласно которой максимальные значения относительной площади листьев для кукурузы на зерно (S) колеблются в пределах от 2,5 до 3,5 дм^2 [13].

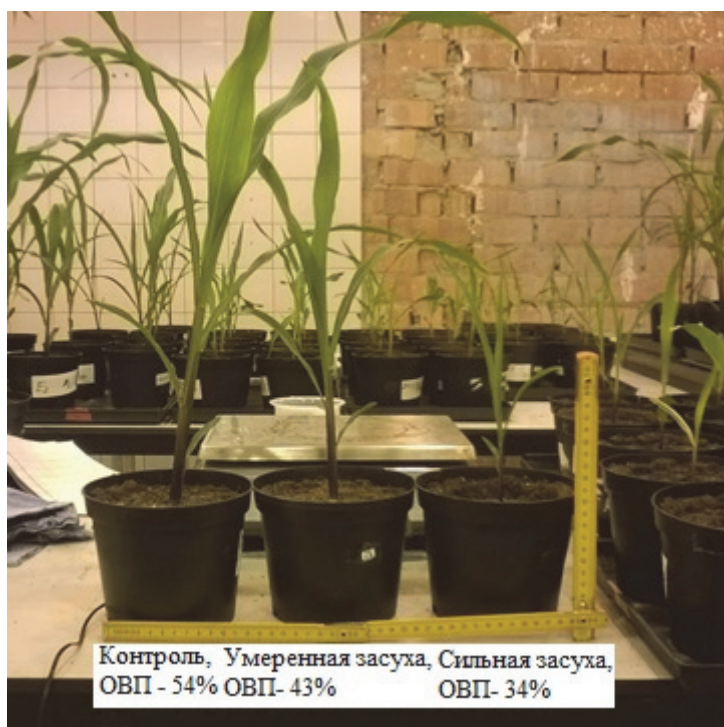


Рисунок. Общий вид экспериментальных вазонов перед срезом (2–2,5 недели) (фото автора)
[Figure. General view of experimental pots in behind of harvesting (2–2.5 weeks) (photo by the author)]

Статистическая обработка. Все проведенные эксперименты имели 10 биологических и до 5 технических повторностей. Результаты были обработаны с учетом t -критерия Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$ [14]. При помощи пакета «Анализ данных» программы Microsoft Excel проведено сравнение расчетных величин, которое отражает степень взаимосвязи между $I_{\text{гео}}$ и $T_{\text{инт.}}$ с учетом степени засухи (табл. 1).

Таблица 1

Расчет коэффициента корреляции между величинами $I_{\text{гео}}$ и $T_{\text{инт.}}$

Вариант	Ушакерт (полупустынная каштановая)	Одзун (горный чернозем)	Техут (коричневая лесная)	Шнох (коричневая лесная)
Коэффициент парной корреляции	–0,995	–0,994	–0,960	–0,950

Table 1

Calculation of the correlation between the values I_{geo} and T_{int} .

Variant	Hushakert (semi-desert brown soil)	Odzun (mountain black soil)	Tekhut (brown forest soil)	Shogh (brown forest soil)
Pair correlation coefficient	-0.995	-0.994	-0.960	-0.950

Результаты

Фактическим результатом антропогенного воздействия на окружающую среду является накопление ТМ в почве, аккумулирующихся в дальнейшем в растительном организме. Исходя из этого в качестве тест-объекта было выбрано однолетнее растение, так как в этом случае его экологическая память была «чистой», а полученная информация о количественных изменениях ряда ТМ при их миграции в системе «почва – растение» могла служить основой для количественной оценки загрязненности среды на данном этапе. С этой целью были определены численные значения ряда ТМ в образцах почвы и зернах кукурузы, усредненные из пяти анализов. На основании полученных экспериментальных результатов рассчитывался коэффициент геоаккумуляции по формуле (1), что служило основой для классификации исследуемых образцов почвы по степени загрязненности ТМ.

Таблица 2

Значение коэффициента геоаккумуляции и категории загрязненности почв для некоторых тяжелых металлов

Химический элемент	Ушакерт (полупустынная каштановая)	Категория загрязненной почвы по классам	Одзун (горный чернозем)	Категория загрязненной почвы по классам	Техут (коричневая лесная)	Категория загрязненной почвы по классам	Шнох (коричневая лесная)	Категория загрязненной почвы по классам
Mn	2.392±0.119	IV	0.943±0.109	I	1.346±0.102	III	1.899±0.102	III
Cu	2.982±0.128	IV	2.901±0.122	IV	2.105±0.279	IV	5.806±0.279	VII
Co	5.849±0.020	VII	5.451±0.093	VII	4.561±0.074	VI	5.603±0.074	VII
Zn	7.098±0.503	VII	5.992±0.322	VII	6.363±0.423	VII	8.593±0.423	VII
Mo	3.625±0.289	V	3.515±0.087	V	3.195±0.515	V	4.292±0.515	VI

Table 2

The value of the coefficient of geoaccumulation and the category of contaminated soil for some heavy metals

Chemical elements	Hushakert (semi-desert brown soil)	Category of contaminated soil by class	Odzun (mountain black soil)	Category of contaminated soil by class	Tekhut (brown forest soil)	Category of contaminated soil by class	Shogh (brown forest soil)	Category of contaminated soil by class
Mn	2.392±0.119	IV	0.943±0.109	I	1.346±0.102	III	1.899±0.102	III
Cu	2.982±0.128	IV	2.901±0.122	IV	2.105±0.279	IV	5.806±0.279	VII
Co	5.849±0.020	VII	5.451±0.093	VII	4.561±0.074	VI	5.603±0.074	VII
Zn	7.098±0.503	VII	5.992±0.322	VII	6.363±0.423	VII	8.593±0.423	VII
Mo	3.625±0.289	V	3.515±0.087	V	3.195±0.515	V	4.292±0.515	VI

Согласно приведенным результатам (табл. 2), образцы почвы из населенного пункта Ушакерт по содержанию Mn, Cu и Mo находились в слегка загрязненном состоянии, а по концентрациям Co и Zn образцы почв оказались сильно загрязненными. Расчет величины I_{geo} для образцов почв из Одзуна выявил, что среда умеренно загрязнена Cu и Mo, Mn – практически нет. Как и в предыдущем населенном пункте, данные образцы почв оказались сильно загрязнены по концентрациям Co и Zn. Образцы почв из населенного пункта Техут оказались слегка загрязненными Mo, Mn и Cu и сильно загрязненными Co и Zn. Анализ образцов почвы из Шноха указал на их легкую загрязненность Mn, а по содержанию Mo они оказались сильно загрязнены. При этом данные образцы почв произрастания растения были очень сильно загрязнены Cu, Co и Zn.

Почва обладает избирательной накопительной способностью к определенным химическим элементам, тем самым провоцируя изменение их накопительной скорости в произрастающей на ней растительности [16]. При этом очевидно, что способность растения проявлять биоиндикационную активность по содержанию ТМ в почве в первую очередь будет определяться состоянием самой почвы произрастания и степенью ее увлаженности [17]. А процессы транспирации в растениях регулируются непосредственно клеточной водой, давление которой заставляет клетку переходить в состояние тургора [18]. Ранее в наших работах было показано влияние водного дефицита на тургор листьев кукурузы [13; 19]. Известно, что вода является основным провайдером большинства химических элементов по корневой системе растений [20]. Избыток ионов ТМ в тканях растений может повлиять на абсорбцию воды из почвы и снизить содержание воды в корнях. Но в этом случае следует различать действие ТМ на перенос воды в растении от их ограниченности в поглощении воды. В почвах с высоким содержанием растворимых солей ТМ осмотический потенциал в почвенном растворе может быть ниже, чем потенциал внутри клетки. В этих условиях резко ограничивается скорость поглощения воды растениями, что приводит к осмотическому стрессу [21]. Предположительно, явление тургора напрямую регулируется количеством растворенных и поступивших в растительную клетку вместе с водой ТМ. Исходя из этого исследовалась зависимость транспирации в условиях засухи. Рассчитанные по формуле (2) данные по интенсивности транспирации для образцов кукуруз, произрастающих в различных почвенно-климатических условиях, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Значение интенсивности транспирации кукурузы в условиях засухи

Место произрастания образцов растения (с указанием почвы произрастания)	Интенсивность транспирации, г/дм ² ·ч			Снижение транспирации	
	Контроль (ОВП – 54 %)	Умеренная засуха (ОВП – 43 %)	Сильная засуха (ОВП – 34 %)	Умеренная засуха, %	Сильная засуха, %
Ушакерт (полупустынная каштановая)	15.957±0.699	12.967±0.573	4.609±0.387	19	71
Одзун (горный чернозем)	23.119±0.285	12.736±0.450	3.625±0.751	45	84
Техут (коричневая лесная)	23.535±0.769	14.139±0.612	4.301±0.348	40	81
Шнох (коричневая лесная)	15.792±0.802	6.011±1.250	2.281±0.632	62	85

Table 3

The value of the intensity of transpiration of maize in under drought

Growth place of plant samples (with an indication of soil growth)	Intensity of transpiration, g/dm ² · h			Decrease in the intensity of transpiration	
	Control, (soil water content 54%)	Mild drought, (soil water content 43%)	Severe drought, (soil water content 34%)	Mild drought, %	Severe drought, %
Hushakert (semi-desert brown soil)	15.957±0.699	12.967±0.573	4.609±0.387	19	71
Odzun (mountain black soil)	23.119±0.285	12.736±0.450	3.625±0.751	45	84
Tekhut (brown forest soil)	23.535±0.769	14.139±0.612	4.301±0.348	40	81
Shogh (brown forest soil)	15.792±0.802	6.011±1.250	2.281±0.632	62	85

Засуха вызывает замедление транспирации для всех исследуемых образцов. Анализ полученных результатов показывает, что усиление засухи замедляет процесс испарения воды с поверхности листьев в связи с уменьшением их размеров, так как при ОВП 34 % визуально наблюдается увядание листьев в течение дня. Но, помимо непосредственного воздействия ТМ на устьица, замедление транспирации может быть связано с уменьшением размеров листьев и корневой системы, а также с нарушением поступления в замыкающие клетки ионов K^+ и Ca^{2+} [22].

Далее было определено содержание кальция и калия в спелых зернах кукурузы. Хотя по концентрационным значениям уровень K^+ почти на два порядка превышал содержание Ca^{2+} , сравнительные ряды по региону произрастания кукурузы имеют схожий вид. Для кальция ряд имеет вид:

Ушакерт < Техут < Одзун < Шнох

и, соответственно, для K^+ :

Техут < Ушакерт < Одзун < Шнох.

Обсуждение

Накопительная активность ТМ в растениях определенным образом регулируется интенсивностью адсорбции воды почвой и уменьшением поглощающей активности корневой системы. Повышение содержания ТМ в окружающей среде заметно снижает относительное содержание воды в клетках, что связано с уменьшением числа и диаметра сосудов ксилемы и ситовидных трубок флоэмы [7]. Более того, было выявлено, что дефицит воды в корнях возникает в результате повышения концентрации Cd, Ni и Zn [22]. Обезвоживание растительных тканей в условиях повышенного содержания ТМ может быть связано также со снижением эластичности клеточных стенок сосудов, которое обусловлено частичным замещением ионов кальция ионами ТМ и изменением проницаемости мембран [23; 24]. Согласно полученным результатам, определенный соотношением интенсивности процессов поглощения воды и засухи водный баланс растения зависел не только от

климатических условий произрастания – свой вклад вносят почвенные характеристики, в особенности содержание ТМ в почве. Исходя из реакции растения на водный дефицит, который непосредственно отражается на интенсивности транспирации, была дана оценка концентрационным особенностям накопления ТМ по индексу геоаккумуляции (I_{geo}). Конечно, транспирация характеризует то реальное количество воды, которое участвует в различных метаболических процессах растения. Но всякие межмолекулярные и иные связи уменьшают подвижность молекул, снижая подвижность воды, поэтому ТМ в высоких концентрациях оказывают ярко выраженное негативное воздействие на водный обмен растений в целом [8]. В результате нарушения водообмена листья растений теряют тургор, что отрицательно сказывается в целом на физиологических процессах [10]. Фактически миграция ТМ в системе «почва – растение» с последующим накоплением в растительном организме может способствовать снижению транспирации, особенно в условиях повышенной засухи.

Заключение

В результате проведенных исследований была определена по категориям степень загрязненности территорий: почти везде отмечается повышенный уровень содержания Mo, Co и Zn, в меньшей степени – Mn и Cu. Моделируемая засуха выявила предрасположенность кукурузы к засухоустойчивости, которая зависела от почвенно-климатических условий произрастания, предопределяя предрасположенность растений к накоплению некоторых ТМ. Выявленные корреляционные различия в накопительной активности ТМ по индексу геоаккумуляции и реакции на засуху имеют обратную сильную связь в зависимости от почвенно-климатических условий произрастания.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Государственного комитета по науке МОН РА в рамках научного проекта № 15Т-2Н409. Исследование также проводилось в лаборатории молекулярной физиологии растений биологического факультета университета Антверпена (Бельгия) в рамках программы Erasmus Mundus Action II – BACKIS Program – Post-Doc Level.

Список литературы

- [1] *Ubwa S.T., Atoo G.H., Offem J.O., Abah J., Asemave K.* Effect of activities at the Gboko abattoir on some physical properties and heavy metals levels of surrounding soil // *Int. J. Chem.* 2013. Vol. 5. Pp. 47–57.
- [2] *Sharma M.C., Baxi S., Sharma K.K., Singh M., Patel S.* Heavy metal ions levels and related physicochemical parameters in soils in the vicinity of a paper industry location in Nahan area of Himachal Pradesh // *Environ. Anal. Toxicol.* 2014. Vol. 4. 10.4172/2161–0525.1000236.
- [3] *The State of the Marine Environment: A regional assessment.* Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities, United Nations Environment Programme / UNEP. The Hague, The Netherlands, 2006.
- [4] *Seaward M.R.D.* The use of lichens for environmental impact assessment // *Symbiosis.* 2004. Vol. 37. Pp. 293–305.

- [5] Wong S.C., Li X.D., Zhang G., Qi S.H., Min Y.S. Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River Delta, South China // *Environ Pollution*. 2002. Vol. 119. Pp. 33–44.
- [6] Vwioko D.E., Nliefo G.O., Fashemi S.D. Metal concentration in plant tissues of *Ricinus communis* L. (Castor oil) grown in soil contaminated with spent lubricating soil // *J. Applied Environ. Manage*. 2006. Vol. 10. Pp. 127–134.
- [7] Barceló J., Poschenrieder C.H. Plant water relations as affected by heavy metal stress: a review // *J. Plant Nutr*. 1990. Vol. 13. Pp. 1–37.
- [8] Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам / под ред. Н.Н. Немова; Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 172 с.
- [9] Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. 194 с.
- [10] Sukiasyan A.R. Antioxidant capacity of maize corn under drought stress from the different zones of growing // *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. 2016. Vol. 10. No. 8. Pp. 413–416.
- [11] Унанян С.А. Агромониторинг экосистемы техногенных зон Республики Армения и разработка мероприятий по восстановлению плодородия почв: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Ереван, 2010. 40 с.
- [12] Förstner U., Müller G. Concentrations of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in river sediments: geochemical background, man's influence and environmental impact // *GeoJournal*. 1981. Vol. 5. No. 5. Pp. 417–432.
- [13] Сукиасян А.Р., Тадевосян А.В., Симонян Г.С., Пирумян Г.П. Влияние абиотического стресса на рост растений // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 7. С. 168–172.
- [14] Шумова Н.А. Методические подходы к оценке относительной площади листьев растений агроценозов // *Экосистемы: экология и динамика*. 2017. Т. 1. № 1. С. 74–92.
- [15] Киракосян А.А., Сукиасян А.Р. Использование языка MATLAB в качестве экспресс-метода оценки экспериментальных результатов // *Информационные технологии: сборник материалов Международной молодежной конференции (Ереван, 23–25 июня 2005 г.)*. Ереван, 2005. С. 34–37.
- [16] Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 440 с.
- [17] Tangahu B.V., Abdullah S.R.S., Basri H., Idris M. et al. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation // *International Journal of Chemical Engineering*. 2011. Vol. 2011. Pp. 1–32.
- [18] Dogru A., Bayram N.E. A study on drought stress tolerance in some maize (*Zea mays* L.) cultivars // *Sakarya University Journal of Science*. 2016. Vol. 20. Issue 3. Pp. 509–519.
- [19] Sukiasyan A., Kirakosyan A., Tadevosyan A., Aslikyan M., Gharajyan K. Peculiarities of accumulation of some heavy metals on the chain of water – soil – plant // *International Journal of Advanced Engineering and Management Research*. 2017. Vol. 2. No. 5. Pp. 1534–1541. URL: <http://ijaemr.com/view1.php?issue=5>
- [20] Feleafel M.N., Mirdad Z.M., Hassan A.Sh. Effecte of NPK fertigation rate and starter fertilizer on the growth and yield of cucumber grown in greenhouse // *Journal of Agricultural Science*. 2014. Vol. 6. No. 9. Pp. 81–92.
- [21] Seregin I.V., Ivanov V.B. Physiological aspects of cadmium and lead toxic effects on higher plants // *Russian Journal of Plant Physiology*. 2001. Vol. 48. No. 4. Pp. 523–544.
- [22] Rucinska-Sobkowiak R. Water relations in plants subjected to heavy metal stresses // *Acta Physiol Plant*. 2016. Vol. 38. Pp. 257–269. DOI: 10.1007/s11738-016-2277-5
- [23] Казнина Н.М. Физиолого-биохимические и молекулярно-генетические механизмы устойчивости растений семейства *Poaceae* к тяжелым металлам: дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2016. 358 с.
- [24] Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам: учебное пособие / Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. 77 с.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 06.04.2019

Дата принятия к печати: 20.04.2019

Для цитирования:

Сукиасян А.Р. Сравнительный анализ накопления тяжелых металлов в системе «почва – растение» по индексу геоаккумуляции и коэффициенту транспирации *Zea mays* L. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 1. С. 39–50. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-39-50>

Сведения об авторе:

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

Research article

Comparative analysis of heavy metals accumulation in the soil – plant system by the geo-accumulation index and transpiration rate of *Zea mays* L.

Astghik R. Sukiasyan

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

Abstract. The aim of work is the assessment of the effect of water deficiency in the soil, taking into account the characteristics of the migration of heavy metals in the soil – plant system using the example of mays (*Zea mays* L.). The samples studied grew in the coastal areas of the Debet, Shnogh and Araks rivers. The selection of plant material was carried out during the growing season at the test sites in clear dry weather. The analysis of the coastal soil and annual plant on the content of Mn, Cu, Co, Zn, Mo was performed using the “Thermo Scientific Niton XRF Portable Analyzer”. According of obtained results the coefficient of the geo-accumulation index was calculated, identifying the main migration characteristics of heavy metals in the soil – plant system. Drought tolerance was identified at the seedling stage by changing the growing conditions by changing of watering of the plot. Calculation of the intensity of transpiration revealed changes in the water balance in plants depending on the soil and climatic growing conditions. According to the obtained results, it is noted that with an increase in the geo-accumulation index of heavy metals in the soil, the plant shows a significant decrease in the intensity of transpiration. Thus, in the course of the experiments, it was established that samples of corn from the arid region of Hushakert had a low level of transpiration, compared with samples from the moderately humid region of Shnogh. Combining the results on the content of heavy metals in corn kernels with the intensity of transpiration made it possible to investigate the correlation between the cumulative ability of the studied chemical elements and the regulation of water balance in the plant in response to drought. Among the main factors contributing to the increase in the migration of heavy metals is the content of potassium and calcium in the plant sample.

Keywords: plant; heavy metals; geo-accumulation index; transpiration intensity; drought

Acknowledgments. The study was performed with the financial support of the State Committee on Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Armenia in the frame of scientific project No. 15T-2H409. Research has also been conducted in the laboratory of plant molecular physiology, Biological Faculty, University of Antwerp (Belgium) in the framework of the “Erasmus Mundus Action II – BACKIS Program – Post-Doc Level”.

References

- [1] Ubwa ST, Atoo GH, Offem JO, Abah J, Asemave K. Effect of activities at the Gboko abattoir on some physical properties and heavy metals levels of surrounding soil. *Int. J. Chem.* 2013;5: 47–57.
- [2] Sharma MC, Baxi S, Sharma KK, Singh M, Patel S. Heavy metal ions levels and related physicochemical parameters in soils in the vicinity of a paper industry location in Nahan area of Himachal Pradesh. *Environ. Anal. Toxicol.* 2014;4: 10.4172/2161–0525.1000236.
- [3] UNEP. *The State of the Marine Environment: A regional assessment. Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities, United Nations Environment Programme.* The Hague, The Netherlands; 2006.
- [4] Seaward MRD. The use of lichens for environmental impact assessment. *Symbiosis.* 2004;37: 293–305.
- [5] Wong SC, Li XD, Zhang G, Qi SH, Min YS. Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River Delta, South China. *Environ Pollution.* 2002;119: 33–44.
- [6] Vwioko DE, Nliefo GO, Fashemi SD. Metal concentration in plant tissues of *Ricinus communis L.* (Castor oil) grown in soil contaminated with spent lubricating soil. *J. Applied Environ. Manage.* 2006;10: 127–134.
- [7] Barceló J, Poschenrieder CH. Plant water relations as affected by heavy metal stress: a review. *J. Plant Nutr.* 1990;13: 1–37.
- [8] Titov AF, Talanova VV, Kaznina NM, Laydinen GF. *Ustoychivost' rasteniy k tyazhelym metallam [Plant resistance to heavy metals].* Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN Publ.; 2007.
- [9] Titov AF, Kaznina NM, Talanova VV. *Tyazhelyye metally i rasteniya [Heavy metals and plants].* Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN Publ.; 2014.
- [10] Sukiasyan AR. Antioxidant capacity of maize corn under drought stress from the different zones of growing. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering.* 2016;10(8): 413–416.
- [11] Unanyan SA. *Agromonitoring ekosistemy tekhnogennykh zon Respubliki Armenii i razrabotka meropriyatii po vosstanovleniyu plodorodiya pochv [Agromonitoring the ecosystem of technogenic zones of the Republic of Armenia and the development of measures to restore soil fertility]* (Dissertation of Doctor of Agricultural Sciences). Yerevan; 2010.
- [12] Förstner U, Müller G. Concentrations of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in river sediments: geochemical background, man's influence and environmental impact. *GeoJournal.* 1981;5(5): 417–432.
- [13] Sukiasyan AR, Tadevosyan AV, Simonyan GS, Pirumyan GP. Vliyaniye abioticheskogo stressa na rost rasteniy [Impact of abiotic stress on growth of plant]. *Uspekhi sovremenogo yestestvoznaniya.* 2016;(7): 168–172.
- [14] Shumova NA. Metodicheskiye podkhody k otsenke otnositel'noy ploshchadi list'yev rasteniy agrotsenzov [The methodical approaches to evaluation of the plants leaves' cover relative area in agrocenoses]. *Ekosistemy: ekologiya i dinamika.* 2017;1(1): 74–92.
- [15] Kirakosyan AA, Sukiasyan AR. Ispol'zovaniye yazyka MATLAB v kachestve ekspress-metoda otsenki eksperimental'nykh rezul'tatov [Using MATLAB as an express method for

- evaluating experimental results]. *Informatsionnyye tekhnologii: Materialy Mezhdunarodnaya molodezhnaya konferentsiya (Yerevan, 23–25 iyunya, 2005)* [Information technology: Proceeding of International Conference (Yerevan, 23–25 June 2005)]. Yerevan; 2005. p. 34–37.
- [16] Kabata-Pendias A, Pendias KH. *Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh* [Trace elements in soils and plants]. Moscow: Mir; 1989.
- [17] Tangahu BV, Abdullah SRS, Basri H, Idris M et al. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*. 2011;2011: 1–32.
- [18] Dogru A, Bayram NE. A study on drought stress tolerance in some maize (*Zea mays* L.) cultivars. *Sakarya University Journal of Science*. 2016;20(3): 509–519.
- [19] Sukiasyan A, Kirakosyan A, Tadevosyan A, Aslikyan M, Gharajyan K. Peculiarities of accumulation of some heavy metals on the chain of water – soil – plant. *International Journal of Advanced Engineering and Management Research*. 2017;2(5): 1534–1541. Available from: <http://ijaemr.com/view1.php?issue=5>
- [20] Feleafel MN, Mirdad ZM, Hassan ASH. Effecte of NPK fertigation rate and starter fertilizer on the growth and yield of cucumber grown in greenhouse. *Journal of Agricultural Science*. 2014;6(9): 81–92.
- [21] Seregin IV, Ivanov VB. Physiological aspects of cadmium and lead toxic effects on higher plants. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2001;48(4): 523–544.
- [22] Rucinska-Sobkowiak R. Water relations in plants subjected to heavy metal stresses. *Acta Physiol Plant*. 2016;38: 257–269. DOI: 10.1007/s11738-016-2277-5
- [23] Kaznina NM. *Fiziologo-biokhimicheskiye i molekulyarno-geneticheskiye mekhanizmy ustoychivosti rasteniy semeystva Poaceae k tyazhelym metallam* [Physiological, biochemical and molecular genetics mechanisms of tolerance of plants of the family Poaceae to heavy metal] (Dissertation of Doctor of Biological Sciences). Saint Petersburg; 2016.
- [24] Titov AF, Talanova VV, Kaznina NM. *Fiziologicheskiye osnovy ustoychivosti rasteniy k tyazhelym metallam: uchebnoye posobiye* [Physiological basis of plant resistance to heavy metals: textbook]. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN Publ.; 2011.

Article history:

Received: 06.04.2019

Revised: 20.04.2019

For citation:

Sukiasyan AR. Comparative analysis of heavy metals accumulation in the soil – plant system by the geo-accumulation index and transpiration rate of *Zea mays* L. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(1): 39–50. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-39-50>

Bio note:

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



DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-1-51-58
УДК 502.521:574.21

Научная статья

Использование экологических свойств растений-гипераккумулянтов для снижения техногенной нагрузки на прилегающие к Московскому аэропорту Домодедово территории

С.Х. Солтанов

Московский государственный областной университет
Российская Федерация, 141014, Мытищи, ул. Веры Волошиной, 24

Аннотация. В статье представлены химические элементы с наибольшим содержанием валовых и подвижных форм в почвенном растворе грунта приаэродромной территории Московского аэропорта Домодедово. В работе рассмотрены важнейшие виды растений-гипераккумулянтов, которые могут стабилизировать геохимическую обстановку вокруг аэропорта. В таблицы сведены виды, способные в кратчайшие сроки при правильном применении их экологических свойств сорбировать несколько металлов-загрязнителей. В ходе исследования определены особенности поллютантов почвенного покрова земель около авиационного узла. В заключение разработаны рекомендации по снижению техногенной нагрузки на прилегающие к аэропорту земли с помощью создания фитобуферов.

Ключевые слова: Московский аэропорт Домодедово; гипераккумулянты; гиперустойчивость; фитобуфер; фиторемедиация

Введение

Деятельность каждого авиапредприятия сопровождается ощутимым воздействием на компоненты окружающей среды (ОС). В условиях современности Московский аэропорт Домодедово – один из крупнейших и ключевых транспортных узлов Восточной Европы, играющий важную роль в экономике региона. Тем не менее функционирование такого крупного объекта не может не сопровождаться изменениями природной среды.

Необходимо обратить внимание на источники загрязнения от системы авиационного узла, которые складываются из стационарных и передвижных объектов. Особая роль, выражающаяся в рассеивании различных частиц вдоль взлетно-посадочных маршрутов, принадлежит воздушным судам (ВС) [2]. Распределение поллютантов по поверхности почв непрерывно связано с характером источников загрязнения, метеорологическими, геологическими и геоморфологическими особенностями, естественными геохимическими факто-



рами [3]. В зоне аэропорта почвенные образования загрязнены солями тяжелых металлов (Cr, Ni, Pb, Zn и др.) и органическими соединениями (нефтепродуктами и гликолями).

Материалы и методы исследования

В РФ для многих металлов предельно допустимые концентрации (ПДК) содержания в почвах не определены. По этой причине не представляется возможным сравнение всех полученных в исследовании результатов с санитарно-эпидемиологическими нормативами. Исходя из этого, концентрацию химических элементов, ПДК которых не определена, нагляднее анализировать в объеме почвенного раствора. Изучение образцов произведено по методикам [7; 9; 10] с помощью масс-спектрометра ELAN-6100 и в соответствии с действующими нормативными актами [20; 21].

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1 занесена информация о химических элементах с наибольшим значением, которые представляют опасность для человека и ОС. Кроме мышьяка и стронция, для элементов табл. 1 не приняты предельно-допустимые значения содержания в почвах, контролируемые на уровне государства. Лантаноиды увеличивают накопление кальция в митохондриях клеток микроорганизмов. При постоянном поступлении оксидов иттрия и хлоридов лантана происходит их накопление в скелете, печени (поражение паренхимы), почках и селезенке, что объясняется образованием стойких соединений с белками. Помимо этого, процессы накопления характеризуются расстройствами гемодинамики в указанных органах и биохимическими изменениями в углеводном, липидном, пептидном, минеральном и энергетическом обменах. Токсическое действие увеличивает интенсивность окислительно-восстановительных процессов и сдвигает калий-кальциевый обмен [11–13].

Роль самария в биологии практически не изучена. Гафний и его соединения повреждают печень. Хлорид гафния при 10 мг/кг вызывает кардиоваскулярный коллапс и задержку дыхания у домашних животных [14].

Таблица 1/Table 1

Содержание валовых и подвижных форм
среднемаксимальных значений элементов (мкг/дм³) в почвогрунте
[The content of gross and mobile forms of
average maximum values of the elements (μg/dm³) in the soilground]

Химический элемент [Chemical element]	Валовое содержание [Gross content]		Подвижная форма [Mobile form]	
	Почвенный горизонт [Soil layer]			
	A	B	A	B
Sr	95	70	17	14
Y	–	–	11	7
La	–	–	10,1	6,6
Nd	–	–	15	8,9
Sm	–	–	3,3	1,9
As	12,6	7,6	0,34	0,8
Hf	5,1	2,5	0,019	0,017

Из диаграммы растворенных форм металлов, представленных на рисунке, возможно сделать ряд выводов. Наибольшая концентрация элементов (кроме свинца) наблюдается в снеге, благодаря высокой сорбционной способности, что позволяет рассматривать его как своеобразный индикатор состояния ОС. Снижение значений загрязнителей вниз по профилю объясняется отчасти гранулометрическим составом и уплотнением грунта и меньшей доступностью для поступления с поверхности.

Наличие высоких значений титана и хрома в снеге и почве территории объясняется его вхождением в состав сплавов для фюзеляжей ВС и двигателей. Не стоит забывать о том, что для транспортных объектов характерно изменение физико-химических свойств грунтов, связанное с извлечением или добавлением значительных земляных масс. Экотоксикологические особенности хрома, никеля, свинца, меди хорошо изучены [15–17].

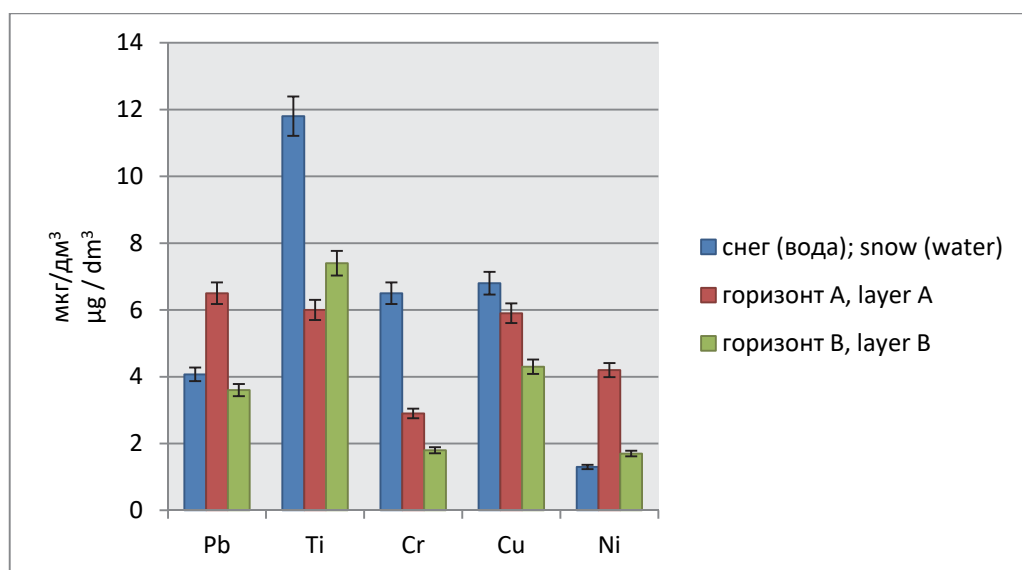


Рисунок. Содержание (*N*) растворенных форм различных металлов ($\mu\text{г}/\text{дм}^3$) в исследованных образцах
[Figure. Content (*N*) of dissolved forms of various metals ($\mu\text{g}/\text{dm}^3$) in the studied samples]

Полученные результаты сопоставлялись с проведенными ранее исследованиями [1; 8], выявившими локальные изменения геохимической обстановки. Они касались значений ($\text{мг}/\text{кг}$) почвогрунта кадмия (0,197), цинка (2,754) и свинца (3,4) на примыкающих к транспортному объекту землях. Фоновое содержание кадмия (0,01), цинка (1,35), и свинца (0,7) снизилось по сравнению с 2006 годом, что можно связать с уменьшением частоты взлетно-посадочных операций, производимых на территории авиаузла и переход на более экологичное топливо.

Для уменьшения экологической нагрузки на близлежащие к аэропорту Домодедово земли требуется применение естественных свойств флоры. С этой целью эффективно применять виды растений, обладающие высоким уровнем устойчивости к определенным тяжелым металлам. Гипераккумуляторные генотипы являются основой для фиторемедиации [4]. В целом способность к максимальному накоплению тяжелых металлов у растений определяется

механизмами поглощения (эффективностью адсорбции ионов) и транспорта металлов, а их устойчивость к избытку металла – механизмами их детоксикации и сохранения ионного гомеостаза [3; 5].

Среди ремедиантов около 300 видов (почти 75 %) являются накопителями никеля и только 20–30 аккумулируют кобальт, медь, цинк. Сверхнакопление кадмия и свинца – более редкое явление среди высших растений [5]. Процессы поступления поллютантов в растения отличаются достаточной сложностью и зависят от характера и концентрации загрязняющего вещества, морфологических и физиологических особенностей особей, условий ОС [5; 6].

В табл. 2 представлены самые эффективные растения-сверхаккумулянты, которые можно использовать в районе расположения аэропорта. Известно, что хорошо изучены экологические свойства ярутки голубоватой (*Thlaspi caerulescens*), которая накапливает кадмий, никель и цинк. По физиологическим, морфологическим и генетическим характеристикам она считается модельным объектом для исследования процесса гипераккумуляции. Растение характеризуется повышенной способностью поглощать металлы из почвы и транспортировать из корня в побег, аккумулируя в листьях. Горчица русская (*Brassica juncea*) выделяется значительной массой и интенсивной аккумуляцией кадмия, меди, никеля, свинца, селена, цинка [3; 19].

Таблица 2/Table 2

**Растения-гипераккумулянты различных металлов, в том числе главных экотоксикантов [3]
[Hyperaccumulate-plants of various metals, including the main eco-toxicants [3]]**

	Cd	Zn	Pb	Ni (количество видов) [number of species]
Избирательные гипераккумулянты [Selective hyperaccumulants]	<i>Arabidopsis halleri</i> , <i>Thlaspi goesingense</i>	<i>Arabidopsis halleri</i> , <i>Armeria maritima</i> , <i>Armeria plantaginea</i> , <i>Thlaspi calaminaria</i> , <i>Thlaspi alpestre</i> , <i>Viola calaminaria</i> , <i>Thlaspi capeaefolium</i> , <i>Silene vulgaris</i>	<i>Armeria maritima</i> , <i>Helianthus annuus</i> , <i>Thlaspi rotundifolium</i>	<i>Alyssum</i> (50), <i>Leucocroton</i> (30), <i>Thlaspi</i> (20), <i>Phyllanthus</i> (40)
Универсальные гипераккумулянты [Universal hyperaccumulants]	<i>Brassica juncea</i>		Cd, Cu, Ni, Pb, Se, Zn	
	<i>Minuartia verna</i>		Ni, Zn	
	<i>Thlaspi caerulescens</i>		Cd, Pb, Zn	
	<i>Sedum alfredii</i>		Cd, Zn	
	<i>Polycarpea glabra</i>		Pb, Zn	

Размещение вокруг аэропорта комплексного фитобуфера – одно из решений для локализации загрязнения природной среды. Состав фитобарьера необходимо сформировать из группы избирательных и универсальных гипераккумулянтов.

Заключение

Поскольку загрязнение почв не ограничивается одним металлом, горчица русская (*Brassica juncea*) может стать решением проблемы накопления поллютантов в почвогрунтах приаэропортовых земель из-за ее низкой себестоимости, высоких экологических свойств и широкого диапазона толерантности. Эффективность извлечения [18] металлов из почвенного раствора

растением этого вида доходит до 73 %, благодаря чему очевидны все ее преимущества.

Посев предложенного представителя флоры между рулежными дорожками, на незанятых объектах инфраструктуры аэропорта землях локализует загрязнение ОС и оптимизирует экологическую политику предприятия. Описанные выше процедуры позволят аэропорту Домодедово соответствовать наивысшим мировым экологическим стандартам в области гражданской авиации.

Список литературы

- [1] *Голубев С.В.* Загрязнение почв округа «Домодедово» тяжелыми металлами: дис. ... канд. геогр. наук. М., 2007.
- [2] Экология (воздушный транспорт): пособие по изучению дисциплины и выполнению контрольных работ. М.: МГТУ ГА, 2015. 48 с.
- [3] *Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М.* Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам: учебное пособие / Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. 77 с.
- [4] Устойчивость растений к химическому загрязнению: учебное пособие / сост. Р.В. Кайгородов; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2010. 151 с.
- [5] *Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф.* Устойчивость растений к тяжелым металлам / отв. ред. Н.Н. Немова; Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 172 с.
- [6] *Лебедева Е.Г., Шарапова Н.В., Свиридов О.А., Ревкова Е.Г., Ветеркова З.А., Красиков С.И.* Методы защиты человека от воздействия приоритетных поллютантов: учебно-методическое пособие. Оренбург: Оренб. гос. ин-т менеджмента, 2011. 141 с.
- [7] Методика анализа НСАМ № 500-МС. Определение элементного состава азотно-кислых и ацетатно-аммонийных вытяжек из почв методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.
- [8] *Белобров В.П., Голубев С.В.* Техногенное загрязнение почв в зоне влияния аэропорта «Домодедово» // *Агрохимический вестник*. 2007. № 5. С. 26–28.
- [9] Методика анализа НСАМ № 499-АЭС/МС. Определение элементного состава горных пород, почв, грунтов и донных отложений атомно-эмиссионным с индуктивно связанной плазмой и масс-спектральным с индуктивно связанной плазмой методами.
- [10] Методика анализа НСАМ № 480-Х. Определение элементного состава природных и питьевых вод методом ICP-MS (ред. 2006 г., изм. № 1 от 13.04.2011 г.).
- [11] Токсикология молодых продуктов деления. С. 23. URL: <https://poznayka.org/s30420t1.html> (дата обращения: 10.12.2018).
- [12] *Жалсараева Д.М.* Побочные действия иттрия сульфата: дис. ... канд. мед. наук. Улан-Удэ, 2002.
- [13] Малое предприятие региональный токсиколого-гигиенический информационный центр «ТОКСИ». URL: <http://toxi.dyndns.org/base/nonorganic/TR.htm> (дата обращения: 10.11.2018).
- [14] Биогеохимический потенциал и здоровье. С. 8. URL: <https://pandia.ru/text/79/494/2935-8.php> (дата обращения: 10.11.2018).
- [15] *Мамырбаев А.А.* Токсикология хрома и его соединений: монография. Актобе, 2012. 284 с.
- [16] *Бингам Ф.Т., Коста М., Эйхенбергер Э. и др.* Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / под ред. Х. Зигеля, А. Зигель. М.: Мир, 1993. 368 с.
- [17] *Каплин В.Г.* Основы экотоксикологии: учебное пособие. М.: КолосС, 2006. 232 с.

- [18] *Kathal R., Malhotra P., Kumar L., Uniyal P.L.* Фитоэкстракция Pb и Ni из загрязненной почвы *Brassica juncea L.* // *J. Environ Anal. Toxicol.* 2016. Vol. 6. Issue 5. P. 394. DOI: 10.4172/2161-0525.1000394
- [19] *Галиулин Р.В., Галиулина Р.А.* Очистка почв от тяжелых металлов с помощью растений // *Вестник Российской академии наук.* 2008. Т. 78. № 3. С. 247–249.
- [20] МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест (утв. Минздравом РФ 07.02.1999).
- [21] ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве (с изменениями на 26 июня 2017 года).

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 20.02.2019

Дата принятия к печати: 27.02.2019

Для цитирования:

Солтанов С.Х. Использование экологических свойств растений-гипераккумулянтов для снижения техногенной нагрузки на прилегающие к Московскому аэропорту Домодедово территории // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2019. Т. 27. № 1. С. 51–58. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-51-58>

Сведения об авторе:

Солтанов Сеймур Хикметович – аспирант Московского государственного областного университета. ORCID iD: 0000-0001-6002-2509; eLIBRARY SPIN-код: 9485-6299; Scopus Author ID: 57196454219. Контактная информация: e-mail: sej99@yandex.ru

Research article

The using of ecological properties of plant-hyperaccumulants for reducing man-made load on adjacent to the Moscow Domodedovo Airport territories

Seymour Kh. Soltanov

Moscow State Regional University
24 Very Voloshinoy St., Mytitschi, 141014, Russian Federation

Abstract. The article presents the chemical elements with the highest content of gross and mobile forms in the soil solution of ground near the aerodrome area of the Moscow Domodedovo Airport. The most important types of plant-hyperaccumulants, which can stabilize the geochemical situation around airport are considered in the paper. The types of plants which can sorb in shortest time some metals-pollutants are brought together in tables. Thanks to the research, the features of pollutants of the soils near the aviation hub are defined. Part of the study had become the development recommendations on reduction of environmental burden on adjacent to the airport lands through the creation of phytobuffers.

Keywords: Moscow Domodedovo Airport; hyperaccumulants; hypersteadness; phytobuffer; phytoremediation

References

- [1] Golubev SV. *Soil contamination of the Domodedovo District with heavy metals* (Dissertation of Candidate of Geographical Sciences). Moscow; 2007.
- [2] *Ecology (air transport): a handbook for the study of discipline and the performance of tests*. Moscow: MSTU GA Publ.; 2015.
- [3] Titov AF, Talanova VV, Kaznina NM. *Physiological basis of plant resistance to heavy metals: study guide*. Petrozavodsk: Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences; 2011.
- [4] Kaigorodov RV. (comp.) *Resistance of plants to chemical pollution: textbook*. Perm; 2010.
- [5] Titov AF, Talanova VV, Kaznina NM, Laydinen GF. *Plant resistance to heavy metals*. Petrozavodsk: Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences; 2007.
- [6] Lebedeva EG, Sharapova NV, Sviridov OA, Revkova EG, Vetherkova ZA, Krasikov SI. *Methods of protecting humans from exposure to priority pollutants: educational and methodical manual*. Orenburg: Orenburg State Institute of Management; 2011.
- [7] Methods of analysis of NSAM No. 500-MS. *Determination of the elemental composition of nitrate and ammonium acetate extracts from soils using inductively coupled plasma mass spectrometry*.
- [8] Belobrov VP, Golubev SV. Technogenic pollution of soil in the zone of influence of the Domodedovo airport. *Agrochemical messenger*. 2007;(5): 26–28.
- [9] Method of analysis of NSAM No. 499-AES/MS. *Determination of the elemental composition of rocks, soils, soils and bottom sediments by atomic emission with inductively coupled plasma and mass-spectral to inductively coupled plasma methods*.
- [10] The method of analysis of HCAM No. 480-X. *Determination of the elemental composition of natural and drinking water by the ICP-MS method* (edition of 2006, amendment No. 1 of April 13, 2011).
- [11] *Toxicology of young fission products*. p. 23. Available from: <https://poznayka.org/s30420t1.html> (accessed 10.12.2018).
- [12] Zhalsaraeva DM. *Side effects of yttrium sulfate* (Dissertation of Candidate of Medical Sciences). Ulan-Ude; 2002.
- [13] Small enterprise regional toxicological and hygienic information center “TOXI”. Available from: <http://toxi.dyndns.org/base/nonorganic/TR.htm> (accessed 10.11.2018).
- [14] *Biogeochemical potential and health*. p. 8. Available from: <https://pandia.ru/text/79/494/2935-8.php> (accessed 10.11.2018).
- [15] Mamyrbaev AA. *Toxicology of chromium and its compounds: monograph*. Aktobe; 2012.
- [16] Bingam FT, Costa M, Eichenberger E. et al. *Some Issues of Toxicity of Metal Ions*. Moscow: Mir Publ.; 1993.
- [17] Kaplin VG. *Fundamentals of ecotoxicology: textbook*. Moscow: KolosS Publ.; 2006.
- [18] Kathal R, Malhotra P, Kumar L, Uniyal PL. Phytoextraction of Pb and Ni from contaminated soil *Brassica juncea L. J. Environ Anal. Toxicol.* 2016;6(5): 394. DOI: 10.4172/2161-0525.1000394.
- [19] Galiulin R, Galiulina RA. Soil removal from heavy metals with the help of plants. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2008;78(3): 247–249.
- [20] MU 2.1.7.730-99. *Hygienic assessment of the quality of the soil populated areas* (approved by Ministry of Health of the Russian Federation, 7 February 1999).
- [21] GN 2.1.7.2041-06. *The maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the soil* (amended on 26 June 2017).

Article history:

Received: 20.02.2019

Revised: 27.02.2019

For citation:

Soltanov SKh. The using of ecological properties of plant-hyperaccumulants for reducing man-made load on adjacent to the Moscow Domodedovo Airport territories. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(1): 51–58. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-51-58>

Bio note:

Seymour Kh. Soltanov – graduate student of the Moscow State Regional University. ORCID iD: 0000-0001-6002-2509; eLIBRARY SPIN-code: 9485-6299; Scopus Author ID: 57196454219. *Contact information:* e-mail: sej99@yandex.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-1-59-64
УДК 504.064.2

Краткое сообщение

Формы защитного поведения синантропных птиц в ответ на биорепеллентное воздействие

И.Р. Еналеев¹, С.А. Сергеев²

¹Союз любителей соколиной охоты и охраны хищных птиц «Русский сокол»
Российская Федерация, 420073, Казань, ул. Аделя Кутуя, 10

²Филиал АО «Управление отходами» в г. Новочебоксарске
Российская Федерация, 429950, Новочебоксарск, Шоршельский пр-д, 16

Аннотация. Целью настоящих научно-практических изысканий является повышение эффективности применения биорепеллента (ловчих птиц) при обеспечении орнитологической безопасности объектов по переработке и размещению твердых коммунальных отходов. Рассмотрены различные формы стайного защитного поведения синантропных птиц (врановые, чайковые). Выявлена новая форма данного поведения у стайных врановых птиц.

Ключевые слова: биорепеллент; ястребы; соколы; отходы; защитное поведение

Нежелательные скопления синантропных птиц на различных хозяйственных объектах являются наиболее актуальной проблемой прикладной орнитологии [1]. На сегодняшний день данная проблема становится все более актуальной. С одной стороны, численность птиц-синантропов (сизый голубь, серая ворона, галка, озерная чайка и др.) устойчиво увеличивается. С другой стороны, расширяющаяся деловая активность людей ведет к увеличению числа хозяйственных объектов, привлекающих тысячные стаи синантропных птиц. Последние наносят предприятиям экономический и прочий ущерб своей биоповреждающей жизнедеятельностью. Для обеспечения орнитологической безопасности объектов орнитологи находятся в постоянном поиске средств отпугивания стайных птиц. Как показывает практика, на сегодняшний день наиболее эффективным средством отпугивания птиц с территории объектов является использование ловчих или служебных птиц в качестве биорепеллента [2; 3].

Представленные исследования проводились на полигоне твердых коммунальных отходов (ТКО) филиала АО «Управление отходами» в г. Новочебоксарске. Период наблюдений за поведением синантропных птиц составил больше года: с 15.01.2018 по 20.02.2019 г. Наблюдения велись в ежедневном режиме с использованием двух биноклей БПЦ 8×30. В биорепел-

лентном воздействии на стайных птиц с целью их отпугивания было поочередно применено четыре ловчих сокола балобана и три ловчих ястреба-тетеревятника. В процессе отпугивания применялась методика как пассивного, так и активного биорепеллентного воздействия на стайных птиц. Использование нами биорепеллента (ловчих птиц) на объектах по размещению и переработке ТКО в России проводилось впервые.

У птиц как у наиболее подвижного и адаптивного класса высших позвоночных механизмы защитного поведения очень сложны и многообразны. Многообразие приспособительных возможностей стаи обуславливает наличие у нее специфически развитых форм дистанционной сигнализации (визуальной и акустической) и координационных механизмов, обеспечивающих целостность стаи и согласованность действий ее сочленов. Далее представлена классификация известных на сегодняшний день форм защитного поведения птиц, наблюдаемых при их ответной реакции на биорепеллентный источник страха в виде ловчих соколов и ястребов.

1. *Эффект дезориентации хищника*. Особи в стае ведут себя непредсказуемо для хищника, летая вокруг и окрикивая его таким образом, чтобы его запутать, дезориентировать [4]. Характерен пример, приведенный В.Э. Якоби [5]: «Плотные и быстро маневрирующие стаи скворцов, а также некоторых болотных птиц мешают хищникам, и в частности соколу-сапсану, прицельно и успешно атаковать и схватить определенную птицу».

Галки, обладая быстрым и маневренным полетом, спасаются от хищника быстрым набором высоты и одновременно маневрируют. В этом случае внешняя форма стаи у галок принимает самые причудливые геометрические фигуры: веретенообразную, бумерангообразную, сферическую, П-образную, эллипсоидную. Галки, оценивая позицию хищника относительно стаи, а также скорость и высоту его полета, сохраняют безопасную дистанцию по направлению его атаки. Галки, летящие сбоку и сзади хищника, наоборот, стараются приблизиться к нему, как бы отвлекая его и провоцируя сменить вектор нападения. Тетеревятник начинает менять высоту и скорость полета, старается схватить галок, летящих поблизости, но сбоку. В этот момент последние резко отлетают в сторону, контролируя дистанцию до ястреба, и лишают его возможности сделать целенаправленный и результативный бросок. После нескольких неудачных атак ястреб, как правило, отказывается от преследования стаи галок.

2. *Демонстрация реагирования, или «ложная паника»*. Хищники, которые преследуют свою добычу, в значительной мере полагаются на неожиданность [6]. Если жертва обнаруживает присутствие или преследование хищника, она сигнализирует об этом специальными акустическими или визуальными сигналами другим сочленам стаи. Эту сигнализацию воспринимает и хищник, обнаруживший себя. Он может отказаться от текущей охоты в этот момент, поскольку, скорее всего, она будет безуспешной [7; 8].

В нашем случае особо ярко выражена реакция демонстрации реагирования в конспецифичных и смешанных стаях галок и грачей. Мы ежедневно наблюдали, как крупные скоординированные скопления указанных видов демонстрировали элементы защитного полета над полигоном ТКО, хотя дикого ястреба в этот момент поблизости не было. Это так называемая ложная

паника [9; 10]. Биологический смысл данного эффекта заключается в демонстрации стаей своим поведением обнаружения хищника. При этом хищника на самом деле может и не быть в пределах видимости стаи. Суть ложной паники в том, чтобы обезопасить территорию, на которой стая будет кормиться, либо отдыхать, либо ночевать. В нашем случае стаи галок и грачей периодически, в среднем от 5 до 10 раз на протяжении дня, демонстрируют ложную панику над территорией рабочей карты полигона ТКО, где стаи ежедневно кормятся. Таким образом врановые пытаются показать служебным ястребам, сидящим на переносных присадах, что стая их видит.

3. *Передача информации об опасности.* Сочлены стаи посредством характерного полета и особой вокализации передают друг другу информацию об опасности объекта – хищника [11]. Оборонительная реакция отдельных особей имеет сигнальное значение для других сочленов стаи [12].

Способность взрослых, более опытных особей синантропных птиц определять местонахождение хищника и «личным примером» показывать молодым паттерны защитного поведения очень важна в процессе пассивного использования биорепеллентов. Окрикивая служебную птицу и показывая ее местоположение характерными типами полета, стайные птицы генерируют аналогичную реакцию других особей в стае. Часть стайных птиц спешит покинуть территорию кормления, другая часть участвует в моббинге служебного ястреба. Характерно, что число последних со временем становится все меньше, а число улетевших с объекта птиц увеличивается.

Другими словами, служебные птицы, сидящие на переносных присадах, являются естественными генераторами акустических сигналов опасности, исходящих от стайных птиц. То есть пассивный биорепеллент (ястреб на присаде) – это по сути естественная биоакустическая установка, не требующая оператора, электроэнергии, эксплуатации специального оборудования и, что самое главное, непрерывно работающая на протяжении всего светлого времени суток.

4. *Демонстрация покидания кормового ареала.* Таким поведением стая сигнализирует атакующему или готовящемуся к атаке пернатому хищнику, что его потенциальные жертвы покинули свою кормовую территорию, демонстративно улетев от нее прочь. Пернатый хищник в таком случае теряет интерес к данной территории и после непродолжительного ожидания также покидает ее. Затем стая птиц возвращается на ставшую безопасной кормовую территорию и продолжает там кормиться. Иначе говоря, стая галок достаточно убедительно имитирует покидание кормовой территории. Из поля зрения прямой видимости пропадают все птицы, хотя, как показали наши разносторонние наблюдения, галки скрываются из виду хищника, прячась неподалеку от кормовой территории. Они используют для этого плотно растущие кустарники, заброшенные хозяйственные помещения, прилегающие к контролируемой территории лесопосадки. Необходимо заметить, что такая форма защитного поведения характерна только конспецифичной стае галок, и демонстрируют они ее только в холодное время года.

На типичном примере опишем детали и характер стайного поведения галок в процессе демонстрации покидания кормового ареала. Сокольные,

патрулирующие территорию полигона ТКО, наблюдают следующую картину. Все галки, отдыхающие на прилегающих к полигону территориях, вдруг одновременно поднимаются в воздух и, сгруппировавшись в плотную стаю, улетают с территории и скрываются из виду. Через несколько минут на полигоне и прилегающих территориях не видно ни одной галки. Сокольники с ястребами на перчатках продолжают оставаться на рабочей карте полигона. По истечении 10–15 минут сокольники покидают полигон, перейдя в зону соколиных вольеров, за здание мусороперерабатывающего комбината. То есть они также полностью пропадают из видимости спрятавшихся галок. Соответственно, в течение этих 10–15 минут, пока сокольники с ястребами находятся на полигоне, галки прячутся на прилегающих к объекту территориях таким образом, что их с полигона не видно. Галки, в свою очередь, благодаря наблюдательности особей-разведчиков, отслеживают свой кормовой ареал и, как только хищник в виде сокольника с ястребом на руке покидает кормовую территорию, достаточно быстро, в течение нескольких минут, на нее возвращаются.

При описании различных форм защитного поведения синантропных птиц необходимо указать, что демонстрация покидания кормового ареала – это отдельно описанная нами форма стайного защитного поведения птиц. В изученной нами литературе по данной теме описания такой формы защитного поведения птиц не встречалось.

В заключение хотелось бы отметить, что накопленные знания по изучению характера и особенностей стайного защитного поведения птиц являются основой понимания повышения эффективности их отпугивания. При использовании биорепеллента на объектах по переработке и размещению твердых бытовых отходов стайные птицы наиболее часто используют две формы защитного поведения: передачу информации об опасности и демонстрацию покидания кормовой территории. Первая форма защитного поведения птиц выражена в моббинге стайными птицами пассивного биорепеллента, то есть ястреба или сокола, сидящего на переносной присаде. Подчеркнем, что в процессе исследований оборонительного поведения стайных синантропных птиц была выявлена неизвестная нам и не встречавшаяся в спецлитературе форма защитного поведения – демонстрация покидания кормовой территории.

Список литературы

- [1] *Звонов Б.М.* Орнитологическая безопасность. М.: Онтопринт, 2010. 65 с.
- [2] *Еналеев И.Р., Рахимов И.И.* Специальная подготовка хищных птиц для их использования в качестве биорепеллентов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2011. № 1. С. 28–32.
- [3] *Thompson J.* Inside the Kremlin // *Natl. Geogr.* 1990. No. 5. Pp. 62–105.
- [4] *Hoglund N.* Der Habicht *Accipiter gentilis* in Fennoscandia // *Swedish Game Research.* 1964. Vol. 2. Pp. 195–270.
- [5] *Якоби В.Э.* О приспособительном значении стайного поведения птиц // Труды 5-й Прибалт. орнитол. конф. Таллин: Валгус, 1967. С. 144–152.
- [6] *Caro T.M.* Pursuit – deterrence revisited // *Trends Ecology and Evolution.* 1995. Vol. 10. Pp. 500–503.

- [7] *Frankenberg E.* The adaptive significance of avian mobbing. IV. “Alerting others” and “perception advertisement” in blackbirds facing an owl // *Behaviour*. 1981. Vol. 10. Pp. 13–39.
- [8] *MacGowan J.D.* Distribution, density and productivity of goshawks in interior Alaska // *Fed. Aid Wildl. Restor. Proj. Rep.* 1975. 121 p.
- [9] *Баскин Л.М.* Законы стада. М.: Знание, 1971. 45 с.
- [10] *Мантейфель Б.П.* Экологические и эволюционные аспекты поведения животных. М.: Наука, 1987. 272 с.
- [11] *Marler P.* Specific distinctiveness in the communication signals of birds // *Behaviour*. 1957. Vol. 11. Pp. 13–39.
- [12] *Гладкевич С.А.* Возрастные особенности начальной стадии атак ястреба-тетеревятника на голубей // *Материалы 10-й Всесоюзной орнитологической конференции*. Ч. 2. Минск, 1990. С. 148.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 07.06.2019

Дата принятия к печати: 20.06.2019

Для цитирования:

Еналеев И.Р., Сергеев С.А. Формы защитного поведения синантропных птиц в ответ на биорепеллентное воздействие // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2019. Т. 27. № 1. С. 59–64. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-59-64>

Сведения об авторах:

Еналеев Ильдар Рустямович – доктор биологических наук, член-корреспондент Российской академии естествознания, президент Союза любителей соколиной охоты и охраны хищных птиц «Русский сокол». *Контактная информация:* e-mail: krechet.65@mail.ru

Сергеев Сергей Александрович – инженер по охране окружающей среды, филиал АО «Управление отходами» в г. Новочебоксарске, соискатель ученой степени кандидата биологических наук. *Контактная информация:* e-mail: Sergeev605@yandex.ru

Short message

Forms of protective behavior of synanthropic birds in response to the biorepellent effect

Ildar R. Enaleev, Sergey A. Sergeev

Union of fans of falconry and conservation of birds of prey “Russian Falcon”
10 Adelya Kutuya St., Kazan, 420073, Russian Federation
Branch of a JSC “Waste Management” in Novocheboksarsk
16 Shorshel'skii proezd, Novocheboksarsk, 429950, Russian Federation

Abstract. The purpose of this scientific and practical research is to increase efficiency of the use of biorepellent (birds of prey) while ensuring the ornithological safety of facilities for the municipal solid waste recycling and disposal. Various forms of gregarious protective

behavior of synanthropic birds (Corvidae, Laridae) are considered. A new form of protective behavior has been revealed in the Corvidae family.

Keywords: biorepellent; hawks; falcons; waste; protective behavior

References

- [1] Zvonov BM. *Ornithological safety*. Moscow: Ontoprint; 2010.
- [2] Enaleev IR, Rakhimov II. Special training of birds of prey for use as biorepellents. *Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and Life Safety*. 2011;(1): 28–32.
- [3] Thompson J. Inside the Kremlin. *Natl. Geogr.* 1990;(5): 62–105.
- [4] Høglund N. Der Habicht *Accipiter gentilis* in Fennoscandia. *Swedish Game Research*. 1964;2: 195–270.
- [5] Jacobi VE. On the adaptive value of flock behavior of birds. *Proceedings of the 5th Baltic Ornithol. Conf.* Tallinn: Valgus Publ.; 1967. p. 144–152.
- [6] Caro TM. Pursuit – deterrence revisited. *Trends Ecology and Evolution*. 1995;10: 500–503.
- [7] Frankenberg E. The adaptive significance of avian mobbing. IV. “Alerting others” and “perception advertisement” in blackbirds facing an owl. *Behaviour*. 1981;10: 13–39.
- [8] MacGowan JD. Distribution, density and productivity of goshawks in interior Alaska. *Fed. Aid Wildl. Restor. Proj. Rep.* 1975.
- [9] Baskin LM. *The laws of the herd*. Moscow: Znaniye Publ.; 1971.
- [10] Manteuffel BP. *Ecological and evolutionary aspects of animal behavior*. Moscow: Nauka Publ.; 1987.
- [11] Marler P. Specific distinctiveness in the communication signals of birds. *Behaviour*. 1957;11: 13–39.
- [12] Gladkevich SA. Age features of the initial stage of attacks of a Goshawk on pigeons. *Proceedings of 10th All-Union Ornithological Conference. Part 2*. Minsk; 1990. p. 148.

Article history:

Received: 07.06.2019

Revised: 20.06.2019

For citation:

Enaleev IR, Sergeev SA. Forms of protective behavior of synanthropic birds in response to the biorepellent effect. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(1): 59–64. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-59-64>

Bio notes:

Ildar R. Enaleev – Doctor of Biological Sciences, member-correspondent of the Russian Academy of Natural Sciences, President of Union of fans of falconry and conservation of birds of prey “Russian Falcon”. *Contact information:* e-mail: krechet.65@mail.ru

Sergey A. Sergeev – environmental engineer, branch of JSC “Waste Management” in Novocheboksarsk, the applicant of a scientific degree of Candidate of Biological Sciences. *Contact information:* e-mail: Sergeev605@yandex.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-1-65-81
UDC 556.3

Research article

Water supply regulation in Nigeria: problems, challenges, solutions and benefits

Olajumoke Rukayat Balogun, Marina M. Redina

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

Abstract. Even though Nigeria is recognized for her rich vegetation and tropical weather and blessed with surplus water resources, the country still faces challenges on getting clean water supply around the country and mostly depend on alternative water supply like well, borehole and river. These alternative water supply systems are not efficient and viable enough for water supply systems especially in a country with large population. The country is characterized by irregular water supply and water management laws are also weak and mostly not in conformity with today's standard and needs. Proper management and conservation of the water supply services and resource has not given adequate attention by the government. It is, therefore, important to identify such factor that inhibits the implementation of water regulations and proffer a solution to these. In a bid to provide an understanding of the effect of implementing and enforcing stringent water regulation and providing adequate water supply, we compare forecasted population with investment capital expenditure (CAPEX) for water supply by Millennium Development Goal (MDG+) targets. The result shows that in year to come, the country will significantly benefit from investing and providing regular water supply through employment availability and revenue generated through utility water bills, spending less on epidemic of water-borne diseases thereby improving the lives and health of its citizen.

Keywords: water supply; regulations; implementations; investment; benefits

Introduction

Water is a terminable resource that is very essential for human existence, agriculture and industry. Without doubt, inadequate quantity and quality of water supply have a serious impact on water resources management and environmental sustainability. Suitable environmental policies are a foundation for a friendly and healthy society. They play an important role in the wellness and the development of a nation by enforcing stringent rules that ensures preservation and protection of the environment. Nigeria as a nation is rich in natural resources which includes water resources, the environment is an important source for its national and economic development, it is, therefore, important to protect the environment from degradation or pollution.

© Balogun O.R., Redina M.M., 2019



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

The country is facing a lot of challenges on environmental pollution, deforestation and erosion, emanating from activities of its individuals, industrialization and urbanization. Individual activities such as improper disposal of waste, deforestation and the use of toxic chemicals on both plants and water are gradually causing serious damage to the atmosphere (hydrosphere and lithosphere) which are essential for the survival of both plants and human existence. Industrialization and urbanization are also a major contributor to the generation of environmental pollutions, hazardous and non-hazardous. Industries such as oil companies, pharmaceutical, cement, food and beverages, plastic, textile, etc. are posing a serious threat to the sustainability of the country. The country is increasingly growing in urbanization which is paving room for the establishment of more industries.

The need for environmental control arises from the fact that it brings improved health and better living conditions [3]. Environmental policies are supposed to manage, protect and preserve the environment in which we live. Environmental problems the country is currently facing is as a result of the ineffective implementation of environmental laws. These challenges range from lack of governmental water supply, infrastructure to properly implement those laws, poor governance and corruption to lack of maintenance of facilities that aids its implementation.

Water resources in Nigeria

Nigeria, with a land area of about 924,000 sq. km, is located within the tropics where its climate is semi-arid in the North gradually becoming humid in the South. The annual rainfall varies from over 4,000 mm in the South-East to below 250 mm in the extreme North-East and is subject to significant temporal variation. The surface water resources potential of the country is estimated at 267.3 billion cubic meters while the groundwater potential is 51.9 billion cubic meters [4].

Nigeria has 36 states many of which are so rich in water resources and some of these states were named after rivers. Apart from the surface water found in nearly every part of the country, the country is also endowed with plenty underground water. With a 215 cubic kilometers a year of surface water availability, this amount is much higher than many African countries especially those in the southern and northern regions of the continent. South Africa, for example, has about 49 cubic kilometers a year [5].

The north with low precipitation of only about 500 mm in the northeastern corner, and the south with precipitation of over 4,000 mm in the southeast. This high variability of rainfall in time and space is a significant characteristic of the tropical climatic belt, especially the Sahelian part of the country, in which the country is located and this needs to be factored into water resources management in the country [4].

Water system supply and management

The Federal Ministry of Water Resources (FMWR) is the foremost agency for water, sanitation and hygiene (WASH) activities in Nigeria. The ministry works in together with the National Task Group on Sanitation (NTGS) and development partners on sanitation and hygiene issues. The national standards and targets being

followed are as stated in the Water Sector Road Map of 2010, the Vision 20:2020, the Millennium Development Goals (MDGs) and the African Water Vision [5].

The primary responsibility for the provision of municipal and domestic water supply is by the state and local governments under the umbrella of the State's Water Corporation. However, the Federal Government often intervenes to increase access in order to meet these targets. Even though monitoring and evaluation of water supply and regulation are not taken seriously enough, there are agencies whose function is monitoring activities in the WASH sector.

However, effective legislation could not be made to ascertain the quality of water supply and management. In compensation with the lack of insufficient quality water supply to the citizen, Alternative market of water production by the private owners (traditional well water and borehole) took over the supply of water in the country.

Water resources regulation mechanism in Nigeria

The Federal Ministry of Water Resources (FMWR) has authority over all the formulation of national policy and strategy advice for the public provision of water. But, it is up to each state to adopt and implement national legislation and policy, as well as to decide on the institutional framework for delivering services. While the local governments water sectors takes all formulations of policies on managements from their state governments. The National Council on Water Resources (NCWR) is the highest water resources policy formulating body, overseen by the FMWR and with representatives from the Federal Ministry of Environment and all commissioners for state governments. State Ministries of Water Resources are responsible for policy, regulation, and monitoring which are passed down to control the local governments even though not all states have a stand-alone ministry of water resources (e.g., the Rivers State Ministry of Water Resources and Rural Development – RSWRRD – in Rivers State). Thus, while certain structures and policies related to water supply prevail throughout the country, there is a great deal of variation in the management and provision of water across jurisdictions [20].

Water regulatory bodies in Nigeria

Historically, beginning from colonial Nigeria, the Water Works Acts, 1915 is the only pan Nigerian law passed specially to keep water from being polluted. It bans the pollution of water works in Nigeria by noxious or harmful matter or substances. The Minerals Act, 1917 (as amended) bestows the president of Nigeria with power to make regulations for the prevention of pollution of any natural water supply or watercourse. The Public Health Act, 1917 forbids contamination of water and pollution of the atmosphere. It embodied provisions against introduction of harmful substances into the various sources of water supply for human and animal consumption. All these laws were made by the colonial authorities before the attainment of sovereignty [20].

There are several water regulation laws in Nigeria and a summary is given in Tables 1 and 2.

Table 1

Statutory bodies for water regulation in Nigeria [12; 20]

No.	Statutory body	Key provision
1.	The Oil in Navigable Waters Act, 1968	Prohibits water pollution by oil spillage
2.	The Petroleum Act, 1969	Covers prevention of pollution by inland waters, rivers, lakes and watercourses
3.	The River Basin Development Authority (RBDA) Decree 25 of 1976 (repealed by No. 87 of 1979 and also latter by the RBDA Act, Decree 35 of 1987, i.e. Cap 396)	In its present form Cap. 396 spells out diverse functions and objectives for these authorities to ensure a Pan-Nigerian programme for water resources development
4.	The Environmental Impact Assessment (EIA) Decree, No. 86 of 1992	This law seeks to protect the physical and aquatic environment
5.	Water Resources Decree, No. 101 of 1993	Vests the right to use and control all surface waters and groundwater and of all water in any watercourse affecting more than one state in the Federal Government, with provisions that any person may take water without charge for his domestic or livestock watering purposes (in any watercourse to which the public has free access)
6.	The 1999 Constitution of the Federal Republic of Nigeria	The Constitution puts in the Exclusive Legislative List (ELL) shipping and navigation on the River Niger and its affluent and on any such other inland waterway as may be designated by the National Assembly to be an international waterway or to be an interstate waterway. The ELL also includes water from such sources as may be declared by the National Assembly to be sources affecting more than one state

Table 2

List of other regulations bearing on water resources in Nigeria [20]

No.	Name of regulation	Key provisions
1.	National Policy on Environment 1989	Protection of the environment
2.	National Guidelines and Standards for Environmental Pollution Control in Nigeria 1991	Pollution control in watercourses as part of the environment
3.	National Effluent Limitation Regulation 1991	Control of discharge of industrial waste and sewage into watercourses
4.	Pollution Abatement in Industries and Facilities Generating Wastes Regulation 1991	Control of industrial pollution
5.	Waste Management Regulation 1991	Waste management

Water supply agencies in Nigeria

As mentioned above, however there are numerous regulatory bodies for water regulation in Nigeria. Their enforcement, implementation and service responsibilities are carried out by the government under three main levels: the federal government, state government and local government.

Governmental water supply services responsibilities

There are three major level of government that share responsibility for the delivery of water supply services. Whereas the responsibility for sanitation is not always clear, the state government are mostly responsible for sanitation especially in urban areas.

Federal government. The Nigeria Federal Ministry of Water Resources, was part of the Ministry of Agriculture until 2010, is responsible for large water resources development projects and water allocation between states of the federation. There are 12 River Basin Development Authorities under this Ministry, responsible for planning and developing water resources, irrigation work, the collection of hydrological and hydro-geological data and also provide water in bulk to cities from dams [1].

State government. Responsibility for portable water supply is entrusted to State Water Agencies (SWAs) or state water departments in the 36 Nigerian states. The SWAs are responsible to their state governments, generally through a State Ministry of Water Resources. SWAs are responsible for urban water supply, and in some states also for rural water supply. As of 2000, 22 states had separate state-maintained rural water and sanitation agencies, mostly set up to implement a UNICEF program [1; 2].

Local governments. The country's Local Government Authorities (LGAs), of which there are 774, are responsible for the provision of rural water supplies and sanitation facilities in their areas although only a few have the resources and skills to handle the problem. Only few LGAs have rural water supply divisions.

Other water supply services

Communities. In some rural area or rural communities water and sanitation committees (WASCOs) are formed to operate and maintain water facilities. These committees are tasked with the duty of collecting water tariffs from inhabitants of these communities. Donors such as the African Development Bank have set a requirement that at least 30% of members of WASCOs must be women [6]. In 1993 the government committed itself to reinforce community participation in rural water supply in a policy document which as of the year 2000 but the policy had not been dispersed or administered in all government or donor-financed programs.

Individual water supply services also known as alternative water supply system; mostly everywhere in the country, the residents practice or are engaged in this part of water supply service due to the shortcoming of water supply from the governmental water supply services.

Water supply scheme in Nigeria

There are several means by which the people in the country get water for their daily needs (Figure 1).

1. *Pipe Borne Water.* Pipe borne water is provided by State Water Corporation and it has been the primary source of water supply for many years, but due to

lack of funds and inadequate maintenance, it is not as functioning as it was back and this has led to sourcing for water through alternatives methods.

2. *Boreholes*. Most common in big urban areas of the country; boreholes are small holes dug by machine into the ground. Also some communities in the rural areas get to have at least a bore water supply built by non-profitable agencies. They range from 100 feet to 200 feet deep and their construction is usually carried out by designated borehole companies. Because of the high price of boreholes, only the rich people can afford to get one in their homes and political office holders and international organization also build boreholes for communities in the country.

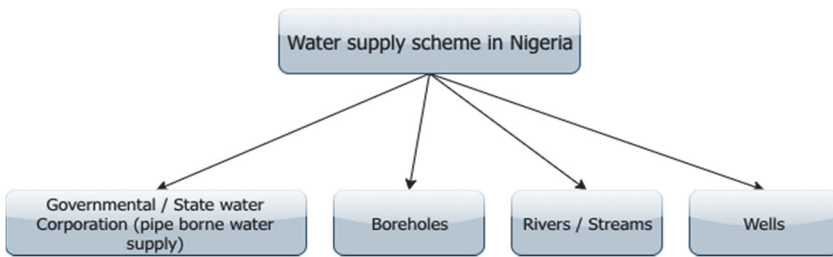


Figure 1. Major water supply sources in Nigeria

3. *Wells*. Due to inadequate water supply to the masses, the average residents could only afford a well water. A well water is an excavation or structure created by digging into the ground in order to access groundwater.

4. *River/streams*. In some remote areas of the country where there are no access to pipe borne water and there were not wells, the inhabitant of this places rely solely on water from rivers for consumption.

Problems and challenges

There are several problems that plague water supply and enforcement of water regulation in Nigeria. In the next section, we discussed some of these problems.

Rural to urban migration. There have been an increase in water supply demand due to high population growth rate coupled with increasing urbanization, and rising living condition as a result of economic growth. The state water corporations all over the country could not meet this demand because the corporation faces a lot of problems such as inadequate funding and monitoring of the projects of the sector has not been carried out on regular basis.

Environmental pollution. The nation's water sources are under serious threat from inadequate catchment management and widespread pollution, including the indiscriminate disposal of hazardous substances. The oil-producing region of Nigeria, the Niger Delta, suffers a lot from the improper implementation of environmental policies and activities associated with petroleum exploration, development and production. They have been experiencing a wide range of environmental degradation and pollution and are at high risk of health hazards and socio-economic problems [7]. These regions often have to deal with oil spillage in their rivers from oil and gas industries thereby causing serious damage to aquatic life and plant as well. Since the environmental policies in Nigeria are not very effective, these communi-

ties have to deal with these situations by themselves most of the time. Consuming water and plants contaminated with oil is dangerous to health.

Irregular supply of water. In most part of the country, water has been a scarce commodity whereby give no chose to the citizens than to search for another means of water supply for their daily needs and activities. This led to an increase in the rate of alternative water supply in the country.

Lack of stringent environmental regulation. Over the years, threats to the nation’s water resources are as a result of poor and uncoordinated management of the resource. Federal and state governments have a much bigger role in the overall management of the nation’s water resources. In most cases, stakeholders are not consulted or otherwise involved in planning, development and management of the nation’s water resources [11]. The result has been a sequence of unsubstantial projects with lacking services that do not meet consumer needs and thereby leading to the consumers’ unwillingness to pay.

Water production rate and problems of alternative water supply systems

It has become a common practice where almost every building has its own traditional well water and boreholes. This has been the major water supply system every individual rely on for water in the country. The WHO/UNICEF Joint Monitoring Program (JMP) data showed a significant decline in the proportion of households with access to piped water to premises, which dropped from 33 per cent in 1990 to 6 per cent in 2012 [8]. This is as a result of non-utility-improved water sources, such as boreholes in compounds and private households.

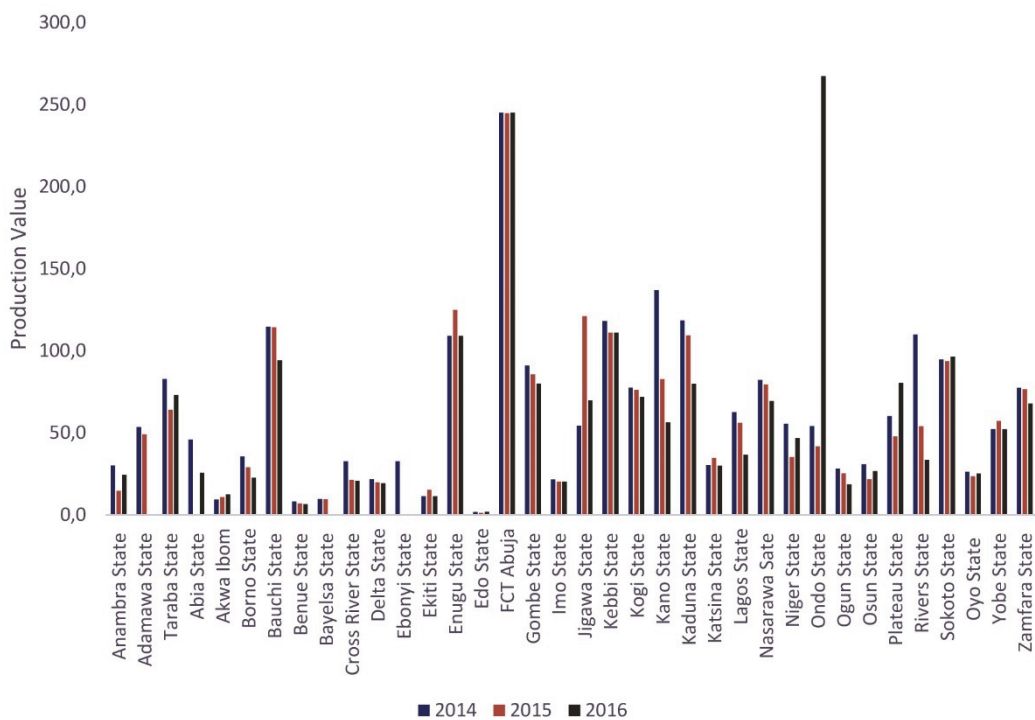


Figure 2. Water production per state

The graph in Figure 2 above shows the water production per state in Nigeria for the year 2014 to 2016. It could be seen that water production for some states are drastically reduce with time. Some of the most populated states in the country like Lagos, Kaduna and River States have low water production for 2016 and these states have witnessed an increase in population ever between these years [9].

Solutions to water challenges in Nigeria

Some solution to the challenges facing water regulations and production in Nigeria are as follows:

- regular update of water regulation laws and policies;
- provision of constant water supply;
- provision of standard infrastructure and water treatment facilities;
- incorporating a standard method of water treatment using the international treatment guidelines;
- enforcing strict compliance to environmental law;
- implementation of new law to reduce the amount of alternate water supply.

Regular assessment of water supply

For the performance of a community or central water-supply system, a number of factors must be considered. Some countries that have developed national strategies for the surveillance and quality control of water supply systems have adopted quantitative service indicators for application at community, regional and national levels.

These usually include:

- 1) quality – the proportion of samples or supplies that comply with guideline values for drinking-water quality and minimum criteria for treatment and source protection;
- 2) coverage – the percentage of the population that has a recognizable (usually public) water-supply system;
- 3) quantity – the average volume of water used by consumers for domestic purposes (expressed as liters per capita per day);
- 4) continuity – the percentage of the time during which water is available (daily, weekly or seasonally);
- 5) cost – the tariff paid by domestic consumer.

Together, these five service indicators provide the basis for setting targets for community water supplies. They serve as a quantitative guide to the comparative efficiency of water-supply agencies and provide consumers with an objective measure of the quality of the overall service and thus the degree of public health protection afforded [15].

Implementations of water regulations

The aim of national drinking-water laws and standards should be to ensure that the consumer enjoys safe potable water, not to shut down deficient water supplies.

Effective control of drinking-water quality is supported ideally by adequate legislation, standards and codes and their enforcement. The precise nature of the legislation in each country depend on its national, constitutional and other considerations.

Legislation should make provision for the establishment and amendment of drinking-water quality standards and guidelines, as well as for the establishment of regulations for the development and protection of drinking-water sources and the treatment, maintenance and distribution of safe drinking-water.

Policy challenges

The Water Decree 101 from 1993 is the principle legislation governing the utilization and pollution control of the water resources. This legislation do not adequately meet present and emerging water resources management challenges and the requirement emerging from this water policy. Thus, the legislation needs to be reviewed in order to address the growing water management challenges [16].

A central issue of a new water legislation will be the definition of access to water resources through permits, the establishment of water protection zones and the fees related to water raw water abstraction and fines for water misuse and pollution. This is to respect the “user-pays” principle. Access and the application of royalties for water abstraction will not be applied in a general manner but limited to the commercial use of water resources only.

Methodology

In this section, we discuss the methodology used to access the effect of water regulation and production in Nigeria.

Population is one of the most important factors for design of the water systems, so it should be estimated, so as to know the increasing demand and ensure continuous supply to them. Population data is obtained by previous records and the rate of increase is found out and this used for further analysis. Using the geometric method of population forecast in order determine the continuous growth of people in the country [10].

$$A = P(1 + r)^n,$$

where A – population at some time in the future that is, n th years’ time; P – present or baseline population (190.9 million) of 2018; r – average percentage increase (geometric mean) that is the annual population growth rate (2.6 %) [17]; n – period of projection in decade; the number of years from the baseline population year to the future population year of 2020, 2030, 2040 and 2050.

Results obtained were 200.114 million, 259.761 million, 335.775 million, and 434.032 million respectively as shown in section “Results and discussions”.

This method assumes that the percentage of increase in population from decade to decade is constant. This method gives high results, as the percentage increase gradually drops when the growth of the cities reach the saturation point. This method is useful for cities which have unlimited scope for expansion and where a constant rate of growth is anticipated.

Capital expenditure, or CAPEX, are funds used to acquire, upgrade, and maintain physical assets such as property, industrial buildings, or equipment. It is

often used to undertake new projects or investments by the firms. This type of financial outlay is also made by companies to maintain or increase the scope of their operations. Using the Drinking Water Supply in Nigeria: Transforming Funding to AEP Services, the capital investment (CAPEX) is required annually to meet the water supply MDG+ targets estimated of US \$1,716 million per year for Nigeria. We can calculate the current CAPEX per current population [14].

$$\text{Current CAPEX per current population} = \frac{\text{Current CAPEX (US\$)}}{\text{Current population (person)}} = \text{US \$8,99 per person.}$$

The US \$8.99 per person obtained X forecasted population for 2020, 2030, 2040, and 2050.

Result obtained were US \$1,806.54 million, US \$2,335.25 million, US \$3,018.62 million and US \$3,901.95million respectively.

The benefit-to-cost ratio (BCR) is a financial ratio that is used to determine whether the amount of money made through a project will be greater than the costs incurred in executing the project. Benefit-cost ratios (BCR) of sanitation and water programs in Nigeria from a new global study estimated that the benefit-cost ratio of investments in water supply and sanitation for Nigeria, are to be at least 3.1 times the costs for water supply and at least 2.8 times the costs for sanitation, under the most conservative cost assumptions taking into consideration the improvement of health and time savings (“Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage”. World Health Organization. 2012) [13].

Using the estimated benefit-cost ratio of investment in water supply, reported in a new global study to be at least 3.1 times the cost of Nigeria water supply, a calculated benefit-to-cost ratio (BCR) is done for the years from 2020 to 2050.

Results and discussions

Geometric population forecast and other indicators were used to determine the economic cost and economic benefit-cost of water supply in the country. It is shown that the country population will continue to increase.

Using the *geometric method* of population forecast in order determine the continuous growth of people in the country [10].

$$A = P(1 + r)^n.$$

The formula of this estimation is: A – population at some time in the future that is, n th years’ time; P – present or baseline population (190.9 million) of 2018; r – average % increase (geometric mean) that is the annual population growth rate (2.6%) [17]; n – period of projection in decade, i.e. 2020, 2030, 2040 and 2050.

$$\text{Population for 2018} = 190.9 \text{ million person } (1 + 2.6 \%)^n.$$

$$\text{Population for 2020} = 190.9 \frac{(1 + 2.6)^2}{100},$$

where $n = 2020 - 2018 = 2$.

Population for 2020 = 200.95 million persons.

Where $n = 2030 - 2018 = 12$.

$$\text{Population for 2030} = 190.9 \frac{(1 + 2.6)^{12}}{100}.$$

Population for 2030 = 259.76 million persons.

Where $n = 2040 - 2018 = 22$.

$$\text{Population for 2040} = 190.9 \frac{(1 + 2.6)^{22}}{100}.$$

Population 2040 = 335.77 million persons.

Where $n = 2050 - 2018 = 32$.

$$\text{Population 2050} = 190.9 \frac{(1 + 2.6)^{32}}{100}.$$

Population 2050 = 434.04 million persons.

Taking into account the population forecast for 2020, 2030, 2040 and 2050, the CAPEX and benefit-cost ratio of investments in water supply calculated in dependence to the population were 1806.54, 2335.25, 3018.62, 3901.95 and 3.25, 4.22, 5.45, and 7.048 respectively.

BCR calculation. A new global study estimates the benefit-cost ratio of investments in water supply and sanitation for Nigeria, which took into consideration health improvements and time savings. The economic benefits are estimated to be at least 3.1 times the costs for water supply and at least 2.8 times the costs for sanitation, under the most conservative cost assumptions [14].

Using the benefit cost ratio estimated at 3.1 for water supply, the benefit cost ratio for the projection population year 2020 to 2050 can be calculated as;

Year 2018 with the pop 190.9 million = 3.1.

Year 2020 with the pop 200.95 million = X.

$$X = \frac{3.1 * 200.95}{190.9} = 3.26.$$

Table 3

Population, CAPEX and benefit-cost ratio

Year	Population, million	CAPEX, US \$ million	Benefit-cost ratio
2018	190.9	1716.00	3.1
2020	200.95	1806.54	3.26
2030	259.761	2335.25	4.22
2040	335.775	3018.62	5.45
2050	434.032	3901.95	7.05

Figure 3 shows the population projection through 2050. It shows that the population will continue to grow so as the CAPEX. CAPEX requirements cost for forecasted years results showed increase in price as the years go up.

Also, the results on the benefit-cost ratio on water supply has a significant increase in the benefit-cost of investment as the years runs up.

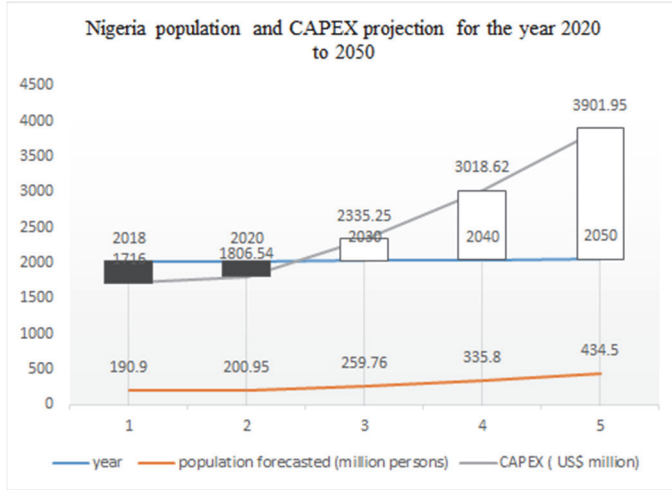


Figure 3. Population forecast and CAPEX

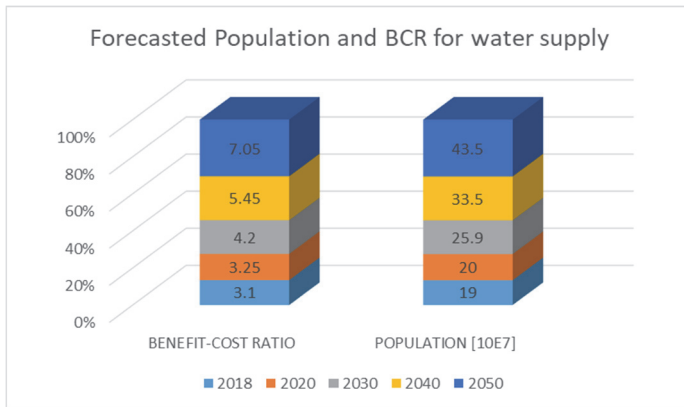


Figure 4. Forecasted population vs BCR

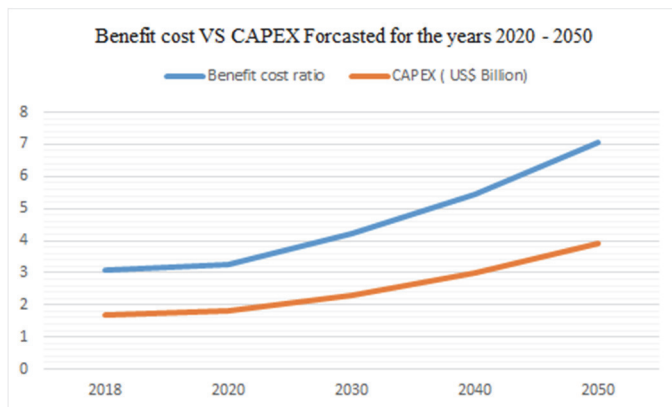


Figure 5. CAPEX and benefit-cost ratio

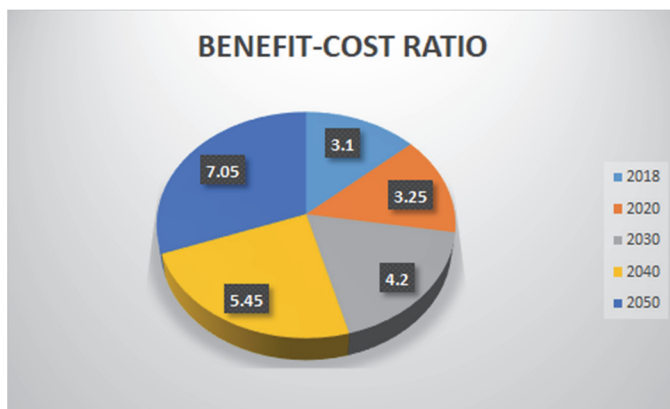


Figure 6. Benefit-cost ratio

The chart in Figure 6 shows the BCR percentages for the calculated years. It shows that the BCR will continue to have a higher BCR for the country in the future years.

Conclusion and recommendations

Water and effective water supply system management cannot be overemphasized due to its importance for maintaining public health as well as providing and controlling quality and quantity of water. In order to efficiently manage water supply for the country, an adequate funding of the water sector is of utmost importance to ensure improved well-being of the people through regular supply of clean water while also improving the return on investment for the government through payment of utility (water) bill users. The enforcement of environmental regulations needs to be a joint work between government, individual and NGOs. The country could meet with the 2030 Agenda for Sustainable Development Goals if there are immediate and effective actions taken by the government on the CAPEX investment on water supply and enforcement of adopted regulation from the European water regulations and laws or international standards on water regulations.

Water has profound impact on the quality of life indicators and is a major determinant of productivity as well as poverty levels in the country in the sectors such as agriculture, health, education and industry are vulnerable to water supply and sanitation. Unsafe drinking water is still widely used and constitutes severe health problems in the country.

Of the five basic human needs (water, food, health, education, peace) water is a common factor to the other four. Food production as well as most of societies' other socio-economic activities depends on availability of water. Furthermore, the efficiency of food production is currently measured on the basis of a unit increase in the volume of production per unit volume of water [18].

In order to efficiently manage water supply for the country, a quick action is to be taken by the governments, investors, local and international bodies and even the citizen on how to achieve the target on adequate funding of the water sector which is of utmost importance because regular supply of clean water will ensure improved well-being of the people and also improve the return on investment for the investors and government through payment of utility (water) bill users.

Investment needs in Nigeria are sizable, and considerably greater than current government spending. Spending in Nigeria will need to increase significantly in order to meet the water supply. Investing in sanitation and water can help Nigeria both improve health and tackle economic challenges. Hence, government policy should be not only to increase its own funding, but to catalyze investments from other sources. Also its should implement policies that lead to increased public and private spending on water and sanitation services, especially sanitation, in areas where the country is most off-track. This includes a focus on increasing demand for services among the population through sensitization and marketing campaigns, which will encourage households to invest.

References

- [1] The World Bank Group. *Federal Republic of Nigeria: Water Supply & Sanitation Interim Strategy Note*. November 2000 (Accessed 11 April 2012).
- [2] Lagos Wastewater Management Office. Available from: http://www.lagoswastewater.org/?fbclid=IwAR05s_BMwNnNmTnhCpXu754Uo-U5Azlet9V7hZeXvFmubITB6AJoz3R_8n4 (Accessed 12 April 2012).
- [3] Adelagan JA. *The History of Environmental Policy of Water Sources in Nigeria (1960–2004): The Way Forward*. 2004. Available from: <http://www.userpage.fu-berlin.de/flu/akumeu-ibc2004/download> (Accessed 12 April 2018).
- [4] *National Water Policy of Federal Republic of Nigeria*. July 2004. p. 3. Available from: <http://www.fao.org/docs/pdf/nig158231.pdf> (Accessed 12 April 2012).
- [5] WHO. *Nigeria sanitation, drinking-water and hygiene status overview*. Available from: http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/investments/nigeria-10-nov.pdf (Accessed 10 November 2018).
- [6] African Development Bank. *The African Development Bank in Action. Activities in the Water and Sanitation Sector in the Federal Republic of Nigeria*. February 2012. (Accessed 11 April 2012).
- [7] Ite AE, Ufot UF, Ite MU, Isaac IO, Ibok UJ. Petroleum Industry in Nigeria: Environmental Issues, National Environmental Legislation and Implementation of International Environmental Law. *American Journal of Environmental Protection*. 2016;4(1): 21–37.
- [8] WHO & UNICEF. *Joint monitoring programme. Global water supply and sanitation assessment report*. Geneva and New York: World Health Organization and United Nations Children’s Fund. 2000. Available from: http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/Globassessment/GlobalTOC.htm (Accessed 12 April 2018).
- [9] The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET). Available from: https://database.ib-net.org/countries_results?ctry=22&years=2018,2017,2016,2015,2014&type=indicator&ent=country&mult=true&report=1&indicator=5&table=true&chart=false&chartType=column&lang=EN&exch=1 (Accessed 10 October 2018).
- [10] University of Babylon. *Population forecasting: what method is best?* p. 22. Available from: http://www.uobabylon.edu.iq/uobcoleges/ad_downloads/4_29239_397.pdf (Accessed 11 November 2018).
- [11] Adegoroye A. The challenges of environmental enforcement in Africa: The Nigerian experience. *Proceedings of the Third International Conference on Environmental Enforcement, Oaxaca, México*. 1994;1: 43–54.
- [12] The Federal Ministry of Water Resources of Federal Republic of Nigeria: Organization and Activities. Press releases. 2007. Available from: <http://waterresources.gov.ng/category/publications/> (Accessed 11 November 2018).
- [13] Hutton G, Haller L. *Evaluation of the non-health costs and benefits of water and sanitation improvements at the global level*. WHO/SDE/WSH/04.04. Geneva: World Health Organization; 2004.

- [14] African Ministers' Council on Water (AMCOW). *Drinking Water Supply and Sanitation in Nigeria: Transforming Funding to AEPAs Services. An AMCOW Country Status Overview*. 2010.
- [15] *Guidelines for drinking-water quality. Vol. 3. Surveillance and control of community supplies*. 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 1997.
- [16] National Water Policy of Federal Republic of Nigeria. July 2004. p. 15. Available from: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/nig158231.pdf> (Accessed 12 April 2012).
- [17] IndexMundi. *Nigeria – population growth (annual %)*. Available from: <https://www.indexmundi.com/facts/nigeria/indicator/SP.POP.GROW> (Accessed 11 November 2018).
- [18] Global Water Partnership. *Nigeria stakeholder perspectives on a water goal and its implementation*. Available from: <https://www.gwp.org/globalassets/global/about-gwp/publications/reports/country-consultation-reports/country-consultations-2014/nigeria-national-consultation.pdf> (Accessed 11 November 2018).
- [19] Goldface-Irokalibe IJ. *Water Management in Federal and Federal-Type Countries: Nigerian Perspectives*. Available from: https://www.africaportal.org/documents/81111/Joe_Goldface_en.pdf (Accessed 11 November 2018).
- [20] The World Bank Group. *Nigeria Water Supply, Sanitation, and Hygiene Poverty Diagnostic. The Governance Approach of the World Bank in Nigeria Performance Assessment of the State Water Agencies*. Washington. Available from: www.worldbank.org/water (Accessed 11 November 2018).

Article history:

Received: 26.05.2019

Revised: 20.06.2019

For citation:

Balogun OR, Redina MM. Water supply regulation in Nigeria: problems, challenges, solutions and benefits. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(1): 65–81. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-65-81>

Bio notes:

Olajumoke Rukayat Balogun – masters' student of an Economic of Natural Resource Management, Faculty of Ecology, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information:* e-mail: balogunolajumoke23@gmail.com

Margarita M. Redina – Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Ecology, Head of the Department of Applied Ecology, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information:* E-mail: redina-mm@rudn.ru

Научная статья

Регулирование водоснабжения в Нигерии: проблемы, задачи, решения и выгоды

О.Р. Балогун, М.М. Редина

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

Аннотация. Нигерия известна своей богатой растительностью и тропической погодой и наделена избыточными водными ресурсами, несмотря на это она все еще сталкивается с проблемами обеспечения всей страны чистой водой и во многом зависит от альтер-

нативных систем водоснабжения, таких как колодцы, скважины и реки. Однако альтернативные системы водоснабжения не являются эффективными и недостаточны для систем водоснабжения, особенно в стране с большим населением, в связи с чем водоснабжение имеет нерегулярный характер. Законы об управлении водными ресурсами также слабы и в основном не соответствуют сегодняшним стандартам и потребностям. Правительство не уделяет должного внимания надлежащему управлению и сохранению услуг и ресурсов водоснабжения. По этой причине важно выявить фактор, который препятствует осуществлению правил водоснабжения, и предложить решение проблемы. В стремлении понять последствия внедрения и обеспечения строгого регулирования в области водоснабжения с целью надлежащего водоснабжения страны, мы сравниваем прогнозируемую численность населения с инвестиционными капиталовложениями (CAPEX) в водоснабжение в соответствии с целями развития тысячелетия (ЦРТ+). Результаты показывают, что в предстоящем году страна получит значительную выгоду от инвестиций и обеспечения регулярного водоснабжения благодаря наличию рабочих мест и доходов, получаемых за счет коммунальных вод, затрачивая при этом меньше средств на эпидемические болезни, передаваемые через воду, при этом улучшая жизнь и здоровье своих граждан.

Ключевые слова: водоснабжение; регулирование; внедрение; инвестиции; льготы

Список литературы

- [1] Federal Republic of Nigeria: Water Supply & Sanitation Interim Strategy Note / The World Bank Group. November 2000 (дата обращения: 11.04.2012).
- [2] Lagos Wastewater Management Office. URL: http://www.lagoswastewater.org/?fbclid=IwAR05s_BMwNnCmTnhCpXu754Uo-U5Az1et9V7hZeXvFmubITB6AJoz3R_8n4 (дата обращения: 12.04.2012).
- [3] *Adelagan J.A.* The History of Environmental Policy of Water Sources in Nigeria (1960–2004): The Way Forward. 2004. URL: <http://www.userpage.fu-berlin.de/flu/akumeu-ibc2004/download> (дата обращения: 12.04.2018).
- [4] National Water Policy of Federal Republic of Nigeria. July 2004. P. 3. URL: <http://ex-twprlegs1.fao.org/docs/pdf/nig158231.pdf> (дата обращения: 12.04.2012).
- [5] WHO. Nigeria sanitation, drinking-water and hygiene status overview. URL: http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/investments/nigeria-10-nov.pdf (дата обращения: 10.11.2018).
- [6] The African Development Bank in Action. Activities in the Water and Sanitation Sector in the Federal Republic of Nigeria / African Development Bank. February 2012. (дата обращения: 11.04.2012).
- [7] *Ite A.E., Ufot U.F., Ite M.U., Isaac I.O., Ibok U.J.* Petroleum Industry in Nigeria: Environmental Issues, National Environmental Legislation and Implementation of International Environmental Law // *American Journal of Environmental Protection*. 2016. Vol. 4. No. 1. Pp. 21–37.
- [8] WHO & UNICEF. Joint monitoring programme. Global water supply and sanitation assessment report. Geneva and New York: World Health Organization and United Nations Children's Fund. 2000. URL: http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/Globassessment/GlobalTOC.htm (дата обращения: 12.04.2018).
- [9] The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET). URL: https://database.ib-net.org/countries_results?ctry=22&years=2018,2017,2016,2015,2014&type=indicator&ent=country&mult=true&report=1&indicator=5&table=true&chart=false&chartType=column&lang=EN&exch=1 (дата обращения: 10.10.2018).
- [10] University of Babylon. Population forecasting: what method is best? P. 22. URL: http://www.uobabylon.edu.iq/uobcoleges/ad_downloads/4_29239_397.pdf. (дата обращения: 11.11.2018).

- [11] *Adegoroye A.* The challenges of environmental enforcement in Africa: The Nigerian experience // Proceedings of the Third International Conference on Environmental Enforcement, Оахака, Мéxico. 1994. Vol. 1. Pp. 43–54.
- [12] The Federal Ministry of Water Resources of Federal Republic of Nigeria: Organization and Activities. Press releases. 2007. URL: <http://waterresources.gov.ng/category/publications/> (дата обращения: 11.11.2018).
- [13] *Hutton G., Haller L.* Evaluation of the non-health costs and benefits of water and sanitation improvements at the global level. WHO/SDE/WSH/04.04. Geneva: World Health Organization, 2004.
- [14] Drinking Water Supply and Sanitation in Nigeria: Transforming Funding to AEPWA Services. An AMCOW Country Status Overview / African Ministers' Council on Water (AMCOW). 2010.
- [15] Guidelines for drinking-water quality. Vol. 3. Surveillance and control of community supplies. 2nd ed. Geneva: World Health Organization, 1997.
- [16] National Water Policy of Federal Republic of Nigeria. July 2004. P. 15. URL: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/nig158231.pdf> (дата обращения: 12.04.2012).
- [17] IndexMundi. Nigeria – population growth (annual %). URL: <https://www.indexmundi.com/facts/nigeria/indicator/SP.POP.GROW> (дата обращения: 11.11.2018).
- [18] Nigeria stakeholder perspectives on a water goal and its implementation / Global Water Partnership. URL: <https://www.gwp.org/globalassets/global/about-gwp/publications/reports/country-consultation-reports/country-consultations-2014/nigeria-national-consultation.pdf> (дата обращения: 11.11.2018).
- [19] *Goldface-Irokalibe I.J.* Water Management in Federal and Federal-Type Countries: Nigerian Perspectives. URL: https://www.africaportal.org/documents/81111/Joe_Goldface_en.pdf (дата обращения: 11.11.2018).
- [20] Nigeria Water Supply, Sanitation, and Hygiene Poverty Diagnostic. The Governance Approach of the World Bank in Nigeria Performance Assessment of the State Water Agencies / The World Bank Group. Washington. URL: www.worldbank.org/water (дата обращения: 11.11.2018).

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 26.05.2019

Дата принятия к печати: 20.06.2019

Для цитирования:

Balogun O.R., Redina M.M. Water supply regulation in Nigeria: problems, challenges, solutions and benefits (Регулирование водоснабжения в Нигерии: проблемы, задачи, решения и выгоды) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 1. С. 65–81. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-1-65-81>

Сведения об авторах:

Оладжумоке Рукайат Балогун – студентка магистратуры экологического факультета, Российский университет дружбы народов. Контактная информация: e-mail: balogunolajumoke23@gmail.com

Редина Маргарита Михайловна – доктор экономических наук, доцент, декан экологического факультета, заведующая кафедрой прикладной экологии, Российский университет дружбы народов. Контактная информация: e-mail: redina-mm@rudn.ru

**ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ,
предназначенных для опубликования в научном журнале
«Вестник РУДН. Серия:
Экология и безопасность жизнедеятельности»**

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

2. Статья должна содержать в указанном порядке:

– название статьи; имена, отчества и фамилии авторов; полное название организации и ее структурного подразделения с указанием почтового адреса (страна, почтовый индекс, город, улица, № дома), аннотацию (5–7 строк) и ключевые слова (не менее 5 слов или словосочетаний);

– название статьи; инициалы и фамилии авторов; полное название организации и ее структурного подразделения с указанием почтового адреса (№ дома, улица, город, почтовый индекс, страна), аннотацию (до 200–250 слов) и ключевые слова (не менее 5 слов или словосочетаний) **на английском языке;**

– текст статьи;

– список литературы (по алфавиту, сначала – на русском языке, затем – на английском). **Список литературы должен быть переведен на английский язык и продублирован латинскими буквами.**

3. К статье должны быть приложены:

– две заверенные рецензии;

– сведения об авторах – полные имя, отчество, фамилия, ученая степень, научное звание, место работы, электронный адрес.

Образец шапки статьи:

**Состояние антиокислительных систем
в крови мышей после облучения**

И.И. Иванов¹, П.П. Петров²

¹Российский университет дружбы народов
Российская Федерация, 115093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5

²Московский государственный университет
Российская Федерация, 119899, Москва, Ленинские горы, 1

4. Повторение в статье одних и тех же данных в аннотации, тексте, таблицах и графиках не допускается. Таблицы и рисунки должны быть пронумерованы; в тексте статьи ссылка на них обязательна. Таблицы должны иметь заголовки, а рисунки – подрисуночную подпись. Принимаются только черно-белые рисунки (в форматах .tif, .bmp, .jpg) в виде отдельных графических файлов.

5. Следует ограничиваться общепринятыми сокращениями и избегать введения новых сокращений без достаточных оснований. Введенные сокращения необходимо расшифровывать.

6. Ссылки на литературу в тексте статьи приводятся в квадратных скобках, например [2] или [5–7], [5. С. 15].

В списке литературы приводятся только источники, на которые в тексте статьи имеются ссылки. Список формируется по алфавиту (сначала источники на русском языке, затем на английском). В списке литературы должны быть указаны:

– для книг: фамилии и инициалы авторов, название книги, место издания, издательство, год издания;

– для статей из неперIODических изданий (сборников): фамилии и инициалы авторов, название статьи, название книги (сборника), место издания, издательство, год издания;

– для статей из периодических изданий: фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, год издания, том и номер журнала, первая и последняя страницы статьи.

Образец:

Литература

- [1] Бонд В.В. Сравнительная клеточная и видовая радиочувствительность. М.: Атомиздат, 1974. С. 5–17.
- [2] Роун Ш. Озоновый кризис. М.: Мир, 1993.
- [3] Connor M.J., Wheeler L.A. Depletion of cutaneous glutathione by ultraviolet radiation // Photochem. Photobiol. 1987. Vol. 46. No. 2. Pp. 239–245.

7. Статья должна быть подписана всеми авторами (на последней странице) и иметь визу (на первой странице) заведующего кафедрой (для сотрудников РУДН) или иного руководителя (директора, декана, заведующего кафедрой или лабораторией – для авторов из сторонних организаций) с расшифровкой подписи и указанием должности.

8. В конце статьи необходимо указать фамилию, имя и отчество автора, с которым наиболее целесообразно контактировать по вопросам подготовки статьи к опубликованию, и его координаты (e-mail, номер контактного телефона).

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

Контактная информация:

Редина Маргарита Михайловна

Телефон: +7 (495) 952-04-41

E-mail: redina_mm@rudn.university

Силаева Полина Юрьевна

E-mail: silaeva_pyu@rudn.university

Бланк заказа периодических изданий

АБОНЕМЕНТ

на газету
журнал

20829

(индекс издания)

Вестник РУДН.

Серия: Экология и безопасность
жизнедеятельности

(наименование издания)

Количество
комплектов

На 2019 год по месяцам

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

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

Линия отреза

ДОСТАВОЧНАЯ

20829

ПВ	место	литер

КАРТОЧКА

(индекс издания)

газету
на журнал

Вестник РУДН.
Серия: Экология и безопасность
жизнедеятельности

(наименование издания)

Стои- мость	подписки	руб.	Количество комплектов
	каталожная	руб.	
	пере- адресовки	руб.	

На 2019 год по месяцам

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

--	--	--	--	--	--	--	--

город

село

почтовый индекс

область

район

код улицы

улица

дом

корпус

квартира

фамилия, инициалы