



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

Том 27 № 2 (2019)

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-2

<http://journals.rudn.ru/ecology>

Научный журнал

Издается с 1993 г.

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-61176 от 30.03.2015 г.

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Главный редактор

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

Члены редакционной коллегии

Калабин Геннадий Александрович – доктор химических наук, профессор, профессор кафедры системной экологии экологического факультета РУДН

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

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

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

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

Гатто Леонардо – профессор Университета Палермо (Италия)

Зоренко Татьяна Анатолиевна – хабилитированный доктор 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 23.09.2019. Выход в свет 30.09.2019. Формат 70×100/16.

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

Усл. печ. л. 5,85. Тираж 500 экз. Заказ № 628. 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 2 (2019)

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-2

<http://journals.rudn.ru/ecology>

Founded in 1993

Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA

EDITOR-IN-CHIEF

Redina Margarita Mikhailovna – Doctor of Economics, Head of Department of Applied Ecology, Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia (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

Дрегуло А.М., Питулько В.М. Формирование кластера золошлаковых отходов для производства строительных материалов как мера подавления очагов накопленного вреда окружающей среде 91

Хаустов А.П., Кенжин Ж.Д. Проблемы изучения полициклических ароматических углеводородов в водах Северо-Восточного Каспия 105

ЭКОЛОГИЯ

Андриянова Ю.М., Сергеева И.В., Мохонько Ю.М., Гусакова Н.Н. Оценка рекреационного использования особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области 117

Мальцев В.И. Опыт проведения мониторинга прибрежного ихтиокомплекса в заповедной акватории (на примере заповедной акватории Карадагского природного заповедника, Крым) 128

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Лифанова Р.З., Орлова В.С., Цетлин В.В. Воздействие электромагнитного излучения на энергетическое состояние молекул воды 138

ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Cartuche Cojitambo N., Redina M.M., López Villada J., Soria Peñafiel R. Commercial potential of linear Fresnel solar collectors in the industrial sector of Ecuador: preliminary assessment (Коммерческий потенциал линейных солнечных коллекторов Френеля в промышленном секторе Эквадора: предварительная оценка) 143

CONTENTS

GEOECOLOGY

- Dregulo A.M., Pitulko V.M.** Cluster formation of ash and slag waters for production of building materials as a measure of environmental damage 91
- Khaustov A.P., Kenzhin Zh.D.** Problems of polycyclic aromatic hydrocarbons studying in the waters of North-Eastern Caspian Sea 105

ECOLOGY

- Andriyanova Yu.M., Sergeeva I.V., Mokhonko Yu.M., Gusakova N.N.** Assessment of recreational use of specially protected natural territories of Tati-shchevsky district of Saratov region 117
- Maltsev V.I.** Experience of the monitoring of the littoral fish assemblages at reserved waters (on the example of the Karadag Nature Reserve aquatory, Crimea) 128

SHORT MESSAGES

- Lifanova R.Z., Orlova V.S., Tsetlin V.V.** Effects of electromagnetic radiation on the energy state of water molecules 138

ENVIRONMENTAL ECONOMICS

- Cartuche Cojitambo N., Redina M.M., López Villada J., Soria Peñafiel R.** Commercial potential of linear Fresnel solar collectors in the industrial sector of Ecuador: preliminary assessment 143

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-2-91-104
УДК 504:691.5:628.35

Научная статья

Формирование кластера золошлаковых отходов для производства строительных материалов как мера подавления очагов накопленного вреда окружающей среде

А.М. Дрегуло^{1,2,3}, В.М. Питулько²

¹Санкт-Петербургский государственный университет

Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7–9

²Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН

Российская Федерация, 197110, Санкт-Петербург, ул. Корпусная, 18

³Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Российская Федерация, 198095, Санкт-Петербург, ул. Промышленная, 17

Аннотация. Наиболее перспективной схемой утилизации объектов накопленного вреда окружающей среде в системе водоотведения является их совместная инсинерация с твердыми бытовыми отходами для получения золошлаков, используемых в качестве добавки в производстве строительных материалов. Последнее становится стратегическим ресурсом в реализации программы ликвидации объектов накопленного экологического ущерба. В ходе исследования были проанализированы различные виды золошлаков, полученные от сжигания отходов водоотведения и твердых бытовых отходов. Полученные данные дают основания считать пригодным использование золошлаков от отходов водоотведения по токсикологическим параметрам, в том числе и ввиду позитивной практики за рубежом. Следовательно, возможно формирование кластера совместной инсинерации отходов для получения золошлака, используемого в качестве добавки в строительные материалы. Результаты исследования указывают на потенциальную эффективность и своевременность реализации подавления очагов накопленного экологического ущерба, связанного со свалками твердых бытовых отходов, через формирование кластера совместной инсинерации отходов для получения золошлаков.

Ключевые слова: осадки сточных вод; твердые бытовые отходы; накопленный вред окружающей среде; золошлаковые отходы; кластер отходов; строительные материалы

Введение

Использование безотходной технологии в получении вторичного продукта из осадков сточных вод (ОСВ) весьма затруднительно (за исключением биогаза) [1]. Основную проблему несут тяжелые металлы и связанные с ними процессы биоалкилирования, наличие патогенной и специфической микрофлоры, способной даже после длительной стабилизации отходов на иловых площадках, полигонах, в геотубах к проявлению негативного воздействия [2].

© Дрегуло А.М., Питулько В.М., 2019



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

Поэтому использование их в качестве биосубстрата для сельского хозяйства (как наиболее рационального этапа целевой утилизации осадков) невозможно для осадков сточных вод общесплавной канализации. Последнее обуславливает пути их утилизации задаваемыми критериями общепринятой практики – утилизации на полигонах, жизненный цикл эксплуатации которых становится фактором накопленного вреда окружающей среде (НВОС).

Цель статьи – определение основных физико-химических и токсикологических параметров экологической безопасности золошлаковых отходов от сжигания осадков сточных вод и цивилизованных путей их утилизации в виде кластерного подхода как превентивной меры ликвидации объектов НВОС.

Материалы и методы

В качестве золошлакового материала была исследована зола от сжигания осадков сточных вод Северной станции аэрации Санкт-Петербурга. Компонентный состав тяжелых металлов проводился по стандартизированным методикам М-МВИ-80-2008, ПНД Ф 16.1:2.23-2000, ПНД Ф 16.3.24-2000; влажность согласно ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.58-08; сульфат-ион согласно ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:53-08; хлориды согласно ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.28-02; зольность согласно ПНД Ф 16.2.2:2.3:29-02. Токсикологический анализ проводился на тест-объектах основных трофических звеньев водной экосистемы: водорослей *Chlorella vulgaris Beijer* согласно ПНД Ф Т 16.1:2.2:3:3.7-04 и ракообразных *Daphnia magna Straus* согласно ПНД Ф Т 16.1:2.2:3:3.9-06. Дополнительно исследовали золошлаки жженого сланца известных марок, используемые в качестве добавки в строительные смеси. На основании полученных результатов был проведен сравнительный анализ компонентного состава золошлаков различной типологии, предложены наиболее перспективные пути их утилизации.

Результаты и обсуждение

Кластерная принадлежность определенных видов отходов может со временем (при наличии инфраструктуры) приобрести позитивные перспективы, поскольку кластеры имеют две формы ранжирования: по региональному и по производственному признакам [3]. Наиболее вероятным, учитывая современные реалии получения целевого продукта, если и не конкурентным, то хотя бы имеющим потенциал для дальнейшей рыночной конвертации, является сжигание осадков сточных вод и твердых бытовых отходов (ТБО) для получения золошлаков, используемых в качестве добавки в стройматериалах.

Применительно к Санкт-Петербургу (и городам, в которых уже функционируют заводы по сжиганию отходов) такой подход может быть логичным как для регионального, так и для отраслевого вида кластера. Необходимо пояснить, что выбор именно этой технологии утилизации как единственно приемлемой в настоящее время продиктован отсутствием предварительной локальной очистки стоков на предприятиях и объемом самих осадков, характерным для мегаполисов.

В других случаях, когда в технологии не предусматриваются наличие или образование токсичных поллютантов в составе стоков и, соответственно, их аккумуляция в твердой фазе осадков, наиболее эффективным будет

использование иловых площадок именно для обработки осадков, применяемых в сельском хозяйстве. Выбор технологии утилизации рано или поздно придется сделать. Это будет или относительно дешевый метод почвенного депонирования и все сопряженные с ним экологические риски, или экономически емкие, но, возможно, более перспективные с точки зрения социально-экологического климата термические методы утилизации.

Безусловно, выбирая второй вариант, следует тщательным образом проанализировать наиболее уязвимые точки этого решения. Термическая обработка отходов является многообещающей технологией как с экологической, так и с экономической точек зрения. Тем не менее возникают серьезные проблемы, когда различные типы отходов с различными свойствами (содержание влаги, теплота горения и т.д.) утилизируют в едином процессе [4]. Поэтому одной из первоочередных задач данного направления является определение наиболее эффективной технологии термической переработки (табл. 1) [5].

Таблица 1

Сравнительная характеристика работы печей при огневом обезвреживании отходов

Печь	Температура отходящих газов, °С	Удельная нагрузка рабочего объема по уничтожаемому до ПДК веществу, кг/(м ³ *час)	Кэф-фициент избытка воздуха	Кэф-фициент неравномерности пребывания в зоне горения	Недостатки
Много-подовая	310–520	200–400	1,08–1,2	1	Загрязнение газов органическими продуктами от свежих порций ОСВ в верхней части печи; низкие удельные тепловые нагрузки; вращающиеся элементы в высокотемпературной зоне; использование дорогостоящих материалов для полого вала и скребковых мешалок; высокие капитальные и эксплуатационные затраты
Камерная	650–900	250	1,08–1,2	1	Низкие весовые нагрузки; громоздкость; высокая металлоемкость; повышенные требования к коррозионной устойчивости материала колосниковой решетки и механизации топочных устройств; большие капитальные затраты
Барабанная	650–1000	10–80	1,1–1,6	Возможно 1	Самая низкая удельная тепловая и весовая нагрузки топочного объема; разрушение футеровки, быстрый выход печи из строя из-за резкой смены температуры при вращении печи и эрозии; высокие капитальные и эксплуатационные затраты
Распыли-тельная	650–850	80–100	1,1–1,8	1	Низкая производительность; сложность в эксплуатации; высокие капитальные затраты
Циклонная	1200	600–850	1,04–1,6	Возможно 1	Необходимость установки мощных пылеулавливающих устройств и дополнительного оборудования для выгрузки
С псевдо-ожигенным слоем	600–850	300–800	1,04–1,3	При подаче на слой 1	Неравномерность распределения и времени пребывания в слое частиц твердой фазы; необходимость пылеулавливания

Table 1

Comparative characteristics of the operation of furnaces for fire neutralize of waste

Furnace	Exhaust gas temperature °C	Specific load of the working volume on the substance destroyed to the maximum permissible concentrations (MPC) kg/(m ³ *H)	Air excess factor	The coefficient of irregularity of stay in the combustion zone	Disadvantages
Multiple hearth	310–520	200–400	1.08–1.2	1	Pollution of gases with organic products from fresh portions of sewage sludge in the upper part of the furnace; low specific heat loads; rotating elements in the high-temperature zone; the use of expensive materials for the hollow shaft and scraper agitators; high capital and operating costs
Chamber	650–900	250	1.08–1.2	1	Low weight load; bulkiness; high metal content; high demands to corrosion resistance of the material to the grate and mechanization combustion equipment; large capital expenditures
Drum	650–1000	10–80	1.1–1.6	Possible 1	The lowest specific heat and weight load of the furnace volume; the destruction of the lining, the rapid failure of the furnace due to a sharp change in temperature during the rotation of the furnace and erosion; high capital and operating costs
Spray	650–850	80–100	1.1–1.8	1	Low productivity; complexity in operation; high capital costs
Cyclonic	1200	600–850	1.04–1.6	1	The need to install powerful dust – trapping devices and additional equipment for unloading
Fluidized bed	600–850	300–800	1.04–1.3	When applying to layer 1	Uneven distribution and residence time in the layer of solid phase particles; the need for dust collection

Процессы инсинерации отходов ТБО и ОСВ достаточно хорошо изучены, и технологии на их основе уже порядка 40 лет применяются на Западе [10]. SWOT-анализ термических методов утилизации отходов показал, что пиролиз с сжиганием и газификацией отходов представляется наиболее оптимальной формой их термохимической обработки [11]. При этом пиролиз осадка сточных вод обеспечивает экономию энергии и минимизацию количества золошлаковых отходов после сжигания. Изменение характеристик отходов с целью увеличения его нижнего предела тепла горения зависит от многих факторов: удаления стекла, металлов и других инертных материалов. Ввиду того, что отходы ТБО являются поликомпонентными, увеличивается экономическое обременение на подготовку отходов в качестве альтернативного топлива, включающую целый ряд технологических процессов.

В табл. 2 приведены сравнительные характеристики технологий и аппаратов термической обработки отходов. Следует отметить, что авторы многих публикаций единогласно отдают приоритет печам с псевдоожиженным слоем из-за высокой эффективности сгорания, компактности, относительно

низких затрат на эксплуатационные расходы и простоты обслуживания. Однако в любом случае выбор наиболее приемлемых технологических решений остается за конкретным заказчиком.

Успешным примером использования метода пиролиза осадков сточных вод) является ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», применяющее данный метод, разработанный фирмой BAMAG GmbH (Германия), с начала 2000-х гг.

Сравнительный анализ компонентного состава золошлаковых отходов, перспективных для использования в качестве добавки в строительные материалы, показал широкий диапазон тяжелых металлов, имеющих следующий ряд: зола ТБО > зола осадков сточных вод > зола от жженого сланца (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ компонентного состава золошлаковых отходов для использования в качестве добавки к строительным материалам

Наименования показателя	Камк ¹	Золест оил ²	Золест бет ³	Зола ССА ⁴	Зола ТБО [6] ⁵	Зола ТБО [7] ⁶	Зола ТБО [8] ⁷	Зола ТБО [9] ⁸
	Концентрация, мг/кг							
Никель (валовая форма)	13,0	16,0	22,0	51	95–240	10–1970	60,8	124
Кобальт (валовая форма)	4,4	4,8	5,5	8,3	23–69	2,3–1671	–	–
Медь (валовая форма)	6,5	7,0	12,0	640	860–1400	187–2381	313	1300
Марганец (валовая форма)	320,0	310,0	600,0	1400	0,8–1,7	171–8500	–	1600
Хром (валовая форма)	15,0	25,0	17,0	78	140–530	21–1901	118	863
Свинец (валовая форма)	39,0	42,0	31,0	52	7400–19000	200–2600	1496	10900
Кадмий (валовая форма)	0,37	0,24	0,30	11	250–450	5–2211	25,5	470
Мышьяк (валовая форма)	12,0	14,0	12,0	–	3195	15–751	–	93
Цинк (валовая форма)	99,0	61,0	83,0	850	19000–41000	2800–152000	1386	25800
Ртуть	0,089	0,10	0,10	0,05	0,8–7	0,9–73	52	–
Алюминий	27200	37300	37300	36000	–	–	–	–
Железо	13900	32600	32600	35000	–	–	–	–
Магний	12500	32500	32500	7100	–	–	–	–
Калий	37500	38000	38000	6300	–	–	–	–
Натрий	800,0	700,0	700,0	1900	–	–	–	–
Кальций	180000	355000	355000	36000	–	–	–	–
Бенз(а)пирен	0,0054	0,072	0,072	–	–	–	–	–
Сульфат-ион	6400	4500	4500	3500	–	–	–	–
Хлориды	27200	19200	19200	–	–	–	–	–
Кремний диоксид	28000	310000	19000	740000	–	–	–	–

Примечание: 1, 2, 3 – зола сожженного сланца; 4 – зола от сжигания осадков сточных вод; 5, 6, 7, 8 – зола от сжигания ТБО; ССА – Северная станция аэрации (ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»).

Table 2

Comparative analysis of the component composition of ash and slag waste for use as an additive to building materials

Indicator	Kamk ¹	Zolest oil ²	Zolest bet ³	Ash NWTP ⁴	Ash MS [6] ⁵	Ash MS [7] ⁶	Ash MS [8] ⁷	Ash MS [9] ⁸
	Concentration, mg/kg							
Nickel (gross form)	13.0	16.0	22.0	51	95–240	10–1970	60.8	124
Cobalt (gross form)	4.4	4.8	5.5	8.3	23–69	2.3–1671	–	–
Copper (gross form)	6.5	7.0	12.0	640	860–1400	187–2381	313	1300
Manganese (gross form)	320.0	310.0	600.0	1400	0.8–1.7	171–8500	–	1600
Chrome (gross form)	15.0	25.0	17.0	78	140–530	21–1901	118	863
Lead (gross form)	39.0	42.0	31.0	52	7400–19000	200–2600	1496	10900
Cadmium (gross form)	0.37	0.24	0.30	11	250–450	5–2211	25.5	470
Arsenic (gross form)	12.0	14.0	12.0	–	3195	15–751	–	93
Zinc (gross form)	99.0	61.0	83.0	850	19000–41000	2800–152000	1386	25800
Mercury	0.089	0.10	0.10	0.05	0.8–7	0.9–73	52	–
Aluminum	27200	37300	37300	36000	–	–	–	–
Iron	13900	32600	32600	35000	–	–	–	–
Magnesium	12500	32500	32500	7100	–	–	–	–
Potassium	37500	38000	38000	6300	–	–	–	–
Sodium	800.0	700.0	700.0	1900	–	–	–	–
Calcium	180000	355000	355000	36000	–	–	–	–
Benz(a)pyrene	0.0054	0.072	0.072	–	–	–	–	–
Sulfate	6400	4500	4500	3500	–	–	–	–
Chlorides	27200	19200	19200	–	–	–	–	–
Silicon dioxide	28000	310000	19000	740000	–	–	–	–

Note: 1, 2, 3 – ash of shale; 4 – ash from the incineration of sewage sludge; 5, 6, 7, 8 – ash from the incineration of municipal sludge (MS); NWTP – Northern wastewater treatment plant (SUE “Vodokanal of Saint Petersburg”).

Таблица 3

Токсикологическое исследование золы от сжигания осадков сточных вод

Условия приготовления водной вытяжки	Тест-объект	Кратность разбавления (Кр)	Класс опасности	Л, %	D, %	Критерий токсичности
10 см ³ /1,0 г; продолжительность наблюдения – 48 ч.; Т 20,5 °С; pH кон. – 7,80	<i>Daphnia magna</i> Straus (3 поколение, возраст молоди 6–24 ч.)	Кр = 1	V	13,3	–	Л > 10
Т 20,6 °С; pH кон. – 7,63		1 < Кр ≤ 100	IV	6,7	–	
Т 20,6 °С; pH кон. – 7,45		100 < Кр ≤ 1000	III	3,3	–	
10 см ³ /1,0 г; продолжительность наблюдения – 22 ч.; Т 20,5 °С; pH кон. – 7,80	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer	Кр = 1	V	–	52,3	–20 < D > 30
Т 20,6 °С; pH кон. – 7,63		1 < Кр ≤ 100	IV	–	15,8	
Т 20,6 °С; pH кон. – 7,45		100 < Кр ≤ 1000	III	–	6,5	

Table 3

Toxicological study of ash sewage sludge incineration

Conditions of preparation of water extract	Test object	Dilution ratio (DR)	Hazard class	L, %	D, %	Toxicity criterion
10 cm ³ /1.0 g; duration of observation – 48 h; T 20.5 °C ; pH – 7.80	<i>Daphnia magna</i> Straus (3 generation, age of juveniles 6–24 h)	DR = 1	V	13.3	–	L > 10
T 20.6 °C; pH – 7.63		1 < DR ≤ 100	IV	6.7	–	
T 20.6 °C; pH – 7.45		100 < DR ≤ 1000	III	3.3	–	
10 cm ³ /1.0 g; duration of observation – 22 h; T 20.5 °C ; pH – 7,80	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer	DR = 1	V	–	52.3	–20 < D > 30
T 20.6 °C; pH – 7,63		1 < DR ≤ 100	IV	–	15.8	
T 20.6 °C; pH – 7,45		100 < DR ≤ 1000	III	–	6.5	

Исследования токсикологической опасности золы от сжигания отходов позволяют отнести золошлаки от осадков сточных вод к V классу опасности (табл. 3). Это дает возможность использовать золошлаки из осадков сточных вод для получения целевого продукта при условии минимизации выщелачивания тяжелых металлов из его фракционного состава, например в композиции с вяжущими материалами.

Примером полезного использования золы от сжигания осадков сточных вод в качестве вторичного ресурса служит ряд патентных заявок и научных публикаций, например «Способ получения композиционных материалов для дорожно-транспортного строительства на основе переработанных осадков сточных вод предприятий коммунального хозяйства» [12]. Наряду с позитивной практикой использования золошлаков многие исследователи отмечают как конкурентные преимущества продукции на их основе, так и приемлемые эколого-токсикологические показатели при их использовании.

Бетон, полученный с внесением в общий состав 10 % золы биомассы, имел более высокие значения прочности на сжатие для эталонного состава [13]. Полученные элюаты исследовали по компонентному составу и агрессивности среды: pH, тяжелые металлы (19 металлов), растворенный органический углерод, хлориды, соединения фенола, соединения и полные растворенные твердые вещества, и далее проводили токсикологическую оценку на различных биотестах.

Для элюатов морской воды (при использовании материала в железобетонных конструкциях в условиях повышенной солености) оценивали ингибирование биолюминесценции бактерии *Vibrio fischeri*, микроводорослей *Phaedactylum tricoratum*, ингибирование подвижности микрокрупца *Artemia franciscana*, а для пресноводных элюатов – ингибирование подвижности *Daphnia magna*, *Pseudokirchneriella subcapitata*. Уровни выщелачивания химических веществ в условиях морских и пресноводных водоемов были аналогичны с эталонными образцами.

Учитывая различие в компонентных составах золошлаковых отходов, наиболее перспективными с точки зрения экологической безопасности представляются исследования по получению бетона, в процессе производства которого соединения тяжелых металлов встраиваются в силикатную и алюмосиликатную структуру исходных материалов (глины и шламы) при температу-

ре 1110 °С [14]. Матричная структура материала с использованием осадков сточных вод представлена на рис. 1 [14].

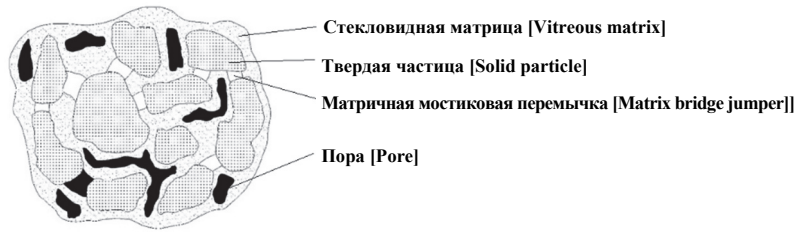


Рис. 1. Матричная структура материала с использованием осадков сточных вод
[Figure 1. Matrix structure of the material using sewage sludge]

Однако даже при наличии перечня перспективных технологий, имеющих высокий потенциал завоевания рынка продукции из вторичного сырья, действия, направленные на консолидацию усилий по формированию кластера, не будут иметь желаемого эффекта без участия государственного субсидирования и/или законотворческой поддержки.

На сегодняшний день актуальность такого кластера сложно переоценить. Тем не менее исследование кластеров, локализованных в Санкт-Петербурге и развиваемых в рамках федеральных и региональных целевых программ [15] (к ним относятся и промышленные кластеры, табл. 4), показало отсутствие данного кластера как такового.

Таблица 4

Кластерная структура Санкт-Петербурга и регионов

Кластеры, локализованные на территории Санкт-Петербурга		Кластеры, не локализованные в регионе, но развиваемые государством
<i>С государственной поддержкой</i>	<i>Без государственной поддержки</i>	
Аналитические инструменты; информационные технологии; освещение и электрооборудование; биофармацевтика; медицинские инструменты; пластмассы; ювелирные изделия; производство и передача энергии; транспорт и логистика	Наука и образование; торговля; бизнес услуги; туризм	Строительство; тяжелое машиностроение; металлургическая промышленность; аэрокосмическая техника; автомобилестроение; одежда, обувь, текстиль; телекоммуникации

Table 4

Cluster structure of Saint-Petersburg and regions

Clusters localized in the Saint-Petersburg territory		Clusters, not localized in the region, but developed by the state
<i>With state support</i>	<i>Without state support</i>	
Analytical tool; information technology; lighting and electrical equipment; biopharmaceutics; medical instrument; plastics; jewelry; energy production and transmission; transport and logistics	Science and education; trade; business services; tourism	Building; heavy machinery; metallurgy; aerospace; automotive; clothing, footwear, textiles; telecommunications

Вероятно, это связано с тем, что некоторые исследователи в процессе кластеризации отрасли рассматривают экономическую составляющую как более важную в сравнении с экологической [16]. Однако с этим тезисом нельзя согласиться. Определяющим фактором здесь будет являться степень заинтересованности прежде всего государственной власти в продвижении политики безотходного производства, что, в свою очередь, может служить популяризацией философии zero waste, имеющей в своем корне именно нравственную компоненту как более значимую [17], но в то же время не отвергающую сложный путь экономической стороны.

При отсутствии экономической составляющей (финансовой выгоды) для всех участников такого бизнес-проекта, в первую очередь для производителя и потребителя, экологический фактор неминуемо отразится на административной политике управления городским хозяйством. Вопрос в этом случае всегда будет решаться не как утилизировать, а где, что еще больше обострит проблемы территориального планирования и социализации городской среды. Но учитывая темпы урбанизации пригородных территорий, появление на них объектов для размещения опасных отходов надолго стагнирует развитие данной территориально-экономической единицы. Именно поэтому государственная структура должна объединить операторов кластера: поставщика вторичного ресурса из отходов (зола от сжигания, используемой в качестве сырья для стройматериалов) и производителя стройматериалов, оказать им поддержку в формировании долгосрочной перспективы, гарантировать инвестиции.

В данном случае госструктура должна выполнять функции гаранта этих взаимоотношений, условием которых должна стать договоренность об использовании вторичного ресурса в технологии производителя. Схема подобного взаимодействия представлена на рис. 2.

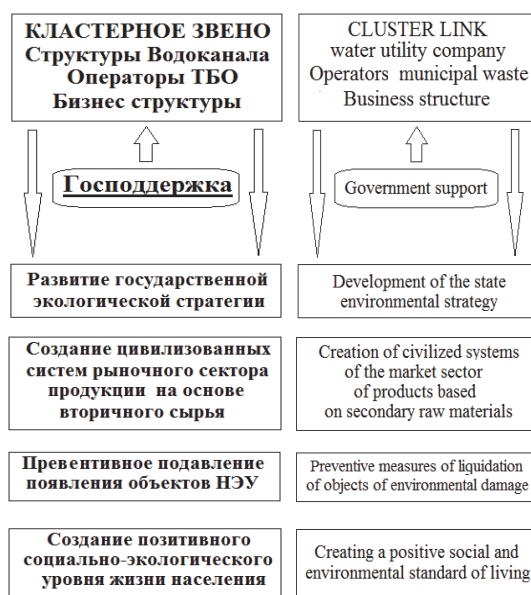


Рис. 2. Формирования кластерного подхода совместной утилизации осадков сточных вод и твердых бытовых отходов

[Figure 2. Formation of cluster approach for joint utilization of sewage sludge and municipal waste]

Экономические инструменты при создании такого кластера или составной части единого кластера отходов используются для достижения трех основных целей:

- устойчивого развития государственной экологической стратегии;
- покрытия расходов на утилизацию отходов;
- получения прибыли.

Первые две позиции достаточно понятны, вопрос остается за получением прибыли. Затраты на инфраструктуру редко покрываются местными властями. Инвестиционные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, таким образом, окажутся обременительными для операторов отходов.

Относительно несложно найти инвесторов для инфраструктуры, но зачастую невозможно найти желающих принять участие в покрытии расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание. И здесь вовлеченность государственных структур будет играть решающую роль, используя экономические инструменты поддержки в становлении данного кластера.

Экономическим инструментом может стать разработка национальной программы субсидирования по примеру Индии (введена в 2009 г. и реализована на основе системы бенчмаркинга) [18]. Сюда же можно отнести налоговые льготы, субсидирование или акционирование предприятий кластера, закрепление кластерной политики (например, законодательно закреплённая обязанность использования только наилучших доступных технологий (НДТ) в области обращения с отходами на предприятиях водоканала и операторов ТБО), региональная поддержка коммунальных служб раздельного сбора ТБО и т.д.

Несомненно, бенефициаром в конечном итоге при формировании данного кластера будет являться социально-экономический сектор государства. Последнее не лишает выгоды остальных участников кластера – систему ЖКХ в целом (отсутствие объектов депонирования отходов) и бизнес-структуры (государственная поддержка, налоговые льготы).

Выводы

Необходимость формирования кластера не утилизируемых отходов сточных вод совместно с отходами ТБО путем совместной инсинерации является перспективным направлением для реализации общей государственной политики по предупреждению и ликвидации объектов НВОС, имеющей перспективы позитивного социально-экономического развития.

Список литературы

- [1] *Demirbas A., Edris G., Alalayah W.M.* Sludge production from municipal wastewater treatment in sewage treatment plant // *Energy Sources. Part A. Recovery, Utilization and Environmental Effects*. 2017. Vol. 39. <https://doi.org/10.1080/15567036.2017.1283551>
- [2] *Dregulo A.M., Vitkovskaya R.F.* Microbiological evaluation of soils of sites with accumulated ecological damage (sewage dumps) // *Fibre Chemistry*. 2018. Vol. 50. Issue 3. Pp. 243–247.
- [3] *Ксенофонтова О.Л., Абрамова Е.А.* Региональные кластеры: методические аспекты идентификации, формирования и результатов функционирования // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2015. № 3 (43). С. 91–99.

- [4] *Меллер В.Я.* Твердые бытовые отходы – источник тепловой и электрической энергии // Научно-технические проблемы использования альтернативных видов топлива в строительном комплексе Республики Беларусь: материалы VII Международной научно-технической конференции, Минск, 30 октября 2013 г. / редкол.: А.В. Вавилов и др. Минск, 2013. С. 10–14.
- [5] *Янин Е.П.* Сжигание осадков городских сточных вод (проблемы и способы) // Ресурсосберегающие технологии. 2006. № 24. С. 3–29.
- [6] *Reijnders L.* Disposal, uses and treatments of combustion ashes: a review // Resour. Conserv. Recycl. 2005. Vol. 43. Pp. 313–336.
- [7] Waste and Recycled Materials Use in the Transportation Industry // National Cooperative Highway Research Program / Transportation Research Board, National Research Council. Washington, 2000.
- [8] *Youcai Z., Lijie S., Guojian L.* Chemical stabilization of MSW incinerator fly ashes // J. Hazard. Mater. 2002. Vol. 95. Pp. 47–63.
- [9] *Chang C.Y., Wang C.F., Mui D.T., Cheng M.T., Chiang H.L.* Characteristics of elements in waste ashes from a solid waste incinerator in Taiwan // J. Hazard. Mater. 2008. Vol. 165. Pp. 766–773.
- [10] Conversion of Existing Municipal Sludge Incinerators for Codisposal / United States Environmental Protection Agency. SW 743. February 1979. P. 51.
- [11] Optimization of the treatment and disposal of sewage sludge in the district of Como: options and scenarios assessment – Scientific Figure on ResearchGate. URL https://www.researchgate.net/figure/SWOT-analysis-for-pyrolysis_tbl37_269867833 (дата обращения: 22.04.2017).
- [12] Заявка на патент № 2012130032/05. Способ получения композиционных материалов для дорожно-транспортного строительства на основе переработанных осадков сточных вод предприятий коммунального хозяйства / Лобанов Ф.И., Кармазинов Ф.В., Кинебас А.К., Козлов Л.Н., Могильный К.В., Рублевская О.Н., Чукалина Е.М. URL: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2494985&TypeFile=html (дата обращения: 22.04.2017).
- [13] *Barbosa R., Lapa N., Dias D., Mendes B.* Concretes containing biomass ashes: mechanical, chemical, and ecotoxic performances // Construction and Building Materials. Nov. 2013. Vol. 48. Pp. 457–463.
- [14] *Franus M., Barnat-Hunek D., Wdowin M.* Utilization of sewage sludge in the manufacture of lightweight aggregate // Environ. Monit. Assess. 2015. Vol. 188. No. 1. P. 10. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4669375/> (дата обращения: 20.10.2018).
- [15] *Кудрявцева Т.Ю.* Теория, методология и инструментарий формирования кластерной промышленной политики: дис. ... д-ра эконом. наук. СПб.: СПбГПУ, 2018. С. 358–359. URL: <https://www.spbstu.ru/dsb/0727-thesis.pdf> (дата обращения: 22.11.2018).
- [16] *Макарова И.Р., Тарбаева В.М.* Кластерный подход в формировании региональной системы управления промышленными отходами. URL: http://www.ngtp.ru/7/26_2009.pdf (дата обращения: 27.10.2018).
- [17] Zero Waste Special Event Planning Guide. URL: https://epa.ohio.gov/portals/29/documents/1786_zerowaste_guide_final.pdf (дата обращения: 11.11.2018).
- [18] Economic instruments in solid waste management. Applying economic instruments for sustainable solid waste management in low and middle-income countries. URL: <https://www.giz.de/en/downloads/giz2015-en-waste-management-economic-instruments.pdf> (дата обращения: 11.11.2018).

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 18.06.2019

Дата принятия к печати: 26.06.2019

Для цитирования:

Дрегуло А.М., Питулько В.М. Формирование кластера золошлаковых отходов для производства строительных материалов как мера подавления очагов накопленного вреда окружающей среде // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 2. С. 91–104. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-2-91-104>

Сведения об авторах:

Дрегуло Андрей Михайлович – кандидат биологических наук, Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет; старший научный сотрудник лаборатории геоэкологических проблем природно-хозяйственных систем и урбанизированных территорий, Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». ORCID iD: 0000-0003-4696-3147. *Контактная информация:* e-mail: a.dregulo@spbu.ru; adregulo@bk.ru

Питулько Виктор Михайлович – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, заместитель директора по научной работе, Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН. *Контактная информация:* e-mail: pitulko@rambler.ru

Research article

Cluster formation of ash and slag waters for production of building materials as a measure of environmental damage

Andrey M. Dregulo^{1,2,3}, Viktor M. Pitulko²

¹Saint Petersburg State University

7–9 Universitetskaya embankment, Saint Petersburg, 199034, Russian Federation

²Scientific Research Center for Ecological Safety of the Russian Academy of Sciences

18 Korpusnaya St., Saint Petersburg, 197110, Russian Federation

³National Research University “Higher School of Economics”

17 Promyshlennaya St., Saint Petersburg, 198095, Russian Federation

Abstract. The most promising scheme of disposal of objects of accumulated environmental damage in the wastewater system is their joint incineration with solid waste to produce ash used as an additive in the production of building materials. The latter becomes a strategic resource in the implementation of the program of liquidation of objects of accumulated environmental damage. Various types of ash and slag obtained from the incineration of wastewater and municipal solid waste are analyzed. The data obtained give grounds to consider the use of ash from wastewater waste suitable for toxicological parameters, but also in view of positive foreign practice. This basis makes it possible to consider the formation of a cluster of joint incineration of waste to produce ash used as an additive in building materials. The results of the study indicate the potential effectiveness and timeliness in the implementation of the suppression of foci of accumulated environmental damage associated with landfills of solid waste through the formation of a cluster of joint incineration of waste for ash.

Keywords: sewage sludge; solid waste; accumulated environmental damage; ash and slag waste; waste cluster; building materials

References

- [1] Demirbas A, Edris G, Alalayah WM. Sludge production from municipal wastewater treatment in sewage treatment plant. *Energy Sources. Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*. 2017;39. <https://doi.org/10.1080/15567036.2017.1283551>
- [2] Dregulo AM, Vitkovskaya RF. Microbiological evaluation of soils of sites with accumulated ecological damage (sewage dumps). *Fibre Chemistry*. 2018;50(3): 243–247.
- [3] Ksenofontova OL, Abramova YA. Regional'nyye klasteri: metodicheskiye aspekty identifikatsii, formirovaniya i rezul'tatov funktsionirovaniya [Regional clusters: methodical aspects of identification, formation and results of functioning]. *Sovremennyye nauko-yemkiye tekhnologii. Regional'noye prilozheniye*. 2015;3(43): 91–99. (In Russ.)
- [4] Meller VY. Tverdye bytovyye otkhody – istochnik teplovoy i elektricheskoy energii. *Nauchno-tekhnicheskiye problemy ispol'zovaniya al'ternativnykh vidov topliva v stroitel'nom komplekse Respubliki Belarus': Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Minsk, 30 oktyabrya 2013*. p. 10–14. (In Russ.)
- [5] Yanin YeP. Szhiganiye osadkov gorodskikh stochnykh vod (problemy i sposoby) [Incineration of urban sewage sludge (problems and methods)]. *Resource-saving technologies*. 2006;(24): 3–29. (In Russ.)
- [6] Reijnders L. Disposal, uses and treatments of combustion ashes: A review. *Resour. Conserv. Recycl.* 2005;43: 313–336.
- [7] Transportation Research Board, National Research Council. Waste and Recycled Materials Use in the Transportation Industry. *National Cooperative Highway Research Program*. Washington; 2000.
- [8] Youcai Z, Lijie S, Guojian L. Chemical stabilization of MSW incinerator fly ashes. *J. Hazard. Mater.* 2002;95: 47–63.
- [9] Chang CY, Wang CF, Mui DT, Cheng MT, Chiang HL. Characteristics of elements in waste ashes from a solid waste incinerator in Taiwan. *J. Hazard. Mater.* 2008;165: 766–773.
- [10] United States Environmental Protection Agency. *Conversion of Existing Municipal Sludge Incinerators for Codisposal*. SW 743. February 1979. p. 51.
- [11] *Optimization of the treatment and disposal of sewage sludge in the district of Como: options and scenarios assessment – Scientific Figure on ResearchGate*. Available from: https://www.researchgate.net/figure/SWOT-analysis-for-pyrolysis_tb137_269867833 (Accessed: 22 April 2017).
- [12] Lobanov FI, Karmazinov FV, Kinebas AK, Kozlov LN, Mogil'nyy KV, Rublevskaya ON, Chukalina YeM. *Zayavka na patent No. 2012130032/05. Sposob polucheniya kompozitsionnykh materialov dlya dorozhno-transportnogo stroitel'stva na osnove pere-rabotannykh osadkov stochnykh vod predpriyatiy kommunal'nogo khozyaystva [Application for patent No. 2012130032/05. A method for producing composite materials for road construction based on recycled sewage sludge from utilities]*. Available from: http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2494985&TypeFile=html (Accessed 22 April 2017). (In Russ.)
- [13] Barbosa R, Lapa N, Dias D, Mendes B. Concretes containing biomass ashes: Mechanical, chemical, and ecotoxic performances. *Construction and Building Materials*. 2013;48: 457–463.
- [14] Franus M, Barnat-Hunek D, Wdowin M. Utilization of sewage sludge in the manufacture of lightweight aggregate. *Environ. Monit. Assess.* 2015;188(1): 10. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4669375/> (Accessed 20 October 2018).
- [15] Kudryavtseva TYu. *Teoriya, metodologiya i instrumentariy formirovaniya klatsernoy promyshlennoy politiki [Theory, methodology and tools for the formation of a clutter industrial policy]* (Dissert. dok. ekonom. nauk). Saint Petersburg: SPBGPU; 2018. p. 358–359. Available from: <https://www.spbstu.ru/dsb/0727-thesis.pdf> (Accessed 22 November 2018). (In Russ.)

- [16] Makarova IR, Tarbayeva VM. *Klasternyy podkhod v formirovanii regional'noy sistemy upravleniya promyshlennymi otkhodami* [Cluster approach in the formation of a regional industrial waste management system]. Available from: http://www.ngtp.ru/7/26_2009.pdf (Accessed 27 October 2018).
- [17] *Zero Waste Special Event Planning Guide*. Available from: https://epa.ohio.gov/portals/29/documents/1786_zerowaste_guide_final.pdf (Accessed 11 November 2018).
- [18] *Economic instruments in solid waste management. Applying economic instruments for sustainable solid waste management in low and middle-income countries*. Available from: <https://www.giz.de/en/downloads/giz2015-en-waste-management-economic-instruments.pdf> (Accessed 11 November 2018).

Article history:

Received: 18.06.2019

Revised: 26.06.2019

For citation:

Dregulo AM, Pitulko VM. Cluster formation of ash and slag waters for production of building materials as a measure of environmental damage. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(2): 91–104. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-2-91-104>

Bio notes:

Andrey M. Dregulo – PhD in Biology, Institute of Earth Sciences, Saint Petersburg State University; senior researcher, Laboratory of Geoecological Problems of Natural and Economic Systems and Urban Territories, Saint Petersburg Research Center of Ecological Security (Russian Academy of Science); National Research University “Higher school of Economics”. ORCID iD: 0000-0003-4696-3147. *Contact information:* e-mail: a.dregulo@spbu.ru; adregulo@bk.ru

Viktor M. Pitulko – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, chief researcher, Deputy Director for Research, Scientific Research Center for Ecological Safety of the Russian Academy of Sciences. *Contact information:* e-mail: pitulko@rambler.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-2-105-116
УДК 504.4.054:556.5

Научная статья

Проблемы изучения полициклических ароматических углеводородов в водах Северо-Восточного Каспия

А.П. Хаустов, Ж.Д. Кенжин

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

Аннотация. Статья посвящена проблемам изучения негативных факторов проявления нефтегазовой деятельности в акватории Северо-Восточного Каспия. Несмотря на активную антропогенную деятельность, специфика углеводородного загрязнения этой части акватории изучена слабо. Представлены подходы к анализу качественного состава и идентификации источников загрязнения полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) на основе индикаторных соотношений кинетических и термодинамических изомеров. Данные подходы позволяют идентифицировать источник загрязнения, однако полноценная оценка требует учета сезонной динамики состояния аквальных систем. Приведены миграционные особенности ПАУ и принципы их определения в водной фазе. Оценены проблемы перехода и изученности полиаренов в донные отложения. Рассмотрены вопросы деградации ПАУ и нефтепродуктов в аквасистемах данного региона, даны рекомендации по улучшению развития научно-исследовательской базы по рассматриваемой тематике.

Ключевые слова: акватория; донные отложения; нефтяное загрязнение; миграция; полициклические ароматические углеводороды; микробиота

Введение

Каспийское море – уникальный природный комплекс, место обитания редких видов растений, птиц, млекопитающих, ценных промысловых видов рыб. Однако Восточная часть Северного Каспия, по данным [1], мало изучена. Морская акватория Северо-Восточного Каспия располагает значительным количеством углеводородного сырья, разведаны многие нефтегазоносные месторождения [2]. Высокие уровни антропогенной нагрузки с освоением углеводородных ресурсов обуславливают загрязнение практически всех компонентов природной среды. Согласно литературным данным, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и алифатические углеводороды (АУВ) являются одними из наиболее распространенных химических веществ в районах нефтяных месторождений и нефтедобычи [3–5].

© Хаустов А.П., Кенжин Ж.Д., 2019



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

Отмечено, что, по сравнению с окраинными морями, негативные экологические последствия во внутренних морях проявляются острее. Для внутренних морей характерны более ограниченный водообмен и сильная зависимость режима от материкового стока. Сток значительно усиливает антропогенное влияние на бассейны такого типа, обуславливая максимальную нагрузку на прибрежную зону морей [6].

Основная проблема фиксации ПАУ связана с установлением их объемов и форм миграции на микро- и макроуровнях, вероятностью их перехода через геохимические барьеры (ГХБ), аккумуляционными способностями в средах и фазовых переходах, оценкой временного периода существования и дальнейшей миграционной судьбой рассматриваемых веществ [7].

Однако еще важнее то, что соотношения концентраций ПАУ позволяют идентифицировать происхождение загрязнителей с целью разделения антропогенных и природных потоков. Это относится также к миграционным переходам из водной среды в донные отложения с учетом реакций фотоокисления и деградации в толще как пресных, так и морских вод [8].

Постановка проблемы углеводородного загрязнения

Для морской акватории Казахстана практически не изучено опосредованное влияние ПАУ (через пищевые цепи, как результаты вторичных загрязнений и др.) на представителей ихтиофауны, гидробионтов, морские воды, донные отложения. Не представлены влияние средовых факторов, таких как температура, продолжительность и смена времен года, на состояние миграционных показателей ПАУ и зависимость от колебаний уровня моря, интенсивности солнечного излучения, pH среды и т.д.

К изучению миграции загрязняющих веществ можно отнести работу [9], где приведены данные валового содержания нефтепродуктов в водах и донных отложениях Каспийского моря и р. Урал в зоне Северного Прикаспия. В работе [10] кратко представлены результаты оценки миграции нескольких видов ионов тяжелых металлов. В работе [11] описаны результаты изучения фонового состояния сообществ фитопланктона на мелководном участке месторождения Жанбай, но при этом отсутствуют прогнозы развития ситуации и оценки состояния фитопланктона, в том числе его взаимодействия с основными видами ПАУ; не отражены современные уровни рисков и риски, связанные с будущим освоением данного участка.

Исходя из вышесказанного, рассмотрим актуальные проблемы изучения миграционных процессов ПАУ.

Физико-химические свойства и особенности деградации ПАУ

На основе строения (и, соответственно, химических и физико-химических свойств) ПАУ делят на два класса:

1) низкомолекулярные – 2–3 кольца (нафталин, аценафтен, аценафтилен, флуорен, фенантрен и антрацен и их гомологи), которые легко улетучиваются и относительно более растворимы;

2) высокомолекулярные – 4 и более ароматических колец (хризен, коронен и др.), более устойчивы к внешним воздействиям, не проявляют острую токсичность, но являются канцерогенными.

При попадании в природные среды исходный набор ПАУ подвергается трансформации за счет химических и физико-химических процессов. Во многом сорбционные эффекты зависят от диаметра твердых частиц и органической составляющей дисперсного комплекса во взвешях. Отмечено, что фотоокисляемость большинства видов ПАУ представлена реакцией, имеющей большое значение для удаления ПАУ из верхних слоев водоемов до глубины 25 м [12].

Общую картину физико-химического процесса деградации ПАУ в окружающей среде можно кратко представить в виде схемы взаимодействия факторов внешней среды и процессов изменения структуры основных видов ПАУ (см. рисунок).

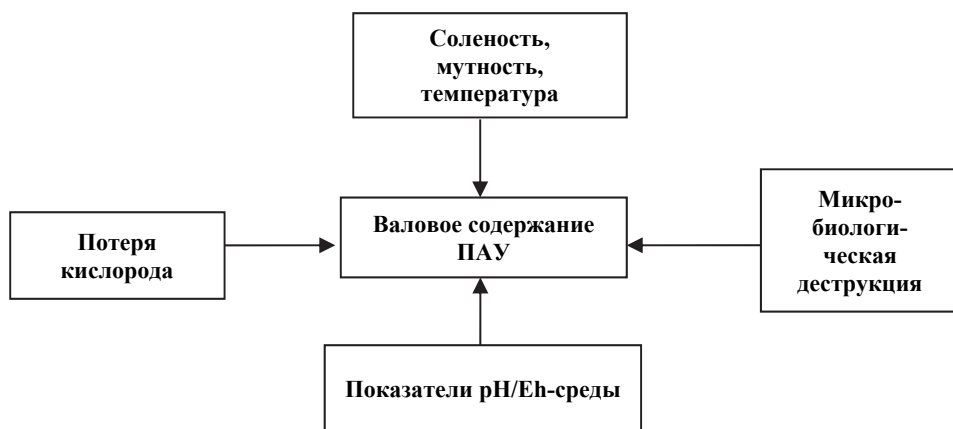


Рисунок. Схема физико-химической деградации валового содержания ПАУ

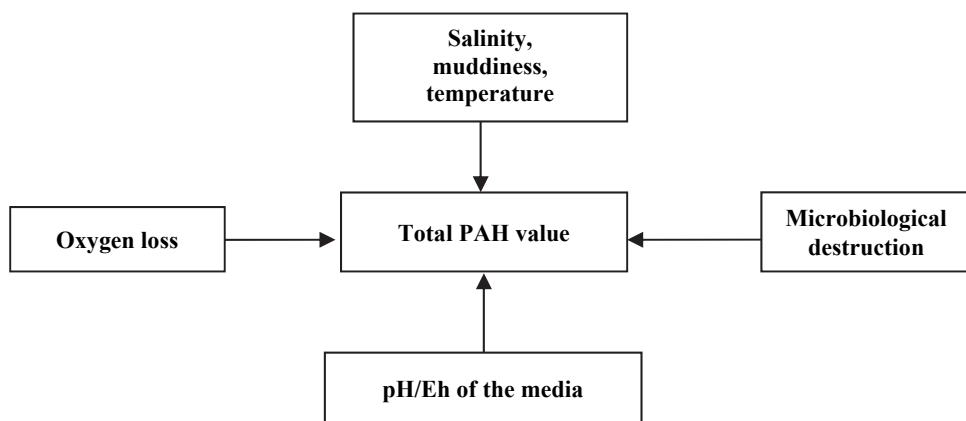


Figure. Scheme of the physico-chemical degradation of the total content of PAH

Максимальные темпы деградации характерны для низших представителей ПАУ с небольшой молекулярной массой. Подобную деградацию можно наблюдать при сравнении антрацена с бенз(а)пиреном. Согласно данным [13], до 80 % антрацена и 40 % бенз(а)пирена теоретически может быть деградировано в лабораторных условиях в течение примерно двух лет прохождения твердых частиц с осажденными на них ПАУ через аэробный слой (табл. 1).

Таблица 1

Теоретическое влияние деградации ПАУ в осадках [13]

ПАУ	Доля деградации (10^{-3})	Период полураспада (годы)	Аэробная деградация ПАУ (%)
Антрацен	2,18	0,87	80
Флуорантен	1,67	1,14	71
Бенз(а)антрацен	1,17	1,63	57
Бенз(а)пирен	0,67	2,73	40

Table 1

Theoretical effect of PAH degradation in precipitation [13]

PAH	Degradation rate (10^{-3})	Half life (years)	PAH aerobically destructed (%)
Anthracene	2.18	0.87	80
Fluoranthene	1.67	1.14	71
Benzo[a]anthracene	1.17	1.63	57
Benzo[a]pyrene	0.67	2.73	40

В то же время можно ожидать, что соотношение концентраций антрацена и бенз(а)пирена в поверхностных отложениях уменьшится примерно на одну треть в анаэробных условиях. Результаты показывают, что ароматические углеводороды, полученные из нефти, могут быстро подвергаться биологическому разложению в отложениях, но ароматические углеводороды, полученные в результате горения, в тех же отложениях относительно устойчивы к деградации [14]. Таким образом, прогноз динамики ПАУ-загрязнения должен учитывать как химический состав, так и источники поступления ПАУ в среды. Часто используемые «валовые» оценки или анализ присутствия только одного вещества (обычно бенз(а)пирена) не способен дать реалистичную картину опасности загрязнения сред ПАУ.

Донные отложения как депонирующая среда

В водах Северо-Восточного Каспия особый интерес представляют донные отложения как одна из сред, играющая роль во взаимодействии между водной толщей, биотой, речным стоком и атмосферными осадками. Накопление более сложных и разветвленных молекул, особенно циклической структуры, и увеличение молекулярного веса в гомологических рядах углеводородов приводят к нарастанию токсичности компонентов нефтяного загрязнения в процессе диагенеза [15].

Вследствие низкой растворимости в воде и гидрофобной природы углеводороды имеют тенденцию связываться с дисперсным материалом, который в конечном итоге будет накапливаться в осадке [16]. Также обращают на себя внимание типы донных отложений. Так, по результатам мониторинговых анализов дельты р. Волги, концентрация ПАУ в иловых отложениях проявила больший аккумуляционный эффект, в отличие от других видов донных отложений [3].

В результате в среде Северо-Восточного Каспия свойства ПАУ в проявлении седиментации, растворимости, коллоидности, в том числе в приустьевом участке р. Урал, играют немалую роль в постановке проблемы депонирующей среды донных отложений.

В качестве примера идентификации ПАУ в донных отложениях можно воспользоваться данными работы [17], где показан уровень загрязнения донной среды в зависимости от типа ее литолого-фациальной характеристики. Чрезвычайно высокий уровень ПАУ зафиксирован в техногенных илах черного и темно-серого цветов (мощностью 1,5–2,0 см) с примесью песчаного материала и включением остатков растительности. Последнее, как и цвет, не является признаком высокой сорбции ПАУ в аллювии и алевролитах. Многочисленные опыты свидетельствуют о выборочной максимизации концентраций ПАУ к определенным механическим фракциям.

С точки зрения термодинамики активности ПАУ их принято разделять на кинетические и термодинамические. Первые являются более активными в различных реакциях (несмотря на высокую стабильность данных соединений и низкую реакционную активность в целом), вторые – более стабильны. Если фактором поступления ПАУ является техногенная деятельность человека, то это может привести к относительному преобладанию среди набора ПАУ кинетических изомеров в силу ограниченности времени их переноса и дифференциации в осадочном процессе.

Происхождение конкретного комплекса ПАУ довольно часто идентифицируется на основе соотношения концентраций кинетических и термодинамических ПАУ. Чаще рассматривают индикаторные соотношения, включающие ПАУ одной молекулярной массы (например, An к сумме An + Phen или An/178); в ряде случаев рассматривают ПАУ разных масс либо «родительские» (исходные) и их гомологи (например, нафталин и метилнафталин). Для регионов, подверженных интенсивному техногенному влиянию, характерна связь между показателями An/178 > 0,10, FL/202 > 0,4 и BaA/228 > 0,35. Индикаторное соотношение ПАУ с молекулярной массой 178 An/178 < 0,10 указывает на нефтяное происхождение, тогда как соотношение An/178 > 0,10 является показателем процессов горения. Для соединений с молекулярной массой 202 значения показателя >0,5 являются результатом горения керосина, угля, древесины. При анализе структуры ПАУ с массой 228 превышение величины соотношения 0,35 служит индикатором процессов горения органического материала, а BaA/228 < 0,20 – индикатором нефтяных источников поступления в окружающую среду. Промежуточные значения показателя 0,20–0,35 соответствуют смешанному происхождению (диагенетическое и пирогенное) [17].

Необходимым фактором при анализе миграционных особенностей ПАУ в донных отложениях и водной среде является сезонная изменчивость уровня и объема воды в речных экосистемах и прибрежных акваториях. В исследованиях [18] представлена зависимость концентрации количества частиц углеводородов и ПАУ в водах и донных отложениях р. Саскуэхан, впадающей в Чесапикский залив, от уровня воды речного потока в период ранней весны по формуле:

$$Li = Q \times Ci \times n,$$

где Li – рассчитанная нагрузка для загрязнителя (г/сут.); Q – среднесуточный расход воды в реке (м³/с); Ci – концентрация загрязняющих веществ (нг/л); n – фактор преобразования.

Наиболее неопределенным является принятие в расчетной формуле параметра фактора преобразования (деградации), или убыли из раствора. Как показывает практика, включение такой «константы» в уравнение турбулентной диффузии (даже для минеральных ионов и молекулярных соединений) приводит к грубым ошибкам. В первую очередь по отношению к полиаренам этот фактор должен быть связан с различной растворимостью исследуемого пула ПАУ, а также с величиной изменчивости расхода реки. Многими исследованиями зафиксировано снижение концентраций некоторых ПАУ в зимнее время, когда реки питаются более чистыми подземными водами. Высокие концентрации связываются со смывом загрязнителей с поверхности водосбора в период прохождения половодий и паводков.

Для реализации такого подхода сезонная динамика концентраций углеводородов в донных отложениях в приустьевой зоне рек требует детального и многолетнего изучения. Так, по результатам анализов, проведенных в паводковый период, в апреле 2016 и 2017 гг., совместно со специалистами НИС Казахстана «Амангалиев Дуйсекеш», были выявлены происхождение и трансформация углеводородов на геохимическом барьере (маргинальном фильтре, по А.П. Лисицину) «р. Урал – Каспийское море» в системе «взвесь поверхностных вод – донные отложения» (табл. 2 и 3). Исследование показало повышенное содержание нефтепродуктов в донных осадках [19].

Таблица 2

Средние концентрации некоторых параметров в поверхностных водах в разные годы [19]

Год	Кол-во проб	Взвесь, мг/л		Углеводороды, мкг/л		Углеводороды, мкг/мг взвеси	
		Интервал Средняя	σ	Интервал Средняя	σ	Интервал Средняя	σ
2016	11	<u>33.5–77.6</u> 57,11	15,2	<u>249.2–313.3</u> 279,8	20,0	<u>1.59–8.82</u> 4,96	1,92
2017	19	<u>4.9–74.1</u> 32,22	21,5	<u>92.6–311.5</u> 197,52	63,8	<u>1.48–24.9</u> 6,13	7,32

Table 2

The average concentrations of some parameters in surface waters in different years [19]

Year	Number of samples	Suspension, mg/l		Hydrocarbons, mkg/l		Hydrocarbons, mkg/l suspension	
		Interval Average	σ	Interval Average	σ	Interval Average	σ
2016	11	<u>33.5–77.6</u> 57.11	15.2	<u>249.2–313.3</u> 279.8	20.0	<u>1.59–8.82</u> 4.96	1.92
2017	19	<u>4.9–74.1</u> 32.22	21.5	<u>92.6–311.5</u> 197.52	63.8	<u>1.48–24.9</u> 6.13	7.32

Таблица 3

Содержание органических соединений в поверхностном слое донных осадков в разные годы [19]

Год	Кол-во проб	С _{орг} , %		Углеводороды, мкг/г		Влажность, %	
		Интервал Средняя	σ	Интервал Средняя	σ	Интервал Средняя	σ
2016	10	<u>0.175–0.455</u> 0,279	0,089	<u>3.3–13.6</u> 7,8	3,9	<u>24.7–36.4</u> 30,8	4,0
2017	13	<u>0.034–0.297</u> 0,181	0,074	<u>9.5–23.7</u> 14,6	3,7	<u>16.7–37.3</u> 30,4	6,3

Table 3

**The content of organic compounds in the surface layer of bottom sediments
in different years [19]**

Year	Number of samples	C _{org} , %		Hydrocarbons, mkg/g		Humidity, %	
		Interval Average	σ	Interval Average	σ	Interval Average	σ
2016	10	0.175–0.455 0.279	0.089	3.3–13.6 7.8	3.9	24.7–36.4 30.8	4.0
2017	13	0.034–0.297 0.181	0.074	9.5–23.7 14.6	3.7	16.7–37.3 30.4	6.3

Стоит указать, что паводковые процессы, зависящие от сезона и времени года, крайне необходимы в постановке вопроса миграционных и аккумулятивных особенностей валовых концентраций углеводородов и ПАУ ввиду роста концентрации данных загрязняющих веществ в речном стоке вод [20].

Микробная биодegradация ПАУ в самоочищении аквасистем

В изучении миграционной активности и аккумуляции ПАУ в Каспийском море необходимо также обратить внимание на микробную биодegradацию ПАУ и способности самоочищения водной среды. Ключевую роль в самоочищении окружающей среды от нефтяного загрязнения играют биохимические процессы, протекающие с участием микроорганизмов. По данным [21], самые важные роды бактерий, разлагающих углеводороды, включают *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhodococcus* и многие другие, не поддающиеся культивированию, бактериальные клоны. Среди грибов *Aspergillus*, *Candida*, *Penicillium*, *Trichoderma* и другие роды разлагают углеводороды, часто выделяемые из почвы. Гифообразные структуры и увеличенная площадь поверхности грибов способствуют лучшему проникновению и контакту с ПАУ и АУВ.

Специфические микробиологические виды – деструкторы ПАУ *Flavobacterium*, *Sphingomonas*, *Burkholderia* and *Acinetobacter* имеют способность разрушать большое число ПАУ, включающих нафталин, аценафталин, флуорин, фенатрен, антрацен, флуорантен, пирен, хризен, бензо[а]нтрацен, дибенз[а]нтрацен и индено[1,2,3-сd]пирен. Более того, такие виды бактерий – разрушителей ПАУ, как *Staphylococcus* и *Rhizobium*, *Xanthomonas* были обнаружены в донных отложениях участков речных эстуариев и морских вод. Результаты исследований также указывают на то, что бактерии, связанные с дegradацией ПАУ, являются адаптированными к различным водным средам [22].

Активность бактериального разрушения ПАУ варьирует между экологическими нишами [23]. Например, бактерии, принадлежащие к роду *Pseudomonas*, были отмечены как наиболее разрушающие ПАУ в холодных экологических средах [24], а *Acinetobacter* оказался более распространенным родом в почвах с высоким содержанием углеводородов [25].

Подводя итог вышесказанному, отметим необходимость мониторинга динамики процессов биодegradации и микробиологической деструкции основных видов ПАУ в условиях морских акваторий с целью создания картины степени самоочищения аквасистем данного региона.

Заключение

Анализ проведенных исследований Северо-Восточного Каспия показал, что остается открытым вопрос миграционных переходов наиболее токсичных видов ПАУ в условиях, сопутствующих добыче и транспортировке углеводородного сырья, не решены проблемы оценки рисков нефтяных разливов и состояния биоты. Также немаловажным аспектом являются особенности физико-химического состояния ПАУ, динамики взаимодействия с донными отложениями, естественной деструкции в водной среде.

Состав потока ПАУ в донные отложения существенно отличается от их комбинации в растворенной форме. Это подтверждает потенциальную способность к фракционированию комплекса ПАУ на взвесьях как органогенного, так и механического состава. Доминирующая роль в этом потоке принадлежит нафталину, бензапирену, флуорантену и хризену. По данным [26], это преимущественно техногенные ПАУ. При благоприятных гидродинамических и физико-химических обстановках они активно переводятся в депонирующую среду с последующим накоплением.

Главным фактором миграционного поведения основных видов ПАУ в условиях быстро изменяющейся среды Каспийского моря служит возрастание процессов нефтедобычи, что позволяет сделать вывод о необходимости комплексного и глубокого подхода к изучению данной проблематики, выработке методик для ликвидации возможных последствий нефтяного загрязнения и отслеживанию динамики последующих изменений в природной среде описываемого региона.

Необходимо проведение мониторинга динамики биодegradации и микробиологической деструкции основных видов ПАУ в условиях морской акватории с целью создания модели самоочищения аквасистем региона. Считается, что токсичность ПАУ в водной среде снижается примерно наполовину за 5–10 лет. Микробная деградация составляет несколько месяцев, превращая ПАУ под действием ферментов во фрагменты, менее опасные для биоты [27]. Это определяет временные рамки для моделирования процессов самоочищения морской среды.

Подчеркнем важность выработки новых подходов в описании проблемы экологического состояния акваторий, в том числе создания методов оценки и прогноза состояния биоты, применения различных геохимических маркеров для установления источников загрязнения окружающей среды нефтяными углеводородами в акватории Северо-Восточного Каспия. Многогранность и многокомпонентность углеводородного загрязнения обуславливает необходимость детального анализа этой проблемы и отхода от практики оценок «валового загрязнения».

Список литературы

- [1] Гершанович Д.Е., Грундульс З.С. Взвешенные вещества в водах Северного Каспия // Труды ВНИРО. 1969. Т. 65. С. 57–84.
- [2] Абуталиева И.Р. Нефтегазоность и основные источники углеводородного загрязнения Северного Каспия // Вестник АГТУ. 2005. № 6 (29). С. 158–162.
- [3] Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна / отв. ред. В.Ф. Бреховских, Е.В. Островская. Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2017. 408 с.

- [4] *Немировская И.А., Островская Е.В.* Происхождение углеводородов в водах и осадках // Система Каспийского моря. М.: Научный мир, 2016. 480 с.
- [5] *Немировская И.А.* Нефть в океане (загрязнение и природные потоки). М.: Научный мир, 2013. 432 с.
- [6] *Stark J.S. et al.* The effects of hydrocarbons on meiofauna in marine sediments in Antarctica // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2017. Vol. 496. Pp. 56–73.
- [7] *Немировская И.А., Хаустов А.П., Редина М.М.* Геохимические барьеры в маргинальном фильтре Северной Двины // *Известия РАН. Серия географическая*. 2018. № 6. С. 49–56.
- [8] *Хаустов А.П., Редина М.М.* Охрана окружающей среды при добыче нефти. М.: Дело, 2006.
- [9] *Баекенова М.К.* Исследование состояния окружающей среды прибрежной территории Каспийского моря в пределах Атырауской области // *Гидрометеорология и экология*. 2009. № 4. С. 1–9.
- [10] *Сарсенов А.М.* Пути решения проблем загрязнения северо-востока бассейна Каспийского моря бромом и хромом // *Геология, география и глобальная энергия*. 2010. Т. 37. № 2. С. 155–159.
- [11] *Кенжегалиев А., Сарсенов К.К., Кенжегалиева Д.А.* Состояние фитопланктона на структуре Жамбай // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2015. № 1. С. 19–22.
- [12] *Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А.* Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 275 с.
- [13] *Sakari M.* Depositional History of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Reconstruction of Petroleum Pollution: Record in Peninsular Malaysia // *Organic Pollutants Ten Years After The Stockholm Convention – Environmental and Analytical Update* / ed. by T. Puzyn, A. Mostrag-Szlichtyng. Croatia: InTech, 2011.
- [14] *Jones D.M., Rowland S.J., Douglas A.G., Howells S.* An examination of the fate of Nigerian crude oil in surface sediments of the Humber Estuary by gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry // *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 1986. Vol. 24. Pp. 227–247.
- [15] *Темердашев З.А.* О некоторых методических аспектах оценки нефтяного загрязнения водных объектов с учетом деградации нефтепродуктов во времени // *Аналитика и контроль*. 2016. Т. 20. № 3. С. 225–235.
- [16] *Tolosa I. et al.* Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments // *Marine Pollution Bulletin*. 2004. Vol. 48. Pp. 44–60.
- [17] *Опекунов А.Ю.* Экологическая седиментология: учебное пособие. СПб.: Изд-во С.-Петерб. гос. ун-та, 2012. 224 с.
- [18] *Fung-Chi Ko, Joel E. Baker.* Seasonal and annual levels of organic contaminants from the Susquehanna River basin to the Chesapeake Bay // *Marine Pollution Bulletin*. 2004. Vol. 48. Pp. 840–851.
- [19] *Немировская И.А., Коновалов Б.В.* Концентрации и состав углеводородов в приустьевой зоне р. Урал во время половодья // *Водные ресурсы*. 2019. Т. 46. № 3. С. 303–307.
- [20] *Немировская И.А., Островская Е.В., Попова Н.В.* Загрязнение углеводородами Волжского бассейна и мелководной части Северного Каспия // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2017. № 5. С. 34–38.
- [21] *Галицкая И.В., Путилина В.С., Юганова Т.И.* Процессы биохимической деградации нефтяных углеводородов в зоне аэрации и подземных водах // *Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. 2018. № 3. С. 43–55.
- [22] *Ke Yuan et al.* Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) enrich their human-impacted aquatic environments // *Environmental Pollution*. 2017. Vol. 230. Pp. 936–944.
- [23] *Yang S., Wen X., Shi Y., Liebner S., Jin H., Perfumo A.* Hydrocarbon degraders establish at the costs of microbial richness, abundance and keystone taxa after crude oil contamination in permafrost environments // *Scientific Reports*. 2016. Vol. 6. Article number: 37473.

- [24] Ma Y., Wang L., Shao Z. Pseudomonas, the dominant polycyclic aromatic hydrocarbon-degrading bacteria isolated from Antarctic soils and the role of large plasmids in horizontal gene transfer // *Environ. Microbiol.* 2006. Vol. 8. Pp. 455–465.
- [25] De la Cueva S.C., Rodriguez C.H., Cruz N.O.S., Contreras J.A.R., Miranda J.L. Changes in bacterial populations during bioremediation of soil contaminated with petroleum hydrocarbons // *Water Air Soil Pollut.* 2016. P. 227.
- [26] Khaustov A.P., Redina M.M. Indicator Ratios of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons for Geoenvironmental Studies of Natural and Technogenic Objects // *Water Resources.* 2017. Vol. 44. No. 7. Pp. 903–913.
- [27] Жилин А.Ю., Бондарь А.М., Драганов Д.М. Алифатические и полициклические ароматические углеводороды в донных отложениях Баренцева моря на разрезе «Кольский меридиан» // *Труды Кольского научного центра РАН.* 2016. № 2–3 (36). С. 264–271.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 21.06.2019

Дата принятия к печати: 27.06.2019

Для цитирования:

Хаустов А.П., Кенжин Ж.Д. Проблемы изучения полициклических ароматических углеводородов в водах Северо-Восточного Каспия // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2019. Т. 27. № 2. С. 105–116. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-2-105-116>

Сведения об авторах:

Хаустов Александр Петрович – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры прикладной экологии, экологический факультет, Российский университет дружбы народов. Контактная информация: e-mail: akhaustov@yandex.ru

Кенжин Жандос Даутович – аспирант кафедры прикладной экологии, экологический факультет, Российский университет дружбы народов. ORCID iD: 0000-0001-9655-8049. Контактная информация: e-mail: jandos-k@yandex.ru

Research article

Problems of polycyclic aromatic hydrocarbons studying in the waters of North-Eastern Caspian Sea

Alexander P. Khaustov, Zhandos D. Kenzhin

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

Abstract. The problems of studying the negative factors of oil and gas activity in the waters of the North-Eastern Caspian Sea are presented. Despite the active anthropogenic activity, the specificity of hydrocarbon pollution in this part of the water area is poorly understood. The approaches to the analysis of the qualitative composition and identification of sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) pollution based on the indicator ratios of kinetic and thermodynamic isomers are presented. These approaches make it possible to identify the source of pollution, but a full assessment requires taking into account the seasonal dynamics of the sta-

tus of aquatic systems. Estimates of the migration features of PAHs and their definitions in the aqueous phase are given. The problems of transition and the study of polyarenes to bottom sediments are assessed. The issues of the degradation of PAH and oil products in the aquatic systems of the region are considered, recommendations are given to improve the development of the research base of the reviewed topics.

Keywords: water area; bottom sediments; oil pollution; migration; polycyclic aromatic hydrocarbons; biota

References

- [1] Gershanovich DE, Grunduls ZS. Suspended substances in the waters of the Northern Caspian. *Proceedings of VNIRO*. 1969;65: 57–84.
- [2] Abutaliev IR. Oil and gas presence and the main sources of hydrocarbon pollution in the Northern Caspian. *ASTU Bulletin*. 2005;6(29): 158–162.
- [3] Brekhovskikh VF, Ostrovskaya EV. (eds.) Pollutants in the waters of the Volga-Caspian basin. Astrakhan: Sorokin Roman Vasilyevich Publ.; 2017.
- [4] Nemirovskaya IA, Ostrovskaya EV. *The Origin of Hydrocarbons in Waters and Precipitation. The System of the Caspian Sea*. Moscow: Nauchniy Mir Publ.; 2016. (In Russ.)
- [5] Nemirovskaya IA. *Oil in the ocean (pollution and natural flows)*. Moscow: Nauchniy Mir Publ.; 2013. (In Russ.)
- [6] Stark JS et al. The effects of hydrocarbons on meiofauna in Antarctica. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2017;496: 56–73.
- [7] Khaustov AP, Redina MM, Nemirovskaya IA. Geochemical barriers in the marginal filter of the Northern Dvina. *Izvestia RAN. Geographical series*. 2018;(6): 49–56.
- [8] Khaustov AP, Redina MM. *Environmental protection in oil production*. Moscow: Delo Publ.; 2006.
- [9] Baeknova MK. Study of the environmental status of the coastal territory of the Caspian Sea within the Atyrau region. *Hydrometeorology and ecology*. 2009;(4): 1–9.
- [10] Sarsenov AM. Ways of solving the problems of pollution of the northeast basin of the Caspian Sea with bromine and chromium. *Geology, geography and global energy*. 2010;37(2): 155–159.
- [11] Kenzhegaliev A, Sarsenov KK, Kenzhegalieva DA. Phytoplankton state on the structure of Zhambay. *Environmental protection in the oil and gas complex*. 2015;(1): 19–22.
- [12] Rovinsky FYa, Teplitskaya TA, Alekseeva TA. *Background monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons*. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ.; 1988. (In Russ.)
- [13] Sakari M. Depositional History of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Reconstruction of Petroleum Pollution: Record in Peninsular Malaysia. In: Puzyn T, Mostrag-Szlichtyng A. *Organic Pollutants Ten Years After The Stockholm Convention – Environmental and Analytical Update*. Croatia: InTech; 2011.
- [14] Jones DM, Rowland SJ, Douglas AG, Howells S. An examination of the fate of Nigerian crude oil in surface sediments of the Humber Estuary by gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 1986;24: 227–247.
- [15] Temerdashev ZA. On some methodological aspects of the assessment of oil pollution of water bodies, taking into account the degradation of oil products over time. *Analyt-ics and Control*. 2016;20(3): 225–235.
- [16] Tolosa I et al. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments. *Marine Pollution Bulletin*. 2004;48: 44–60.
- [17] Opekunov AYu. *Ecological sedimentology*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University Publ.; 2012.

- [18] Fung-Chi Ko, Baker JE. Seasonal and annual levels of organic contaminants from the Susquehanna River basin to the Chesapeake Bay. *Marine Pollution Bulletin*. 2004;48: 840–851.
- [19] Nemirovskaya IA, Konovalov BV. Concentrations and composition of hydrocarbons in the delta zone of the Ural River during the flood. *Vodnye Resursy*. 2019;46(3): 303–307. (In Russ.)
- [20] Nemirovskaya IA, Ostrovskaya EV, Popova NV. Pollution by Hydrocarbons of the Volga Basin and the Shallow Water of the Northern Caspian. *Environmental Protection in the Oil and Gas Complex*. 2017;(5): 34–38.
- [21] Galitskaya IV, Putilina VS, Yuganova TI. The processes of biochemical degradation of petroleum hydrocarbons in the aeration zone and groundwater. *Geoecology, engineering geology, hydrogeology, geocryology*. 2018;(3): 43–55.
- [22] Ke Yuan et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) enrich their human-impacted aquatic environments. *Environmental Pollution*. 2017;230: 936–944.
- [23] Yang S, Wen X, Shi Y, Liebner S, Jin H, Perfumo A. Hydrocarbon degraders establish at the costs of microbial richness, abundance and keystone taxa after crude oil contamination in permafrost environments. *Scientific Reports*. 2016;6. Article number: 37473.
- [24] Ma Y, Wang L, Shao Z. Pseudomonas, the dominant polycyclic aromatic hydrocarbon-degrading bacteria isolated from Antarctic soils and the role of large plasmids in horizontal gene transfer. *Environ. Microbiol*. 2006;8: 455–465.
- [25] De la Cueva SC, Rodriguez CH, Cruz NOS, Contreras JAR, Miranda JL. Changes in bacterial populations during bioremediation of soil contaminated with petroleum hydrocarbons. *Water Air Soil Pollut*. 2016. p. 227.
- [26] Khaustov AP, Redina MM. Indicator Ratios of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons for Geoenvironmental Studies of Natural and Technogenic Objects. *Water Resources*. 2017;44(7): 903–913.
- [27] Zhilin AY, Bondar AM, Draganov DM. Aliphatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the bottom sediments of the Barents Sea in the “Kolsk Meridian” section. *Proceedings of the Kolsk Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2016;2–3(36): 26.

Article history:

Received: 21.06.2019

Revised: 27.06.2019

For citation:

Khaustov AP, Kenzhin ZhD. Problems of polycyclic aromatic hydrocarbons studying in the waters of North-Eastern Caspian Sea. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(2): 105–116. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-2-105-116>

Bio notes:

Alexander P. Khaustov – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the Department of Applied Ecology, Ecological Faculty, Peoples’ Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information:* e-mail: akhaustov@yandex.ru

Zhandos D. Kenzhin – post-graduate student of the Department of Applied Ecology, Ecological Faculty, Peoples’ Friendship University of Russia (RUDN University). ORCID iD: 0000-0001-9655-8049. *Contact information:* e-mail: jandos-k@yandex.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-2-117-127
УДК 502.52(470.44)

Научная статья

Оценка рекреационного использования особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области

Ю.М. Андриянова, И.В. Сергеева, Ю.М. Мохонько, Н.Н. Гусакова

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова
Российская Федерация, 410012, Саратов, Театральная пл., 1

Впервые изучено влияние рекреации как комплекса мероприятий восстановления здоровья и отдыха на основные компоненты лесных фитоценозов особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области, продолжительное время интенсивно используемых для туризма. Определена интенсивность и активность посещений рекреантами охраняемых территорий, исследована рекреационная емкость территориальных объектов, выявлена степень дигрессии лесных ландшафтов на особо охраняемых природных территориях. Выводы позволяют прогнозировать будущее состояние природных ресурсов Саратовской области и могут быть учтены при оценке их оптимального использования.

Ключевые слова: рекреация; рекреационная емкость; экосистема; рекреант; особо охраняемые природные территории; памятник природы

Введение

В настоящее время уделяется огромное внимание проблемам организации рекреационного природопользования на охраняемых природных территориях.

Современные исследования показывают, что рекреационная деятельность является одним из главных факторов трансформации природных ландшафтов, влияние этого фактора растет в геометрической прогрессии, в результате увеличения плотности рекреантов на территории природных ландшафтов [3, 4, 11, 15].

Возникает проблема оптимизации рекреационных нагрузок на природные объекты. С целью решения данной проблемы необходимо установить и научно обосновать нормативы рекреационного воздействия экологической нагрузки на природные комплексы.

Определение закономерностей рекреационной деятельности, распределения потоков рекреантов, а также зон распределения рекреантов на определенной территории позволяет предвидеть увеличение нагрузок на географические ландшафты, а значит и предотвращать их [5; 7; 9].

© Андриянова Ю.М., Сергеева И.В., Мохонько Ю.М., Гусакова Н.Н., 2019



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

О структуре, современном состоянии географических ландшафтов, их использовании в целях туризма и отдыха дают достоверное представление результаты комплексной рекреационной оценки. При проведении оценки рационального использования природных ресурсов полученные заключения позволяют прогнозировать их будущее состояние.

Таким образом, цель настоящего исследования – оценка рекреационного использования особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области.

Материалы и методы исследования

Оценка рекреационной устойчивости особо охраняемых природных территорий осуществлялась в 2016–2018 годах в Татищевском районе Саратовской области. Татищевский район – это один из наиболее живописных и рекреационно значимых районов Саратовской области.

Исследования проводились на территории трех памятников природы: Дендрарий Вязовского учебно-опытного лесхоза Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова, Вязовская вековая дубрава, Вязовский черноольшатник. Данные особо охраняемые природные территории выбраны в качестве объектов исследований, поскольку расположены вблизи населенного пункта и в непосредственной близости друг от друга, а также подвергаются частым и продолжительным рекреационным нагрузкам.

Вязовская вековая дубрава является памятником природы регионального значения ботанического профиля (общая площадь 4,54 га). В древостое наблюдаются старовозрастные дубы (коренного байрачного семенного дуба черешчатого (*Quercus robur* L.)), вяз шершавый (*Ulmus glabra* Huds.), осина обыкновенная (*Populus tremula* L.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.). Травяной ярус представлен разнотравьем с участием рудеральных видов. Ценность памятника природы обусловлена его уникальными ксилологическими свойствами. Охране подлежат более 100 экземпляров векового дуба. Вековая дубрава имеет рекреационное, водоохранное, образовательно-воспитательное и научное значение.

Вязовский черноольшатник является памятником природы регионального значения ботанического профиля (общая площадь 16,80 га). Памятник природы создан для сохранения естественной лесной экосистемы, представленной экземплярами ольхи клейкой (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). На территории памятника природы наблюдаются разные типы ольшатников: с черемухой обыкновенной (*Prunus padus* L.), смородиной черной (*Ribes nigrum* L.), ивой разных видов (*Salix* L.), таволгой вязолистной (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), снытью обыкновенной (*Aegopodium podagraria* L.), крапивой двудомной (*Urtica dioica* L.), хвощем полевым (*Equisetum arvense* L.), недотрогой обыкновенной (*Impatiens noli-tangere* L.) и др. Особенно ценен черноольшатник страусниковый. Также встречаются экземпляры отдельно стоящего дуба черешчатого (*Quercus robur* L.). Ветреница лютичная (*Anemone ranunculoides* L.), хохлатка Галлера (*Corydalis solida* (L.) Clairv.), будра плющевидная (*Glechoma hederacea* L.) довольно обильны в травяном ярусе, рассеянно встречается чистяк весенний (*Ficaria verna* Huds.), единично – медуни-

ца неясная (*Pulmonaria obscura* Dumort.). Изредка по склонам встречаются участки с кочедыжником женским (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth ex Mert.). Виды папоротников, встречающиеся в черноольшатнике, занесены в Красную книгу Саратовской области.

Дендрарий Вязовского учебно-опытного лесхоза Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова является памятником природы регионального значения ботанического профиля (общая площадь 3,70 га). Дендрарий окружают естественные дубравы и черноольховые насаждения в надпойменной террасе речки Вязовка. Особый интерес вызывают хвойные интродуценты: тис ягодный (*Taxus baccata* L.), тсуга канадская (*Tsuga canadensis* (L.) Carrière), псевдотсуга Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), кипарисовик горохоплодный (*Chamaecyparis pisifera* (Siebold & Zucc.) Endl.), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.), сосна Веймутова (*Pinus strobus* L.). Плодоносящие насаждения кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) являются уникальными для степной зоны. Хмелеграб обыкновенный (*Ostrya carpinifolia* Scop.) представляет особую ценность из произрастающих представителей лиственных растений.

Учет комплексного числового показателя, отображающего количество посещений рекреантами территорий памятников природы, проводился на основных входах, определенных по материалам предварительного обследования, при этом устанавливали коэффициент сменности пребывания рекреантов на объекте исследований [15]. При проведении оценки рекреационной устойчивости ландшафтов особо охраняемых природных территорий были использованы следующие методики: определения интенсивности и активности посещения рекреационной территории по А.И. Тарасову [14], определения мощности, давления и агрессивности по А.И. Тарасову [14], расчета рекреационной емкости территории по С.Л. Рысину [12], а также метод определения стадии дигрессии природного комплекса по Н.С. Казанской [10] и трамплеометрический метод определения рекреационной нагрузки по А.С. Сорокину [13].

Результаты и обсуждение

Важное место среди результативных способов предотвращения потенциально негативных последствий рекреационного воздействия занимает распределение рекреантов по территории в соответствии с уровнями допустимых для данного географического ландшафта рекреационных нагрузок. Строго определенное число рекреантов имеет возможность находиться на территории каждого отдельного ландшафта, превышение их количества будет сопровождаться деградацией природных комплексов. Сохранить и обеспечить использование природных ландшафтов в качестве рекреационных ресурсов в течение длительного времени возможно при оптимальных нагрузках на эти территории [6].

Расчет показателей интенсивности и активности посещения рекреантами памятников природы показал, что:

– показатель суммарного времени посещения Вязовской вековой дубравы средний и находится на уровне нормы, что обусловлено средним временем пребывания рекреантов на его территории; следовательно, социально-эколо-

гическая связь между интенсивностью и активностью посещений находится на среднем уровне (рис. 1);

– показатель суммарного времени посещения Вязовского черноольшатника низкий; соответственно, показатели интенсивности и активности посещения территории рекреантами снижаются;

– показатель суммарного времени посещения Дендрария Вязовского лесхоза – средний (рис. 1).

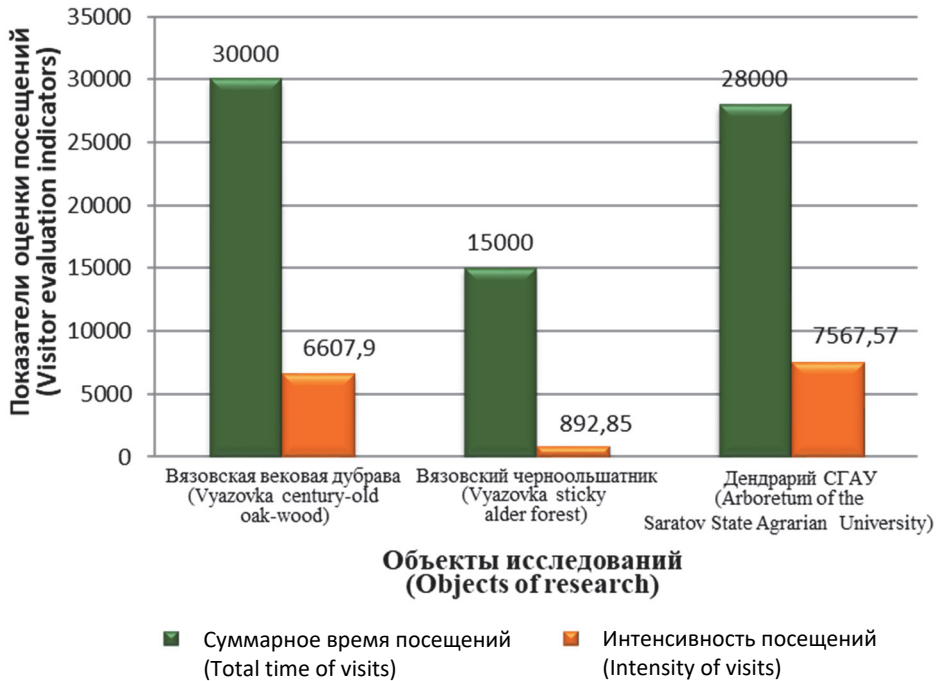


Рис. 1. Показатели суммарного времени и интенсивности посещения рекреантами объектов исследований [Figure. 1. Indicators of the total time and intensity of visits of the research objects]

В ходе наших исследований установлено, что мощность воздействия на памятники природы «Вязовская вековая дубрава» и «Дендрарий Вязовского лесхоза» достаточно высокая. В первом случае это определяется длительным пребыванием рекреантов на территории памятника природы ввиду наличия развитой инфраструктуры, во втором случае прослеживается связь лишь с периодическим пребыванием рекреантов на территории памятника природы в научных целях. Показатели рекреационного давления и агрессивности рекреантов на исследуемых территориях высокие и зависят от показателя мощности воздействия рекреантов [1; 2].

Вязовский черноольшатник подвергается низкой мощности воздействия рекреации, рекреационному давлению и агрессивности рекреантов ввиду отсутствия инфраструктуры и наличия болотистой местности.

С.Л. Рысиным разработана методика оценки рекреационного воздействия на лесные биоценозы, которая обобщает наиболее важные показатели устойчивости ландшафтов и находящихся на них насаждений в условиях рекреационного воздействия [12].

Коэффициента рекреационного потенциала памятников природы составляет: 0,73 – для Вязовской вековой дубравы, 0,76 – для Вязовского черноольшатника, 0,65 – для Дендрария Вязовского лесхоза, что соответствует высокому качеству насаждений на данных особо охраняемых природных территориях.

Оценка рекреационной емкости Вязовской вековой дубравы показала, что данная территория может вместить 66 рекреантов одновременно, что не вызовет деградации биогеоценозов, а рекреанты не будут испытывать дискомфорт. Пребывание рекреантов на территории памятника природы составляет 14 чел./га, что не превышает допустимую рекреационную нагрузку на данную территорию и, как следствие, не приводит к деградации лесных экосистем (рис. 2).

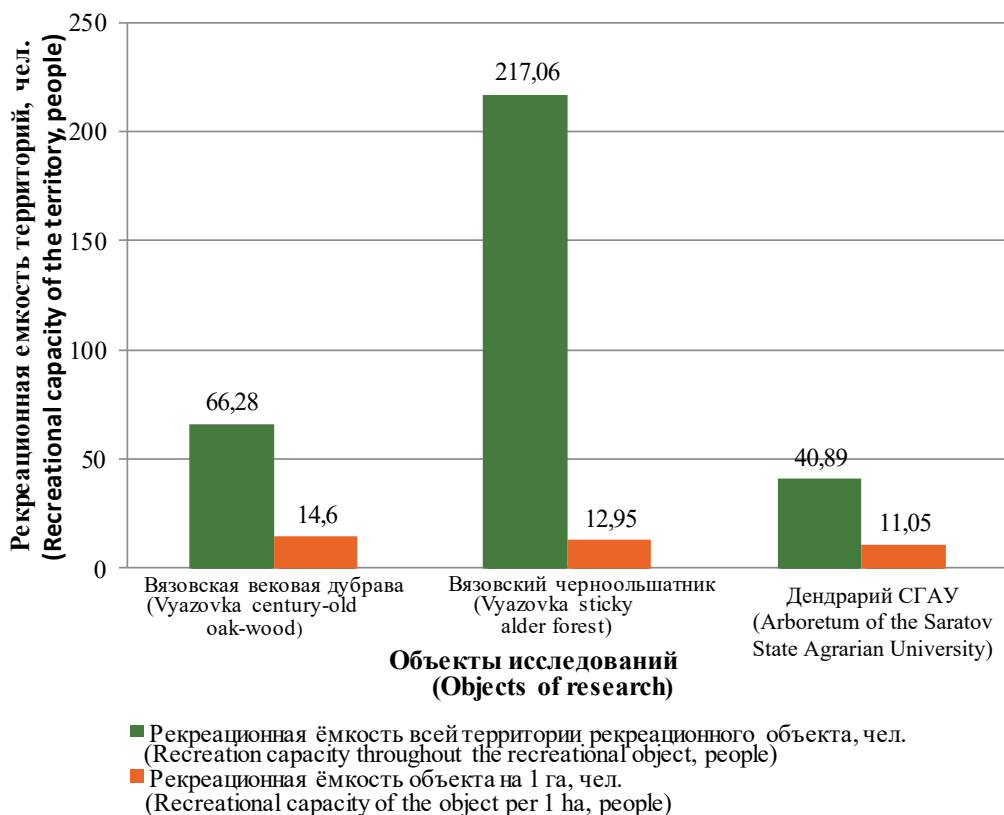


Рис. 2. Рекреационная емкость объектов исследований
 [Figure 2. Recreational capacity of research objects]

Рекреационная емкость Вязовского черноольшатника составляет 217 человек, что обусловлено обширной площадью объекта рекреации. На 1 га рекреационной территории памятника природы одновременно, не нарушая лесные экосистемы, могут находиться 13 человек.

Оценка рекреационной емкости Дендрария вязовского лесхоза показывает, что данный объект рекреации может вместить 40 рекреантов одновременно. Пребывание рекреантов на территории памятника природы составляет 11 чел./га, это не превышает допустимую рекреационную нагрузку на данную территорию и не вызывает деградацию лесных экосистем.

Установлено, что в рекреационных целях наиболее интенсивно используется рекреантами Вязовская вековая дубрава. Вязовский черноольшатник и Дендрарий Вязовского лесхоза менее интенсивно используются рекреантами в связи с ограниченными территориальными возможностями.

В процессе рекреационной деятельности антропогенной нагрузке подвергаются все компоненты лесных экосистем, в связи с чем в основу метода определения стадий дигрессии ландшафтов должна быть положена верификационная характеристика данных по различным этапам деградации идентичных типов географических ландшафтов [14].

Этапы деградации оцениваются с помощью следующих показателей: состояние и количество подроста и подлеска, наличие или отсутствие механических повреждений деревьев, характер и мощность лесной подстилки; доля территории, которая занята различными тропами; полнота насаждений в лесных экосистемах, сокращение их радиального прироста; соотношение различных сообществ в составе травянистой растительности и др. Между третьей и четвертой стадиями дигрессии проходит граница устойчивости природного комплекса. Следовательно, третья стадия дигрессии принимается за предельно допустимую нагрузку. На четвертой стадии начинаются необратимые изменения в природном комплексе, а на пятой стадии дигрессии уже наблюдается угроза гибели лесных насаждений [8].

В ходе наших исследований было установлено, что у Вязовского черноольшатника (как участка с минимальной нагрузкой) наблюдается первый этап рекреационной деградации (не значительно нарушен травяной покров, подлесок и подрост находятся в жизнеспособном состоянии, в древостое биоценоза преобладают деревья отличного и хорошего состояния, проективное покрытие травостоя из лесных видов составляет 25 %, мхов – 35 %). Следов рекреационной нагрузки на данной территории не обнаружено, в связи с чем корректировка рекреационного использования объекта не требуется.

У Вязовской вековой дубравы и Дендрария Вязовского лесхоза прослеживается вторая стадия дигрессии. На территориях данных памятников природы наблюдается преобладание сорных растений над лесными, присутствует низкая степень вытаптывания подстилки, верхний слой почвы обнажен на 5 %, в подросте и подлеске поврежденные и усыхающие деревья составляют около 15 %. На территориях данных памятников природы возможно лишь незначительное увеличение дорожно-тропочной сети.

Основными причинами деградации компонентов природной среды рекреационных территорий являются их активная и чрезмерная посещаемость.

Расчеты фактической нагрузки на объекты рекреации показали, что в Вязовской вековой дубраве число погнутых проволочек составило 50 шт. – это соответствует рекреационной нагрузке в 10 чел./га; в Дендрарии Вязовского лесхоза число погнутых проволочек – 25 шт. – то есть рекреационная нагрузка составляет 6 чел./га. Самое наименьшее число погнутых проволочек было отмечено в Вязовском черноольшатнике – 8 шт., что свидетельствует о низкой рекреационной нагрузке – 2 чел./га.

Установлено, что величины фактических рекреационных нагрузок на территории памятников природы в целом не превышают допустимых зна-

чений, что предоставляет вероятную возможность их использования как рекреационных ресурсов.

Наряду с фактической рекреационной нагрузкой рассчитывается ожидаемая нагрузка для прогноза норм антропогенных рекреационных нагрузок на природу.

Установлено, что ожидаемая рекреационная нагрузка на Вязовскую вековую дубраву составляет 48,61 чел./га, на Вязовский черноольшатник – 13,14 чел./га, на Дендрарий Вязовского лесхоза – 59,65 чел./га.

При определении ожидаемой рекреационной нагрузки на памятники природы выявлено, что в случае с Вязовской вековой дубравой и Дендрарием Вязовского лесхоза ожидаемая нагрузка в 3–6 раз превышает фактическую и допустимую рекреационные нагрузки. На Вязовский черноольшатник ожидаемая нагрузка не превышает фактическую и допустимую нагрузки ввиду обширной площади объекта рекреации [1; 2].

Заключение

В ходе исследований по оценке рекреационной устойчивости ландшафтов особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области установлено, что Вязовская вековая дубрава и Дендрарий Вязовского лесхоза являются самими посещаемыми территориями, так как имеют развитую инфраструктуру рекреационного характера. В связи с отсутствием инфраструктуры и болотистой местностью в границах Вязовского черноольшатника показатели интенсивности и активности посещения этой территории являются низкими.

Мощность рекреационного воздействия на Вязовскую вековую дубраву и Дендрарий Вязовского лесхоза высокая. Это определяется длительным пребыванием рекреантов на их территории ввиду наличия развитой инфраструктуры или использования в научных целях. Вязовский черноольшатник подвергается самой низкой мощности воздействия рекреации, рекреационному давлению и агрессивности рекреантов из исследуемых территорий рекреации.

В целом оценка показателей выявила, что на объектах исследований рекреационная емкость территорий не превышает допустимые нагрузки.

Анализ стадий рекреационной дигрессии исследуемых лесных ландшафтов памятников природы позволил заключить следующее: первая стадия рекреационной дигрессии наблюдается у Вязовского черноольшатника, второй стадии дигрессии – у Вязовской вековой дубравы и Дендрария Вязовского лесхоза. На данных объектах рекреации требуется незначительное регулирование рекреационного использования путем увеличения дорожно-тропочной сети.

Установлено, что величины фактических рекреационных нагрузок на изучаемые особо охраняемые природные территории в целом не превышали разрешенных значений, что обеспечивает возможность их дальнейшего использования как рекреационных природных ресурсов. Несмотря на доступность объектов в качестве рекреации, памятники природы не подвергаются рекреационной нагрузке, выходящей за пределы допустимой.

Список литературы

- [1] *Андрянова Ю.М., Сергеева И.В., Мохонько Ю.М., Гришина А.А., Носкова Ю.С.* Оценка рекреационной устойчивости ландшафтов особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов: материалы Междун. науч. конф. Киров: ВятГУ, 2019. С. 281–285.
- [2] *Андрянова Ю.М., Сергеева И.В., Мохонько Ю.М., Федюкина В.А., Демисова А.М.* Оценка эколого-рекреационного потенциала особо охраняемых природных территорий Саратовской области // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сб. науч. тр. XX Междун. науч.-практ. конф. Москва: РУДН, 2019. С. 34–42.
- [3] *Арестова И.Ю.* К вопросу рекреационной устойчивости заказников Карельского перешейка // Наука вчера, сегодня, завтра. Новосибирск: СибАК, 2016. С. 26–31.
- [4] *Бармин А.Н., Шуваев Н.С., Комаров А.И.* Анализ методов оценки рекреационного воздействия на биогеоценозы // Геология, география и глобальная энергия. 2012. № 2. С. 241–247.
- [5] *Войтюк М.М.* Оптимизация лесопользования в рекреационных зонах сельского туризма // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2016. № 5. С. 110–115.
- [6] *Воротилина Н.В., Орешикова Т.А., Махрова М.Л., Денисова О.О.* Рекреационная нагрузка, ее влияние на природную среду (на примере природного объекта «Ивановские озера») // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 3. С. 32–35.
- [7] *Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок.* М.: Изд-во Госкомлеса СССР, 1987. 35 с.
- [8] *Ермакова А.А.* Проблемы определения рекреационных нагрузок и рекреационной емкости территории // Вестник ВГУ. Серия: География, геоэкология. 2009. № 2. С. 16–20.
- [9] *Жолдасбекова Б.А., Жолдасбеков А.А., Сейлов Г.А.* Географические основы устойчивого развития туризма в Казахстане // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 10. С. 235–236.
- [10] *Казанская Н.С., Панин Б.В., Марфенин Н.Н.* Рекреационные леса (состояние, охрана, перспективы использования). М.: Лесная промышленность, 1977. 96 с.
- [11] *Пирогова О.В.* Роль устойчивого туризма в мире // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 7–2. С. 305–309.
- [12] *Рысин С.Л.* Рекреационный потенциал лесопарковых ландшафтов и методика его изучения // Лесохозяйственная информация. 2003. № 1. С. 17–27.
- [13] *Сорокин А.С.* Несложный метод определения рекреационных нагрузок // Проблемы территориальной организации туризма и отдыха. Ставрополь, 1978. С. 106–107.
- [14] *Тарасов А.И.* Рекреационное лесопользование. М.: Агропромиздат, 1986. 176 с.
- [15] *Чиждова В.П.* Рекреационные ландшафты: устойчивость, нормирование, управление. Смоленск: Ойкумена, 2011. 176 с.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 28.05.2019

Дата принятия к печати: 26.06.2019

Для цитирования:

Андрянова Ю.М., Сергеева И.В., Мохонько Ю.М., Гусакова Н.Н. Оценка рекреационного использования особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 2. С. 117–127. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-2-117-127>

Сведения об авторах:

Андриянова Юлия Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники, химии и экологии, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. ORCID iD: 0000-3002-8225-1019. eLIBRARY SPIN-код: 9858-1850. Контактная информация: e-mail: zay-84-84@mail.ru

Сергеева Ирина Вячеславовна – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой ботаники, химии и экологии, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. eLIBRARY SPIN-код: 3643-8271. Контактная информация: e-mail: ivsergeeva@mail.ru

Мохонько Юлия Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники, химии и экологии, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. ORCID iD: 0000-0002-5912-9779. eLIBRARY SPIN-код: 2715-9933. Контактная информация: e-mail: mohonko78@mail.ru

Гусакова Наталия Николаевна – доктор химических наук, профессор кафедры ботаники, химии и экологии, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. eLIBRARY SPIN-код: 9578-4657. Контактная информация: e-mail: sintetic@sgau.ru

Research article

Assessment of recreational use of specially protected natural territories of Tatishchevsky district of Saratov region

**Yulia M. Andriyanova, Irina V. Sergeeva,
Yulia M. Mokhonko, Natalia N. Gusakova**

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov
1 Teatralnaya Sq., Saratov, 410012, Russian Federation

Abstract. The influence of recreation being a set of measures to restore health and recreation, on the main components of forest phytocenoses in specially protected natural territories of the Tatishchevsky district of the Saratov region has been studied for the first time. These phytocenoses have been intensively used for tourism for a long time. The intensity and visits activity of protected areas has been determined; the recreational capacity of territorial objects has been studied. The degree of forest landscapes has been revealed in specially protected natural territories. The findings allow predicting the future state of the natural resources of the Saratov region and can be taken into account when assessing their optimal use.

Keywords: recreation; recreational capacity; ecosystem; specially protected natural territories; natural monument

References

- [1] Andriyanova YuM, Sergeeva IV, Mokhonko YuM, Grishina AA, Noskova YuS. Otsenka rekreatsionnoy ustoychivosti landshaftov osobo okhranyayemykh prirodnykh territoriy Tatishchevskogo rayona Saratovskoy oblasti. *Transformatsiya ekosistem pod vozdeystviyem prirodnykh i antropogennykh faktorov: materialy Mezhdun. nauch. konf.* Kirov: VyatGU Publ.; 2019. p. 281–285.

- [2] Andriyanova YuM, Sergeeva IV, Mokhonko YuM, Fedukina VA, Demisova AM. Otsenka ekologo-rekreatsionnogo potentsiala osobo okhranyayemykh prirodnykh territoriy Saratovskoy oblasti. *Aktual'nyye problemy ekologii i prirodopol'zovaniya: sb. nauch. tr. XX Mezhdun. nauch.-prakt. konf.* Moscow: RUDN University; 2019. p. 34–42.
- [3] Arestova IYu. K voprosu rekreatsionnoy ustoychivosti zakaznikov Karel'skogo peresheyka. *Nauka vchera, segodnya, zavtra.* Novosibirsk: SibAK Publ.; 2016. p. 26–31.
- [4] Barmin AN, Shuvayev NS, Komarov AI. Analiz metodov otsenki rekreatsionnogo vozdeystviya na biogeotsenozy. *Geologiya, geografiya i global'naya energiya.* 2012;(2): 241–247.
- [5] Voytyuk MM. Optimizatsiya lesopol'zovaniya v rekreatsionnykh zonakh sel'skogo turizma. *Lesnoy vestnik. Forestry Bulletin.* 2016;(5): 110–115.
- [6] Vorotilina NV, Oreshkova TA, Makhrova ML, Denisova OO. Rekreatsionnaya nagruzka, yeye vliyaniye na prirodnyuyu sredu (na primere prirodnogo ob'yekta “Ivanovskiy ozero”). *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologicheskiye, tekhnicheskkiye nauki i nauki o Zemle.* 2017;(3): 32–35.
- [7] *Vremennaya metodika opredeleniya rekreatsionnykh nagruzok na prirodnyye komplekxy pri organizatsii turizma, ekskursiy, massovogo povsednevnogo otdykha i vremennyye normy etikh nagruzok.* Moscow: Goskomles SSSR Publ.; 1987.
- [8] Yermakova AA. Problemy opredeleniya rekreatsionnykh nagruzok i rekreatsionnoy yemkosti territorii. *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya, geoekologiya.* 2009;(2): 16–20.
- [9] Zholdasbekova BA, Zholdasbekov AA, Seylov GA. Geograficheskiye osnovy ustoychivogo razvitiya turizma v Kazakhstane. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy.* 2013;(10): 235–236.
- [10] Kazanskaya NS, Panin BV, Marfenin NN. Rekreatsionnyye lesa (sostoyaniye, okhrana, perspektivy ispol'zovaniya). Moscow: Lesnaya promyshlennost' Publ.; 1977.
- [11] Pirogova OV. Rol' ustoychivogo turizma v mire. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy.* 2017;(7–2): 305–309.
- [12] Rysin SL. Rekreatsionnyy potentsial lesoparkovykh landshaftov i metodika yego izucheniya. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya.* 2003;(1): 17–27.
- [13] Sorokin AS. Neslozhnyy metod opredeleniya rekreatsionnykh nagruzok. *Problemy territorial'noy organizatsii turizma i otdykha.* Stavropol'; 1978. p. 106–107.
- [14] Tarasov AI. *Rekreatsionnoye lesopol'zovaniye.* Moscow: Agropromizdat Publ.; 1986.
- [15] Chizhova VP. *Rekreatsionnyye landshafty: ustoychivost', normirovaniye, upravleniye.* Smolensk: Oykumena Publ.; 2011.

Article history:

Received: 28.05.2019

Revised: 26.06.2019

For citation:

Andriyanova YuM, Sergeeva IV, Mokhonko YuM, Gusakova NN. Assessment of recreational use of specially protected natural territories of Tatishchevsky district of Saratov region. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety.* 2019;27(2): 117–127. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-2-117-127>

Bio notes:

Yulia M. Andriyanova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Chair “Botany, Chemistry and Ecology”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. ORCID iD: 0000-3002-8225-1019. eLIBRARY SPIN-code: 9858-1850. *Contact information:* e-mail: zay-84-84@mail.ru

Irina V. Sergeeva – Doctor of Biological Sciences, Head of the Chair “Botany, Chemistry and Ecology”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. eLIBRARY SPIN-code: 3643-8271. *Contact information:* e-mail: ivsergeeva@mail.ru

Yulia M. Mokhonko – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Chair “Botany, Chemistry and Ecology”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. ORCID iD: 0000-0002-5912-9779. eLIBRARY SPIN-code: 2715-9933. *Contact information:* e-mail: mohonko78@mail.ru

Natalia N. Gusakova – Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Chair “Botany, Chemistry and Ecology”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. eLIBRARY SPIN-code: 9578-4657. *Contact information:* e-mail: sintetic@sgau.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-2-128-137
УДК 597.2/5:59.084(477.75)

Научная статья

Опыт проведения мониторинга прибрежного ихтиокомплекса в заповедной акватории (на примере заповедной акватории Карадагского природного заповедника, Крым)

В.И. Мальцев

Карадагская научная станция имени Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН
Российская Федерация, 298188, Республика Крым, Феодосия, пгт Курортное, ул. Науки, 24

Аннотация. В статье рассматриваются возможности осуществления мониторинга прибрежного ихтиокомплекса заповедной акватории (Карадагский природный заповедник, Крым) методами визуального учета и видеорегистрации с привлечением данных промстатистики рыболовецких предприятий и информации от рыболовов-любителей, ведущих лов в акваториях, прилегающих к заповедной. В акватории заповедника исключительно методами визуального учета и видеорегистрации выявлено 18 видов рыб (35 %), еще 13 видов установлены упомянутыми бесконтактными методами и одновременно в результате анализа информации от рыболовов-любителей и данных промстатистики. В результате 31 вид рыб (61 % выявленных видов) так или иначе были идентифицированы визуально либо средствами видеорегистрации. При этом бесконтактными методами выявлялись большей частью оседлые виды (15 видов) и кочевники (11 видов). Вид-мигранты в большинстве случаев (9 видов против 6) выявлены исключительно в результате анализа информации от рыболовов-любителей и данных промстатистики.

Ключевые слова: заповедная акватория; прибрежный ихтиокомплекс; визуальный учет рыб; видеорегистрация рыб; промстатистика; рыболовы-любители; Карадагский природный заповедник

Введение

Создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ), включающих морские или пресноводные акватории, выявило необходимость ведения мониторинга биоразнообразия этих заповедных акваторий. В частности, необходим контроль рыбного населения. Получаемая информация становится неотъемлемой частью Летописи природы.

Мотив заповедания, как правило, возникает при наличии на территории (акватории) редких и исчезающих биологических видов, изъятие которых противоречит задачам их охраны и воспроизводства. Именно это приводит к неприемлемости традиционных методов учета в заповедных акваториях. Это

© Мальцев В.И., 2019



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

относится и к традиционным подходам к учету рыб, основой которых являются ловы при помощи тех или иных приспособлений.

Альтернатива традиционным, травматическим методам мониторинга рыбного населения – бесконтактные способы учета, в частности визуальные. Во-первых, это прямой учет с применением акваланга либо без такового, когда погружение осуществляется «на задержке дыхания» [1]. Во-вторых, применение видеочета, позволяющего не только непосредственно получать качественные и количественные данные относительно объектов наблюдения, но и сохранять первичную информацию для повторного ее анализа.

Кроме того, не следует пренебрегать сведениями, которые можно получить от рыболовов-любителей, ловящих рыбу у границ заповедной акватории, а также данными промстатистики рыболовецких предприятий, работающих опять же в непосредственной близости от объекта ООПТ.

Материалы и методы

Мониторинг прибрежного ихтиокомплекса проводился в заповедной акватории Карадагского природного заповедника (Крым) (рис. 1).

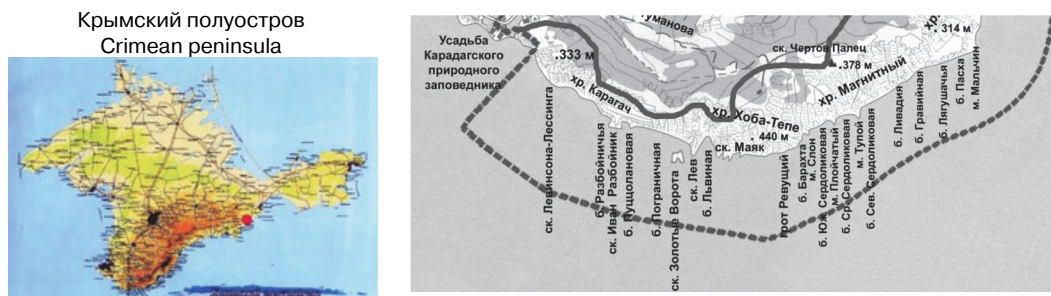


Рис. 1. Акватория Карадагского природного заповедника
[Figure 1. Aquatorium of the Karadag Nature Reserve]

Использовался метод визуальных подводных наблюдений «на задержке дыхания» [1]. Для обеспечения количественного учета рыб на опытном участке мелководья от уреза воды перпендикулярно линии берега закладывались трансекты длиной 25–50 м, для чего на дно укладывали шнур белого цвета соответствующей длины. Ширина обзора составляла 5 м по обе стороны от шнура, таким образом, во время погружения проводился обзор прямоугольного участка длиной 25 м и шириной 10 м. Результаты регистрировались сразу после всплытия. Всего за период 2012–2016 гг. учет и наблюдение проводились около 200 раз в пределах заповедной акватории (в бухтах Биостанции, Львиной, Разбойничьей, Сердоликовой, Лягушачьей, у скалы Золотые Ворота, на участке у Камня Кузьмича). При регистрации результатов визуальных наблюдений записывали количество и размерный класс особей каждого вида.

Видеочет осуществлялся с помощью подводного автономного видеорегирующего устройства (ПАВУ), разработанного нами [2] на основе доступной элементной базы, что сделало его простым в использовании и недорогим. Главный элемент ПАВУ – автомобильный видеорегиратор с разрешением Full HD (1080p) и углом обзора 130°, помещенный в герметичный

бокс. Учет с помощью ПАВУ проводился с 9 до 13 часов при солнечной погоде и незначительном волнении (1 балл) либо штиле. Устройство выставлялось на мелководье на глубину 3–5 м на 50–90 минут (время съемки может быть больше, оно ограничивается емкостью карты памяти). После этого карта памяти видеорегистратора извлекалась и просматривалась с помощью ПК с соответствующим программным обеспечением. Все попавшие в поле зрения рыбы учитывались. За 2015–2016 гг. видеочет проводился более 30 раз в бухтах Биостанции, Львиной, Сердоликовой, а также у скалы Золотые Ворота.

Помимо перечисленных результатов получена информация о видовом составе уловов за 2015–2016 гг. ИП «Дроздов», осуществляющего промысел в западной части Коктебельского залива, в непосредственной близости от заповедной акватории, а также информация о видовом составе любительских ловов в акватории, непосредственно примыкающей к заповедной.

Результаты

За время исследований (2012–2018 гг.) прибрежного ихтиокомплекса в акватории Карадагского природного заповедника выявлено 49 видов рыб. Анализ литературы, посвященной изучению ихтиокомплекса акватории заповедника за предшествующие 25 лет, показал, что еще 2 вида также могут быть отнесены к ихтиокомплексу акватории заповедника, таким образом, общее количество видов рыб, обитающих в заповедной акватории, насчитывает 51 [3]. Отметим, что существует значительное количество публикаций, содержащих списки видов рыб, встреченных в непосредственной близости от Карадага [4–8 и др.], включая современную заповедную акваторию. Данные списки формировались как на основании проводимых исследований, так и с использованием предшествующих перечней. Это позволило расширить официальный список видов, обитающих в акватории, до 114. Однако, наши исследования показали необоснованность такого расширения [3].

В данной статье обобщен опыт проведения ихтиофаунистических исследований и мониторинга ихтиоразнообразия в заповедной акватории Карадагского природного заповедника с использованием разных методов получения необходимой информации, исключая прямые ловы в заповедной акватории.

Визуальный учет. Этим способом идентифицировано 29 видов (57 % общего количества видов рыб, обитающих в заповедной акватории), 15 из которых относятся к категории оседлых, 10 – кочевников и 4 – мигрантов.

Видеочет (видеорегистрация). С помощью ПАВУ было идентифицировано 12 видов рыб, из которых оседлых – 1 вид, кочевников – 6, мигрантов – 5. Определение количества особей того или иного вида, попадающих в поле зрения устройства в течение определенного времени, например в 1 час (при соответствующем пересчете), позволяет судить об интенсивности использования рыбами биотопа в момент наблюдения. Так, наибольшим обилием характеризовалась зеленушка рулена (70–208 особей в 1 час). Из часто встречающихся видов показатель обилия губана глазчатого – 8–90 особей в 1 час, ласкиря – 7–59 особей в 1 час, собачки обыкновенной – 2–14 особей в 1 час. Небольшие показатели обилия для собачки обыкновенной объясняются невысокой эффективностью устройства при учете донных видов, скрывающихся среди макроводорослей.

Результаты применения ПАВУ показали его эффективность для учета пелагических рыб большей части размерного спектра, а также желетелых. В абсолютном большинстве случаев качество изображения позволяло однозначно идентифицировать видовую принадлежность рыб, попадавших в поле зрения. Кроме того, получаемая видеoinформация позволяет судить о поведенческих реакциях рыб в естественной для них среде обитания.

С применением этого способа идентифицировано 11 видов (22 % общего количества видов рыб, обитающих в заповедной акватории). К категории оседлых из них относится только 1 вид (*Parablennius sanguinolentus* (Pallas, 1814) – морская собачка пятнистая), кочевников – 6, мигрантов – 4.

Данные промысловой статистики. Использовалась информация о видовом составе уловов ИП «Дроздов» (ведет промысел в западной части Коктебельского залива, в непосредственной близости от заповедной акватории). Получены данные о попадании в уловы 16 видов рыб (31 % общего количества видов – обитателей заповедной акватории), в том числе оседлых и кочевников – по 3 и мигрантов – 10.

Видовой состав любительских ловов. Использовалась информация о видовом составе любительских ловов в акватории, примыкающей к заповедной. Всего поступили сведения о 24 выловленных рыбаками-любителями видах (47 % общего количества видов), из которых оседлых – 7, кочевников – 6 и мигрантов – 4.

Таким образом, 18 видов (35 %) в акватории заповедника выявлено исключительно методами визуального учета и видеорегистрации, еще 13 видов установлены упомянутыми бесконтактными методами и одновременно в результате анализа информации от рыболовов-любителей и данных промысловой статистики. В результате 31 вид (61 %) рыб так или иначе идентифицирован визуально либо средствами видеорегистрации. При этом бесконтактными методами выявлялись большей частью оседлые виды (15 видов) и кочевники (11 видов); эти же экологические группы, выявленные исключительно в результате анализа информации от рыболовов-любителей и данных промысловой статистики, представлены 3 и 4 видами соответственно. Виды-мигранты в большинстве случаев (9 видов против 6) выявлены исключительно в результате анализа информации от рыболовов-любителей и данных промысловой статистики.

Таким образом, исследования показали, что использованные бесконтактные методы учета в значительной степени пригодны для регистрации видов рыб, ведущих более или менее оседлый образ жизни (собственно оседлые и кочевники). Вместе с тем учет этими методами рыб-мигрантов эффективностью не отличается: для более полного охвата бесконтактным учетом рыб-мигрантов необходимо значительно увеличить количество станций наблюдения и частоту учета.

Способы формализованной интерпретации результатов бесконтактных методов учета.

Индекс поддерживающей способности как способ интерпретации данных визуальных учетов. Был получен [9] следующий индекс поддерживающей способности биотопа (A):

$$A = 1 - \frac{1}{1 + \frac{1}{100} \sqrt{(N + S) \left| \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \right|}},$$

где N – общее количество особей; S – количество видов; n_i – количество особей каждого вида.

Минимальное значение, равное 0, индекс принимает при $S = 1$ для любого числа N . При S и N , стремящихся к бесконечности, значения индекса стремятся к 1. Биологический смысл предлагаемого индекса состоит в том, что его величина зависит не только от выравненности сообщества (ее вклад обеспечивается выражением под модулем), но также и от количества видов и общей численности рыб прибрежного ихтиокомплекса. Поскольку если биотоп обеспечивает пребывание в нем некоего большого количества особей, пусть даже очень ограниченного числа видов, это все равно свидетельствует о его высокой поддерживающей способности и важности для поддержания присущей данной местности или даже региону биоты.

Значение количества видов как важного показателя поддерживающей способности биотопа определяется выражением $N + S$, при этом роль S в формуле возрастает при уменьшении значения N (общей численности).

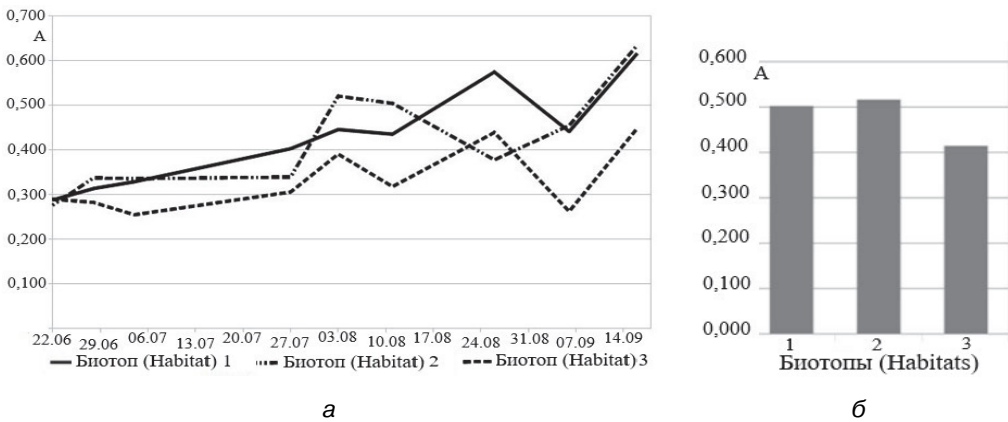


Рис. 2. Динамика индекса поддерживающей способности относительно рыб прибрежных биотопов в 2016 г. [Figure 2. Dynamics of the habitat carrying capacity index concerning fish of the sublittoral habitats in 2016]

Рис. 2, а демонстрирует возрастание индекса поддерживающей способности в течение сезона, а также различия в предпочтении рыбами трех близлежащих биотопов (биотоп 1 – с координатами 44°54.691N, 035°12.757E, биотоп 2 – с координатами 44°54.690N, 035°12.662E, биотоп 3 – с координатами 44°54.705N, 035°12.546E). Также были рассчитаны сезонные индексы поддерживающей способности для упомянутых биотопов (рис. 2, б): для расчетов значений сезонных индексов брали средние за сезон исследований значения общей численности рыб и общее число видов, встреченных в пределах биотопа за тот же период. Согласно приведенной диаграмме в сезонном аспекте наибольшим значением индекса поддерживающей способности характеризуется биотоп 2.

Таким образом, предложенный индекс позволяет характеризовать биотоп с точки зрения его поддерживающей способности относительно рыб прибрежного ихтиокомплекса. Есть все основания считать, что он пригоден для оценки поддерживающей способности биотопов относительно и других групп гидробионтов.

Интерпретация данных видеорегистрации. Определение количества особей того или иного вида, попадающих в поле зрения ПАВУ в течение определенного времени, например в 1 час, позволяет судить об интенсивности исполь-

зования рыбами биотопа в момент наблюдения. Следует принимать во внимание, что при указанной продолжительности экспозиции оседлые рыбы могут попадать в поле зрения не один раз, что может приводить к увеличению оцениваемой значимости. В связи с этим была предпринята попытка обработки информации «по роликам», то есть подсчет численности был проведен по каждому видеоролику (длительностью 5 минут) в отдельности. Затем рассчитывалась средняя численность на 1 ролик (отношение суммарной численности рыб данного вида к количеству роликов), а также отношение количества роликов, где данный вид встречен, к общему количеству роликов в видеоучете (в % – своеобразный аналог встречаемости). При этом принималось допущение, что повторными появлениями одних и тех же особей в поле зрения видеорегистратора (после их выхода за пределы поля зрения) в течение длительности ролика можно пренебречь.

Получаемые таким образом данные нуждаются в генерализации и, по возможности, дальнейшей формализации. Способы, используемые разными исследователями, довольно сильно разнятся в зависимости от характера собранного материала. Основой для последующих наших действий стал подход А.В. Кулиша и Д.М. Левинцовой [10]. Мы разбили на интервалы величины встречаемости и средней численности, каждому из которых присвоили бальную оценку от 1 до 5:

- *встречаемость*: до 10,0 % – 1 балл; 10,1–25,0 % – 2 балла; 25,1–50,0 % – 3 балла; 50,1–75,0 % – 4 балла; 75,1–100,0 % – 5 баллов;
- *средняя численность*: до 2,0 % – 1 балл; 2,1–5,0 % – 2 балла; 5,1–10,0 % – 3 балла; 10,1–15,0 % – 4 балла; >15,0 % – 5 баллов.

Суммируя бальные оценки для каждого вида, получаем формализованную характеристику его значимости в данном биотопе. В зависимости от набранных видом баллов можно также присвоить ему одну из категорий (вербальных характеристик) (см. таблицу):

- *малочисленный вид* – до 3-х баллов;
- *обычный вид* – 4–7 баллов;
- *массовый вид* – 8–10 баллов.

Таблица

Пример оценки значимости видов по результатам видеоучета
 [Table. Example of assessing the significance of species on the results of videoregistration]

	Бухта с координатами 44°54.670 N, 035°12.186 E. [Bay near the Bio-Station]									
	09.06.2015 г. – 17 роликов [17 film fragments]					20.07.2017 – 19 роликов [19 film fragments]				
	N	%	N _{ср}	Σ	K	N	%	N _{ср}	Σ	K
<i>Atherina boyery</i> Risso, 1810	–	–	–	–	–	5	21	0,3	3	Мч
<i>Diplodus annularis</i> (L., 1758)	48	82	2,8	8	Мс	88	84	4,6	7	Об
<i>Mullus barbatus</i> L., 1758	–	–	–	–	–	1	5	<0,1	2	Мч
<i>Crenilabrus tinca</i> (L., 1758)	104	100	6,1	8	Мс	181	100	9,5	8	Мс
<i>C. ocellatus</i> (Forsskal, 1775)	7	24	0,4	3	Мч	89	95	4,7	7	Об
<i>Parablennius sanguinolentus</i> (Pallas, 1814)	12	47	0,7	4	Об	17	58	0,9	5	Об

Примечание: N – суммарная численность рыб вида, отмеченных во время видеоучета; N_{ср} – средняя численность на 1 ролик; % – отношение количества роликов, где вид рыб встречен, к общему количеству роликов в видеоучете (аналог встречаемости); Σ – сумма бальных оценок для вида рыб;

K – категория вида рыб, характеризующая его значимость в данном биотопе: Мс – массовый, Об – обычный, Мч – малочисленный.

[*Note*: *N* – total number of the fish species noted during the video recording; N_{cp} – average number per 1 film fragment; % – ratio of the number of film fragments, where the fish species are recorded, to the total number of film fragments in video recording (analogue of occurrence); Σ – sum of points for the fish species; *K* – category of importance of the fish species in this biotope: Мс – numerous, Об – usual, Мч – sparse.]

Заключение

Бесконтактные методы исследований и мониторинга ихтиокомплекса прибрежных заповедных акваторий представляются достаточно эффективными, а потому приемлемыми для применения на объектах ООПТ. При этом следует помнить, что бесконтактные методы позволяют достаточно полно учитывать виды, ведущие резидентный образ жизни (оседлые и кочевники), тогда как учет этими методами рыб-мигрантов менее эффективен. Информативность получаемых результатов может в значительной степени повышаться путем использования адекватных аналитических подходов и методов. Информация от рыболовецких предприятий (промстатистика) и рыболовов-любителей, производящих лов в непосредственной близости от заповедной акватории, позволяет составить более точное представление о видовом разнообразии заповедной акватории, так как объектами ловов являются преимущественно виды-мигранты.

Индекс поддерживающей способности относительно рыб прибрежного ихтиокомплекса позволяет характеризовать биотопы с точки зрения их ценности в пределах заповедной акватории и ранжировать их по этому показателю.

Использование балльных оценок при интерпретации результатов видеочета рыб дает возможность формализовать определение значимости видов в биотопе и сравнение их роли в разных биотопах.

Информация о конфликте интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы государственного задания № АААА-А19-119012490045-0 «Изучение фундаментальных физических, физиолого-биохимических, репродуктивных, популяционных и поведенческих характеристик морских гидробионтов».

Список литературы

- [1] Гетьман Т.П. Визуальные подводные наблюдения при оценке качественно-количественных показателей ихтиоценоза // *Экология моря*. 2007. Вып. 74. С. 13–17.
- [2] Мальцев В.И., Алексеев А.Н. Оценка состояния прибрежного ихтиокомплекса заповедной акватории при помощи подводного автономного видеорегистрирующего устройства // *Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН*. 2016. Вып. 2. С. 44–51.
- [3] Мальцев В.И., Шаганов В.В., Василец В.Е. Современное состояние ихтиокомплекса Карадагского природного заповедника // *Труды Карадагской научной станции имени Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН*. 2017. Вып. 4 (2). С. 36–54.
- [4] Виноградов К.А. Материалы по ихтиофауне района Карадагской биологической станции (Черное море) // *Труды Карадагской биологической станции*. 1931. Вып. 3. С. 137–143.

- [5] *Виноградов К.О.* Список рыб Черного моря, що зустрічаються в районі Карадагської біологічної станції // Доповіді Академії наук УРСР. Відділ біол. наук. 1947. № 5. С. 57–61.
- [6] *Виноградов К.А.* Список рыб Черного моря, встречающихся в районе Карадагской биологической станции, с замечаниями об их биологии и экологии // Труды Карадагской биологической станции. 1949. Вып. 7. С. 76–106.
- [7] *Салехова Л.П., Костенко Н.С., Богачик Т.А., Минабаева О.Н.* Состав ихтиофауны в районе Карадагского заповедника (Черное море) // Вопросы ихтиологии. 1987. Т. 27. Вып. 6. С. 898–905.
- [8] *Костенко Н.С., Шаганов В.В.* Рыбы // Карадаг. Гидробиологические исследования: сборник научных трудов, посвященный 90-летию Карадагской научной станции имени Т.И. Вяземского и 25-летию Карадагского природного заповедника НАН Украины. Кн. 2. Симферополь: Сонат, 2004. С. 440–453.
- [9] *Maltsev V.I., Beletskaya M.A.* Habitat carrying capacity index: a formalized assessment of habitat importance to maintain diversity of the littoral fish assemblage // Ukrainian Journal of Ecology. 2018. No. 8 (1). Pp. 680–687. doi: 10.15421/2018_266
- [10] *Кулиш А.В., Левинцова Д.М.* Фауна десятиногих ракообразных (*Decapoda Latrelle*, 1802) акватории Керченского пролива (Азовское море): ретроспектива изучения и современный состав // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2. № 1. С. 53–78.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 21.06.2019

Дата принятия к печати: 27.06.2019

Для цитирования:

Мальцев В.И. Опыт проведения мониторинга прибрежного ихтиокомплекса в заповедной акватории (на примере заповедной акватории Карадагского природного заповедника, Крым) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 2. С. 128–137. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-2-128-137>

Сведения об авторе:

Мальцев Владимир Иннокентьевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Карадагской научной станции имени Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. Контактная информация: e-mail: maltsev1356@gmail.com

Research article

Experience of the monitoring of the littoral fish assemblages at reserved waters (on the example of the Karadag Nature Reserve aquatory, Crimea)

Vladimir I. Maltsev

T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS
24 Nauki St., Kurortnoye, Feodosia, 298188, Republic of Crimea, Russian Federation

Abstract. Feasibility of monitoring of the littoral fish assemblages at the reserved water areas (Karadag Nature Reserve, Crimea) by methods of visual estimation and video recording involving data of fish catch statistics of fishing companies and recreational fishermen

providing fishing in the waters adjacent to the reserved aquatory is discussed. At the water area of the reserve 18 species (35%) were identified exclusively by visual recording and video recording methods, 13 more species were identified by the mentioned contactless methods and simultaneously as a result of the analysis of information from recreational fishermen and fish catch statistics. As a result, 31 species of fish (or 61 % of the identified species) were identified visually or by video recording. The contactless methods were detected mostly sedentary (15) and nomad (11) species. Migratory species in the majority (9 species vs. 6) were identified only as a result of the analysis of information from recreational fishermen and fish catch statistics.

Keywords: reserved aquatory; littoral fish assemblage; visual estimation of fishes; video recording of fishes; fish catch statistics; recreational fishermen; Karadag Nature Reserve

Conflict of interest information. There is no conflict of interest.

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the theme of state task No. AAAA-A19-119012490045-0 “Study of fundamental physical, physiological and biochemical, reproductive, population and behavioral characteristics of marine hydrobionts”.

References

- [1] Getman TP. Visual underwater observations for the estimation of qualitative and quantity characteristics of community of fishes. *Ecologiya morya*. 2007;(74): 13–17.
- [2] Maltsev VI, Alekseev AN. Estimation of state of the littoral ichthyocomplex at the aquatorium of protected area with submersed self-contained videorecording device. *Proceedings of the T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS*. 2016;(2): 44–51.
- [3] Maltsev VI, Shaganov VV, Vasilets VE. Current state of the ichthyocomplex of the Karadag Nature Reserve. *Proceedings of the T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS*. 2017;4(2): 36–54.
- [4] Vinogradov KA. Materials on the ichthyofauna of the Karadag Biological station (Black Sea). *Proceedings of the Karadag Biological Station*. 1931;(3): 137–143.
- [5] Vinogradov KO. List of the Black Sea fish found near the Karadag Biological station. *Reports of the Academy of Sciences of the UkrSSR. Biol. Sciences*. 1947;(5): 57–61.
- [6] Vinogradov KA. List of the Black Sea fish found near the Karadag Biological Station with comments on their biology and ecology. *Proceedings of the Karadag Biological Station*. 1949;(7): 76–106.
- [7] Salekhova LP, Kostenko NS, Bogachik TA, Minibayeva ON. Composition of ichthyofauna in the Karadag national reserve area. *Journal of Ichthyology*. 1987;27(6): 898–905.
- [8] Kostenko NS, Shaganov VV. Fish. In: *Karadag. Hydrobiological Studies: Collection of scientific papers dedicated to the 90th anniversary of the T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station and the 25th anniversary of the Karadag Nature Reserve of NAS of Ukraine*. Book 2. Simferopol: Sonat; 2004. pp. 440–453.
- [9] Maltsev VI, Beletskaya MA. Habitat carrying capacity index: a formalized assessment of habitat importance to maintain diversity of the littoral fish assemblage. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018;8(1): 680–687. doi: 10.15421/2018_266
- [10] Kulish AV, Levintsova DM. Decapods (*Decapoda Latrelle*, 1802) of the Kerch Strait (Azov Sea) Area: a retrospective study and modern composition. *Aquatic Bioresources & Environment*. 2019;2(1): 53–78.

Article history:

Received: 21.06.2019

Revised: 27.06.2019

For citation:

Maltsev VI. Experience of the monitoring of the littoral fish assemblages at reserved waters (on the example of the Karadag Nature Reserve aquatory, Crimea). *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(2): 128–137. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-2-128-137>

Bio note:

Vladimir I. Maltsev – Candidate of Sciences in Biology (equiv. Ph.D), Senior Researcher of T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS. *Contact information:* e-mail: maltsev1356@gmail.com

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-2-138-142
УДК 57.045

Краткое сообщение

Воздействие электромагнитного излучения на энергетическое состояние молекул воды

Р.З. Лифанова¹, В.С. Орлова¹, В.В. Цетлин²

¹ Российский университет дружбы народов

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

² Государственный научный центр Российской Федерации –

Институт медико-биологических проблем РАН

Российская Федерация, 123007, Москва, Хорошевское шоссе, 76А, стр. 34

Аннотация. Воздействие электромагнитных полей как природного происхождения, так и техногенного характера в общественных местах и на производстве в связи с растущей тенденцией использования электронных устройств может оказывать неблагоприятное влияние на здоровье человека. В этой статье предложен возможный механизм воздействия электромагнитного излучения малой мощности на живой организм посредством жидкой среды.

Ключевые слова: электромагнитное излучение; энергетическое состояние молекул воды; поляризационная кривая; электрический потенциал

Введение

В литературе имеются данные о влиянии электромагнитного излучения (ЭМИ) на воду. Показано воздействие ионизирующего и неионизирующего ЭМИ на молекулы воды [1]. Существует зависимость состояния водной среды от окружающей физической среды [2]. Установлено, что вода обладает необыкновенной чувствительностью к малейшим проявлениям солнечной активности. Предложена гипотеза, объясняющая механизм воздействия космофизических и геофизических факторов на биосферу и связь солнечной активности с суточными, сезонными, годовыми и другими периодическими процессами в водной среде [3]. По мнению авторов [4], воздействие окружающего околоземного пространства на воду может привести к изменениям собственно структуры воды, что может повлиять на физиологические процессы в живых организмах. Известно, что концентрация молекул воды в живой клетке в 2–3 раза превышает концентрацию белковых и других молекул, входящих в состав цитоплазмы. Вода способна отражать внешние факторы воздействия на изменение ее структуры, оказывая влияние на процессы жизнедеятельности человека [5; 6].

© Лифанова Р.З., Орлова В.С., Цетлин В.В., 2019



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

Так, при воздействии ионизирующего излучения на воду происходит изменение структур типа H_3O^+ , H_7O^{+3} , определяющих проводящие свойства воды. Экспериментально в опытах было подтверждено опосредованное воздействие измененного состояния водной среды образца на водную среду датчика [7].

Тем не менее на сегодняшний день механизм воздействия ЭМИ на воду на молекулярном уровне остается малоизученным.

Методы и материалы

Материалом и объектом для исследования эффектов ЭМИ послужила деминерализованная вода. Влияние внешних факторов на воду оценено по методике, предложенной В.В. Цетлиным [3; 4], в которой интегральной количественной характеристикой воды является величина окислительной способности, обуславливаемая активностью электронов в молекулах воды. Критерием изменений служит величина электрического тока, протекающего в двух-электродных ячейках, в которых использовались электроды из инертного материала – нержавеющей стали.

На воду воздействовали ЭМИ мощностью 27,0 мкВт, частотой 50 МГц, время экспозиции – 20 мин. Измерение величины электрического тока проводилось через 5, 20, 60 мин. после воздействия ЭМИ.

Результаты исследований и их обсуждение

Сдвиги электрических потенциалов отражают изменение энергетического состояния молекул воды, вызванное электромагнитным фоном как природного, так и техногенного происхождения, а также непосредственным воздействием ЭМИ.

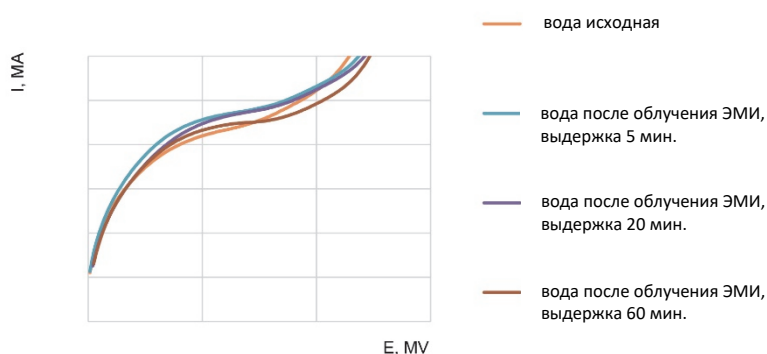


Рисунок. Поляризационная кривая после воздействия ЭМИ
[Figure. Polarization curve after exposure to electromagnetic radiation]

На рисунке представлены поляризационные кривые после воздействия ЭМИ на воду. На графике видно, что через 5 мин. после воздействия кривая проходит выше относительно контроля (измерение величины электрического тока до воздействия ЭМИ). Однако через 20 мин. после воздействия из-

меряемый показатель приближается к исходным данным, максимальное сближение наблюдается через 60 мин. после воздействия ЭМИ.

Установлено увеличение силы тока после воздействия ЭМИ на воду, которая приближается к исходным данным после выдержки 60 мин.

Выводы

Полученные результаты показали, что под действием ЭМИ частотой 50 МГц, мощностью 27,0 мкВт происходит активация молекул воды, которая сопровождается диссоциацией молекул воды и изменением концентрации ионов гидроксония H^3O^+ , гидроксила OH^- , супероксида кислорода O_2^- , различных водных радикалов типа гидроксильного радикала OH^\bullet .

Заключение

Полученные изменения позволили предположить, что в жидкой среде живого организма под влиянием ЭМИ происходит изменение окислительно-восстановительных процессов, что подтверждено данными [8; 9].

Список литературы

- [1] Агеев И.М., Шшикин Г.Г. Корреляция солнечной активности с электропроводностью воды // *Биофизика*. 2001. Т. 46. Вып. 5. С. 829–832.
- [2] Менделеев Д.И. *Заветные мысли*. М., 1994.
- [3] Цетлин В.В. Исследование реакции воды на вариации космофизических и геофизических факторов окружающего пространства // *Авиакосм. и экол. медицина*. 2010. Т. 44. № 6. С. 26–31.
- [4] Цетлин В.В., Файнштейн Г.С. О влиянии космофизических, геофизических и радиационных факторов на электрофизические и биологические свойства воды // *Метафизика*. 2012. № 2 (4). С. 81–99.
- [5] Зилов В.Г., Судаков К.В., Эпштейн О.И. *Элементы информационной биологии и медицины*. М., 2000.
- [6] Зенин С.В. Водная среда как информационная матрица биологических процессов // *Фундаментальные науки и альтернативная медицина: тез. докл. 1-го Междунар. симп. Пушино, 1997*. С. 12–13.
- [7] Ушаков И.Б., Цетлин В.В., Мойса С.С. Прогноз радиационной ситуации в дальнем космосе: реакция воды и живых систем при хроническом воздействии ионизирующего излучения малых доз // *Авиакосм. и экол. медицина*. 2013. Т. 47. № 1. С. 65–72.
- [8] Deshmukh P.S., Banerjee B.D., Abegaonkar M.P., Megha K., Ahmed R.S., Tripathi A.K., Mediratta P.K. Effect of low level microwave radiation exposure on cognitive function and oxidative stress in rats // *Indian J. Biochem. Biophys.* 2013. Vol. 50. Pp. 114–119.
- [9] Güler G., Türközer Z., Ozgur E., Tomruk A., Seyhan N., Karasu C. Protein oxidation under extremely low frequency electric field in guinea pigs. Effect of N-acetyl-L-cysteine treatment // *Gen. Physiol. Biophys.* 2009. Vol. 28. No. 1. Pp. 47–55.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 17.05.2019

Дата принятия к печати: 27.06.2019

Для цитирования:

Лифанова Р.З., Орлова В.С., Цетлин В.В. Воздействие электромагнитного излучения на энергетическое состояние молекул воды // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 2. С. 138–142. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-2-138-142>

Сведения об авторах:

Лифанова Раэно Зобидовна – аспирант 3-го года обучения, кафедры системной экологии, экологический факультет, Российский университет дружбы народов. Контактная информация: e-mail: torazo-414@mail.ru

Орлова Валентина Сергеевна – доктор биологических наук, профессор кафедры системной экологии, экологический факультет, Российский университет дружбы народов. Контактная информация: e-mail: bte2005@mail.ru

Цетлин Владимир Владимирович – доктор технических наук, заведующий лабораторией Государственного научного центра Российской Федерации – Института медико-биологических проблем РАН. Контактная информация: e-mail: v_tsetlin@mail.ru

Short message

Effects of electromagnetic radiation on the energy state of water molecules

Rano Z. Lifanova¹, Valentina S. Orlova¹, Vladimir V. Tsetlin²

¹Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)

8 Podolskoye shosse, bldg. 5, Moscow, 115093, Russian Federation

²State Scientific Center of the Russian Federation –

Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences

76A Khoroshevskoe shosse, bldg. 34, Moscow, 123007, Russian Federation

Abstract. The impact of electromagnetic fields of both natural and man-made origin in public places and at work due to the growing tendency to use electronic devices can have an adverse effect on human health. This article proposes a possible mechanism for the action of electromagnetic radiation of low power on a living organism through a liquid medium.

Keywords: electromagnetic radiation; energy state of water molecules; polarization curve; electric potential

References

- [1] Ageev IM, Shishkin GG. Correlation of solar activity with the electrical conductivity of water. *Biophysics*. 2001;46(5): 829–832. (In Russ.)
- [2] Mendeleev DI. *Cherished thoughts*. Moscow; 1994. (In Russ.)
- [3] Tsetlin VV. Studies into water reaction to variations of cosmophysical and geophysical factors of the environment. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*. 2010;44(6): 26–31. (In Russ.)
- [4] Tsetlin VV, Fainshtein GS. On the influence of cosmophysical, geophysical and radiation factors on the electrophysical and biological properties of water. *Metafizika*. 2012;2(4): 81–99. (In Russ.)

- [5] Zilov VG, Sudakov KV, Epstein OI. *Elements of open biology and medicine*. Moscow; 2000. (In Russ.)
- [6] Zenin SV. The aquatic environment as an information matrix of biological processes. *Fundamental sciences and alternative medicine: thesis of reports of 1st International symposium*. Pushchino; 1997. pp. 12–13. (In Russ.)
- [7] Ushakov IB, Tsetlin VV, Moisa SS. Radiation situation prognosis for deep space: reactions of water and living systems to chronic low-dose ionizing radiation. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*. 2013;47(1): 65–72. (In Russ.)
- [8] Deshmukh PS, Banerjee BD, Abegaonkar MP, Megha K, Ahmed RS, Tripathi AK, Mediratta PK. Effect of low level microwave radiation exposure on cognitive function and oxidative stress in rats. *Indian J. Biochem. Biophys.* 2013;50: 114–119.
- [9] Güler G, Türközer Z, Ozgur E, Tomruk A, Seyhan N, Karasu C. Protein oxidation under extremely low frequency electric field in guinea pigs. Effect of N-acetyl-L-cysteine treatment. *Gen. Physiol. Biophys.* 2009;28(1): 47–55.

Article history:

Received: 17.05.2019

Revised: 27.06.2019

For citation:

Lifanova RZ, Orlova VS, Tsetlin VV. Effects of electromagnetic radiation on the energy state of water molecules. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(2): 138–142. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-2-138-142>

Bio notes:

Rano Z. Lifanova – postgraduate student (the 3rd year), Department of System Ecology, Ecological Faculty, Peoples’ Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information*: e-mail: torazo-414@mail.ru

Valentina S. Orlova – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of System Ecology, Ecological Faculty, Peoples’ Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information*: e-mail: bte2005@mail.ru

Vladimir V. Tsetlin – Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory of State Scientific Center of the Russian Federation – Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences. *Contact information*: e-mail: v_tsetlin@mail.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-2-143-153
UDC 620.92

Review article

Commercial potential of linear Fresnel solar collectors in the industrial sector of Ecuador: preliminary assessment

Nathaly Cartuche Cojitambo¹, Margarita M. Redina¹,
Jesus López Villada², Rafael Soria Peñafiel²

¹Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
8 Podolskoye shosse, bldg. 5, Moscow, 115093, Russian Federation

²The National Polytechnic School
Ladrón de Guevara Ave., E11-253, Quito, 170517, Republic of Ecuador

Abstract. One of the crucial challenges faced by industry has been finding approaches that meet its increasing energy demand and decreasing reliance on non-renewable sources. Ecuadorian policies promote the use of renewable sources of energy; nevertheless, there is limited research on concentrated solar energy in the country. Therefore, this review article presents an overview on previous research on the description of linear Fresnel collectors for solar heat for industrial processes, promising Ecuadorian industrial branches for its application, and the solar resource available for this purpose in Ecuador. As a result of existing literature analysis, the manufacturing industry may be a key sector for the application of this technology, which could reduce the use of conventional energy sources, especially in the food industry located in the Andean region. The outcomes will contribute to future thorough research on the topic.

Keywords: concentrated solar energy; linear Fresnel collectors; direct normal irradiance; solar heat for industrial processes; industry; Ecuador

Introduction

Industry consumes about one-third of the total energy utilised in the world [1; 2]. Heat is responsible for three-quarters of industrial energy demand, and fifty per cent of it is of low to medium temperature [3]. Current heating systems for industrial process heat depend on steam, as well as on hot water, produced basically in boilers, which predominantly uses fossil fuel or electricity [4]. Nevertheless, heat for common industrial requirements may be supplied by concentrated solar systems such as linear Fresnel collectors (LFCs) and parabolic trough collectors (PTCs) [5]. As a matter of fact, to expand the energy matrix based on renewable energies, and to enhance scientific research on this field are goals aligned with the Ecuadorian policies. However, there is limited investigation on concentrated solar energy in the country, and consequently, it has not been applied yet by industry.

This review article provides information on promising industrial sectors that could use linear Fresnel collectors for solar heat for industrial processes (SHIP) in



the continental region of Ecuador. The outcomes will contribute to forthcoming techno-economic studies.

Existing literature on LFCs for SHIP was analysed, which has been carried out as well for the work developed by [6]. First of all, it was necessary to recognise the advantages and disadvantages of LFCs. Then, reliable sources of information such as the Global Solar Atlas [7] and the NSRDB Data Base [8] provided data on the solar resource in Ecuador. At the same time, the most incident industrial sectors of the country and their location were identified, through the review of available statistical reports [9; 10]. Finally, current Ecuadorian policies and legislation on renewable energy were underlined.

Linear Fresnel collectors

Table 1 shows the drawbacks and benefits of LFCs, in comparison with other concentrated solar technologies, discussed in articles and reports related to the topic.

Table 1

Disadvantages and advantages of LFCs [11–14]

Disadvantages	Advantages
The implementation of tracking devices increases financial and maintenance resources	Compared to other types of solar fields, this technology is simple, compact and cheap. It has a lower investment cost and a payback period
The direct normal irradiance depends, among other factors, on the geographical location	Efficiency in the available land use, for its implementation. It offers a multiple land use too; for example, agriculture could make use of the semi-shaded space under the LFCs
The mirror rows shade each other at high transversal incidence angles	Absorber tubes and collectors can be very long, which reduces pressure losses, the number of loops and tube connections
Optical losses may induce a partial decline in the total cost-effectiveness	The use of solar radiation presents lower thermal losses thanks to the secondary concentrator in the receiver
If it is necessary to reach higher temperatures, then HTFs such as molten salt, oil, and other materials must be added	Fresnel for a direct steam generation does not need any HTF in between
Cleaning is often needed to reduce dust accumulation. However, it is simpler for LFCs than for PTCs	The tracking system of LFC needs lower forces to move the mirrors than PTC
Research on advance material to avoid ultraviolet degradation is required	Once its useful life is over, most of its components could be recycled. The remaining ones can be incinerated or sent to landfill

LFC is a line-focus system that belongs to concentrating direct normal irradiance (DNI) technologies, which can reach temperatures of about 400 °C [15] depending on the heat transfer fluid employed. An LFC is divided into numerous long rows of almost flat mirrors, which rotate individually along one axis to focus solar radiation onto a linear fixed receiver [12; 13]. This technology has been developed mainly by industrial enterprises from Germany, Spain, United States, Italy, France, and others [16; 17]. LFC has not been adopted yet in Ecuador due to a lack of studies showing its technical and economic potential.

Industrial sector in Ecuador

One of the multiple applications of LFCs is the direct steam generation for SHIP. Key industrial sectors suitable for the adoption of solar thermal systems may differ between countries. For the most part, they are generally food, beve-

rage, transport equipment, machinery, textile, and pulp and paper industries, because approximately 60% of the heating requirements can be supplied at less than 250 °C [18].

According to [19], the agro-food industry has stood out with more than 50% of manufacturing gross domestic product (GDP) in Ecuador. In 2014, the industrial sector accounted for 19,4% of the total energy consumption of the country, which increased by more than 50% from 2006 to 2014. Manufacturing industrial subsector mostly contributed to this increase. Then, in May 2018, the manufacture of food products was by far one of the most incident sectors in Ecuador regarding the manufacturing production index [9]. Accordingly, it may be a key sector for the use of solar thermal systems in the country. Diesel and electricity have been the main sources of energy for the Ecuadorian industry [19], which indicates that they could be reduced or replaced by LFCs.

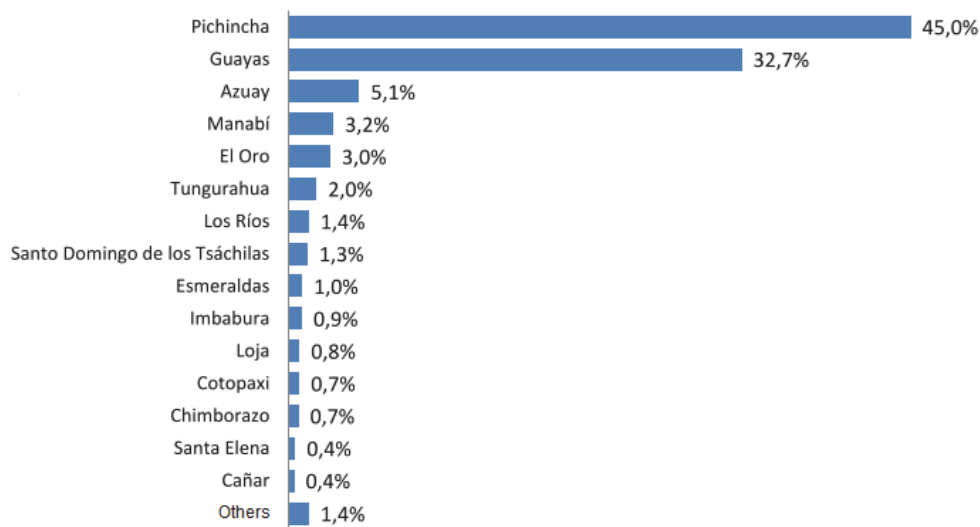


Figure 1. Share in sales of companies with manufacturing activities by province in 2016

Source: Adapted from [10].

It is worth to mention that, as depicted in Figure 1, in 2016, more than 75% of total sales were made by enterprises located in Pichincha and Guayas provinces. In contrast, firms from the Amazon and Insular regions had the lowest percentage of about 1% of the total sales.

Solar resource in the continental region of Ecuador

The direct normal irradiance is the resource used by concentrated solar technologies for SHIP [20]. Its implementation takes place with higher economic feasibility in areas where DNI is abundant (>5 kWh/m²/day) [19], which are usually located in subtropical latitudes (dry and hot regions with clear skies). Nevertheless, DNI is remarkably higher at higher elevations, where absorption and scattering of sun's rays owing to aerosols can be much lower [21]. However, values between 4 and 6 kWh/m²/day may be still considered economically feasible [22].

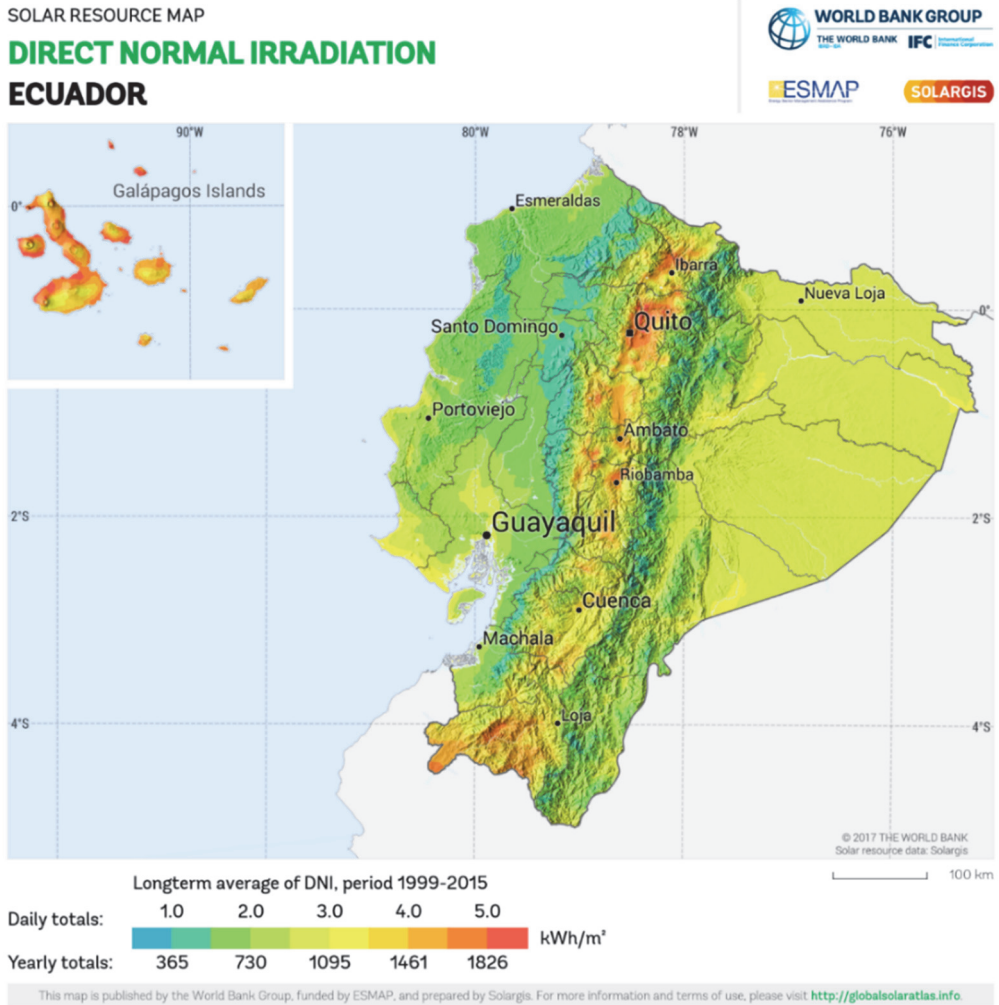


Figure 2. Direct normal irradiation map of Ecuador

Source: Global Solar Atlas [7].

Ecuador has a relatively abundant solar resource that reaches a value of approximately 4,6 kWh/m²/day [19]; with attention to its Andean region, where the DNI is higher. As evidence, Figure 2 [7] illustrates the long-term average of DNI from 1999 to 2015. Conversely, despite Ecuador's important solar potential, the participation of this energy in the energy matrix is minimal. In agreement with Vaca [23], one of the reasons is originated in the limited number of studies to quantify the solar resource in the localities of Ecuador.

Ecuadorian policies and regulations on renewable energy

Not only Ecuador was the first country worldwide to grant rights to Nature or '*Pacha Mama*' in its 2008 constitution, but also it has a relevant number of policies and regulations for environmental management. They include mechanisms of promotion and economic incentives that encourage an efficient and sustainable use of natural resources. Table 2 is only an example of Ecuadorian regulations that cite renewable energies, and international agreements on the topic that the country has ratified.

Table 2

Ecuadorian legal framework and international agreements on renewable energy

Name	Year
National Constitution of Ecuador [24]	2008
Rio Declaration on Environment and Development [25]	1992
Kyoto Protocol, second period [26]	2013–2020
2030 Agenda for Sustainable Development [27]	2015
'Toda una vida' National Development Plan 2017–2021 [28]	2017–2021
National Energy Efficiency Plan 'PLANEE' 2016–2035 [29]	2016–2035
Organic Code of the Environment [30]	2017
Organic Law of Energy Efficiency [31]	2019
Organic Law of the Public Service of Electric Power [32]	2015
Institutional Framework for Environmental Incentives. Ministerial Agreement No. 140 [33]	2015

Preliminary conclusions

Ecuador promotes the use of renewable sources of energy and energy efficiency through its legal framework: National Constitution of Ecuador, 'Toda una vida' National Development Plan 2017–2021, Organic Code of the Environment, Organic Law of Energy Efficiency, the Organic Law of the Public Service of Electric Power, and so on. Moreover, the country has ratified international commitments on this regard: Kyoto Protocol, Rio Declaration on Environment and Development, 2030 Agenda for Sustainable Development.

LFC is a simple, compact and reasonable technology, with techno-commercial challenges. It is geographically restricted to areas with high DNI, like the Ecuadorian Andes, but fortunately, leading industrial companies are located in many provinces of this region.

In spite of having good solar resource and supportive laws, Ecuador has insufficient research on LFC for SHIP. This technology has not been adopted yet by the industrial sector.

The implementation of LFCs in the manufacturing sector of Ecuador could reduce the use of conventional sources of energy, especially in the food industry.

All these points considered suggest that there is a feasible market for linear Fresnel technology in the country. Nevertheless, this conclusion must be confirmed or denied by means of further research.

References

[1] Berger M, Meyer-Grünefeldt M, Krüger D, Hennecke K, Mokhtar M, Zahler C. First Year of Operational Experience with a Solar Process Steam system for a Pharmaceutical Company in Jordan. *Energy Procedia*. 2016;91: 591–600.

[2] Zahler C, Iglauer O. Solar process heat for sustainable automobile manufacturing. *Energy Procedia*. 2012;30: 775–82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2012.11.088>

[3] Philibert C. *Renewable Energy for Industry*. Paris: International Energy Agency; 2017. Available from: https://www.iea.org/publications/insights/insightpublications/Renewable_Energy_for_Industry.pdf (Accessed 29 February 2019).

[4] IEA-ETSAP, IRENA. *Solar Heat for Industrial Processes: Technology Brief*. Paris, Abu Dhabi; 2015. Available from: http://www.solarthermalworld.org/sites/gstec/files/news/file/2015-02-27/irena-solar-heat-for-industrial-processes_2015.pdf (Accessed 28 February 2019).

- [5] Kurup P, Turchi C. *Initial Investigation into the Potential of CSP Industrial Process Heat for the Southwest United States*. United States; 2015. Available from: <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/64709.pdf>. doi:10.2172/1227710
- [6] Cartuche N. *Evaluation of the commercial potential of linear Fresnel collectors in the industrial sector of Ecuador in the short, medium and long term*. Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University); forthcoming 2019.
- [7] The World Bank Group. *Global Solar Atlas*. 2016. Available from: <https://globalsolaratlas.info/> (Accessed 6 February 2019).
- [8] DOE/NREL/ALLIANCE. *NSRDB Data Viewer*. Available from: <https://nsrdb.nrel.gov/nsrdb-viewer> (Accessed 31 May 2018).
- [9] INEC. *Resultados Índice de Producción de la Industria Manufacturera*. Instituto Nacional de Estadística y Censos; 2018. Available from: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/IPI-M/2018/Mayo-2018/PRESENTACION_RESULTADOS_IPI-M_2018_05.pdf (Accessed 24 July 2018).
- [10] INEC. *Directorio de Empresas y Establecimientos*. 2016. Available from: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Directorio_Empresas/Directorio_Empresas_2016/Principales_Resultados_DIEE_2016.pdf (Accessed 10 March 2019).
- [11] Gunther M. Advanced CSP Teaching Materials – Linear Fresnel Technology. In: *Advanced CSP teaching materials*. EnerMENA, DLR; 2011. pp. 1–43. Available from: <http://www.energy-science.org/bibliotheque/cours/1361468614Chapter06Fresnel.pdf> (Accessed 10 March 2019).
- [12] Kumar V, Shrivastava RL, Untawale SP. Fresnel lens: A promising alternative of reflectors in concentrated solar power. *Renew Sustain Energy Rev*. 2015;44: 376–390.
- [13] The European Union. *Concentrating Solar Power*. The European Union; 2013. Available from: http://setis.ec.europa.eu/energy-research/sites/default/files/docs/ERKCTRSConcentratingSolarPower_print.pdf (Accessed 5 June 2018).
- [14] Mazzaferro CA. *Life Cycle Assessment of Electricity Production from Concentrating Solar Thermal Power Plants*. Università Degli Studi Di Padova; 2017. Available from: http://tesi.cab.unipd.it/57365/1/Alberti_Mazzaferro_Cinzia_1131026.pdf (Accessed 24 February 2019).
- [15] REN21. *Renewable Energy Tenders and Community [Em]power[ment]: Latin America and the Caribbean*. Paris; 2017. Available from: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/09/LAC-Report.pdf> (Accessed 1 April 2018).
- [16] AEE INTEC. *Solar Thermal Plants Database*. 2018. Available from: <http://ship-plants.info/solar-thermal-plants> (Accessed 13 July 2018).
- [17] Solar Payback. *Suppliers of Turnkey Solar Process Heat Systems*. 2019. Available from: <https://www.solar-payback.com/suppliers/> (Accessed 22 January 2019).
- [18] Vannoni C, Battisti R, Drigo S. *Potential for solar heat in industrial processes*. IEA SHC Task 33 and SolarPACES Task IV: Solar heat for industrial processes. Madrid; 2008. Available from: <http://archive.iea-shc.org/publications/task.aspx?Task=33> (Accessed 10 March 2019).
- [19] INER. *Análisis de oportunidades de investigación, desarrollo e innovación en eficiencia energética y energías renovables en Ecuador. Un enfoque desde el sector académico*. Quito; 2016. Available from: <http://iner.ec/plataforma/Documento.pdf> (Accessed 10 March 2019).
- [20] Blanc P, Espinar B, Geuder N, Gueymard C, Meyer R, Pitz-Paal R et al. Direct normal irradiance related definitions and applications: The circumsolar issue. *Solar Energy*. 2014;110: 561–77.
- [21] OECD/IEA. *Technology Roadmap Solar Thermal Electricity*. Paris; 2014. Available from: <https://webstore.iea.org/technology-roadmap-solar-thermal-electricity-2014> (Accessed 24 February 2019).
- [22] Cevallos-Sierra J, Ramos-Martin J. Spatial assessment of the potential of renewable energy: The case of Ecuador. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018;81(P1): 1154–1165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.015>

- [23] Vaca Revelo D. *Validación de datos satelitales de radiación solar utilizando mediciones terrestres para el Ecuador*. Escuela Politécnica Nacional; 2018. Available from: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19516> (Accessed 6 February 2019).
- [24] Asamblea Constituyente del Ecuador. *Constitución de la República del Ecuador 2008*. Registro Oficial 449 República del Ecuador. Available from: https://www.corteconstitucional.gob.ec/images/contenidos/quienes-somos/Constitucion_politica.pdf (Accessed 10 March 2019).
- [25] The United Nations Conference on Environment and Development. *Rio Declaration on Environment and Development 1992*. Available from: http://www.unesco.org/education/pdf/RIO_E.PDF (Accessed 10 March 2019).
- [26] United Nations Climate Change. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. 2018. Available from: <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol> (Accessed 26 June 2018).
- [27] The United Nations. *Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. 2015. Available from: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld> (Accessed 8 February 2019).
- [28] SENPLADES. *Plan Nacional de Desarrollo 2017–2021. Toda una Vida*. Senplades, CNP-003-2017. Ecuador; 2017. Available from: http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf (Accessed 10 March 2019).
- [29] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016–2035*. Ecuador. Available from: http://www.centrosur.gob.ec/sites/default/files/1.PLANEE_maqueta_final_digital_1.pdf (Accessed 10 March 2019).
- [30] Asamblea Nacional. *Código Orgánico del Ambiente 2017*. Registro Oficial Suplemento 983 República del Ecuador. 2017. Available from: http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf (Accessed 10 March 2019).
- [31] Asamblea Nacional. *Ley Orgánica de Eficiencia Energética 2019*. República del Ecuador.
- [32] Asamblea Nacional. *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica 2015*. Registro Oficial Suplemento 418 República del Ecuador.
- [33] Ministerio del Ambiente. *Acuerdo Ministerial 140 Marco institucional para incentivos ambientales 2015*. Registro Oficial Edición Especial 387 Ecuador.

Article history:

Received: 14.03.2019

Revised: 20.06.2019

For citation:

Cartuche Cojitambo N, Redina MM, López Villada J, Soria Peñafiel R. Commercial potential of linear Fresnel solar collectors in the industrial sector of Ecuador: preliminary assessment. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(2): 143–153. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-2-143-153>

Bio notes:

Nathaly Cartuche Cojitambo – master’s student, Department of Applied Ecology, Ecological Faculty, Peoples’ Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information*: e-mail: nathalycartuche@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

Jesus López Villada – Doctor of Mechanical Engineering in HVAC (Heating, Ventilation and Air Aconditioning) Technologies and Energy Efficiency in Buildings, Department of Mechanical Engineering, The National Polytechnic School. *Contact information*: e-mail: jesus.lopez@epn.edu.ec

Rafael Soria Peñafiel – Doctor of Science in Energy Planning, Department of Mechanical Engineering, The National Polytechnic School. *Contact information*: e-mail: rafael.soria01@epn.edu.ec

Обзорная статья

Коммерческий потенциал линейных солнечных коллекторов Френеля в промышленном секторе Эквадора: предварительная оценка

**Н. Картуче Кохитамбо¹, М.М. Редина¹,
Х. Лопес Вильяда², Р. Сория Пеньяфьель²**

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

²Национальная политехническая школа
Республика Эквадор, 170517, Кито, пр-т Ладрон де Гевара, E11-253

Аннотация. Одной из важнейших задач, стоящих перед промышленным сектором, является поиск подходов, которые удовлетворяют растущий спрос на энергию и уменьшают зависимость от невозобновляемых источников энергии. Эквадорская политика поощряет использование возобновляемых источников энергии; тем не менее исследования по концентрированной солнечной энергии в стране малочисленны. В статье представлен обзор предыдущих исследований, посвященных описанию линейных солнечных коллекторов Френеля и их использованию в промышленных процессах, перспективных для их внедрения отраслей промышленности, а также имеющихся для этой цели в Эквадоре солнечных ресурсов. По итогам анализа существующей литературы было выявлено, что обрабатывающая промышленность может стать ключевым сектором для применения данной технологии, что может сократить использование традиционных источников энергии, особенно в пищевой промышленности Андского региона. Результаты будут способствовать будущим тщательным исследованиям по этой теме.

Ключевые слова: концентрированная солнечная энергия; линейные коллекторы Френеля; прямое нормальное излучение; солнечная энергия для промышленных процессов; промышленность; Эквадор

Список литературы

- [1] *Berger M., Meyer-Grünefeldt M., Krüger D., Hennecke K., Mokhtar M., Zahler C.* First Year of Operational Experience with a Solar Process Steam system for a Pharmaceutical Company in Jordan // *Energy Procedia*. 2016. Vol. 91. Pp. 591–600.
- [2] *Zahler C., Iglauer O.* Solar process heat for sustainable automobile manufacturing // *Energy Procedia*. 2012. Vol. 30. Pp. 775–82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2012.11.088>

- [3] *Philibert C.* Renewable Energy for Industry. Paris: International Energy Agency, 2017. URL: https://www.iea.org/publications/insights/insightpublications/Renewable_Energy_for_Industry.pdf (дата обращения: 29.02.2019).
- [4] Solar Heat for Industrial Processes: Technology Brief / IEA-ETSAP, IRENA. Paris, Abu Dhabi, 2015. URL: http://www.solarthermalworld.org/sites/gstec/files/news/file/2015-02-27/irena-solar-heat-for-industrial-processes_2015.pdf (дата обращения: 28.02.2019).
- [5] *Kurup P., Turchi C.* Initial Investigation into the Potential of CSP Industrial Process Heat for the Southwest United States. United States, 2015. URL: <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/64709.pdf>. doi:10.2172/1227710
- [6] *Cartuche N.* Evaluation of the commercial potential of linear Fresnel collectors in the industrial sector of Ecuador in the short, medium and long term. Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University); forthcoming 2019.
- [7] Global Solar Atlas / The World Bank Group. 2016. URL: <https://globalsolaratlas.info/> (дата обращения: 06.02.2019).
- [8] NSRDB Data Viewer / DOE/NREL/ALLIANCE. URL: <https://nsrdb.nrel.gov/nsrdb-viewer> (дата обращения: 31.05.2018).
- [9] Resultados Índice de Producción de la Industria Manufacturera / INEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2018. URL: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/IPI-M/2018/Mayo-2018/PRESENTACION_RESULTADOS_IPI-M_2018_05.pdf (дата обращения: 24.07.2018).
- [10] Directorio de Empresas y Establecimientos / INEC. 2016. URL: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas/Directorio_Empresas_2016/Principales_Resultados_DIEE_2016.pdf (дата обращения: 10.03.2019).
- [11] *Gunther M.* Advanced CSP Teaching Materials – Linear Fresnel Technology // Advanced CSP teaching materials. EnerMENA, DLR, 2011. Pp. 1–43. URL: <http://www.energy-science.org/bibliotheque/cours/1361468614Chapter06Fresnel.pdf> (дата обращения: 10.03.2019).
- [12] *Kumar V., Shrivastava R.L., Untawale S.P.* Fresnel lens: A promising alternative of reflectors in concentrated solar power // Renew Sustain Energy Rev. 2015. Vol. 44. Pp. 376–390.
- [13] Concentrating Solar Power. The European Union, 2013. URL: http://setis.ec.europa.eu/energy-research/sites/default/files/docs/ERKCTRSConcentratingSolarPower_print.pdf (дата обращения: 05.06.2018).
- [14] *Mazzaferro C.A.* Life Cycle Assessment of Electricity Production from Concentrating Solar Thermal Power Plants. Università Degli Studi Di Padova, 2017. URL: http://tesi.cab.unipd.it/57365/1/Alberti_Mazzaferro_Cinzia_1131026.pdf (дата обращения: 24.02.2019).
- [15] Renewable Energy Tenders and Community [Em]power[ment]: Latin America and the Caribbean / REN21. Paris, 2017. URL: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/09/LAC-Report.pdf> (дата обращения: 01.04.2018).
- [16] Solar Thermal Plants Database / AEE INTEC. 2018. URL: <http://ship-plants.info/solar-thermal-plants> (дата обращения: 13.07.2018).
- [17] Suppliers of Turnkey Solar Process Heat Systems / Solar Payback. 2019. URL: <https://www.solar-payback.com/suppliers/> (дата обращения: 22.01.2019).
- [18] *Vannoni C., Battisti R., Drigo S.* Potential for solar heat in industrial processes. IEA SHC Task 33 and SolarPACES Task IV: Solar heat for industrial processes. Madrid, 2008. URL: <http://archive.iea-shc.org/publications/task.aspx?Task=33> (дата обращения: 10.03.2019).
- [19] Análisis de oportunidades de investigación, desarrollo e innovación en eficiencia energética y energías renovables en Ecuador. Un enfoque desde el sector académico / INER. Quito, 2016. URL: <http://iner.ec/plataforma/Documento.pdf> (дата обращения: 10.03.2019).
- [20] *Blanc P., Espinar B., Geuder N., Gueymard C., Meyer R., Pitz-Paal R. et al.* Direct normal irradiance related definitions and applications: the circumsolar issue // Solar Energy. 2014. Vol. 110. Pp. 561–77.
- [21] Technology Roadmap Solar Thermal Electricity / OECD/IEA. Paris, 2014. URL: <https://webstore.iea.org/technology-roadmap-solar-thermal-electricity-2014> (дата обращения: 24.02.2019).

- [22] *Cevallos-Sierra J., Ramos-Martin J.* Spatial assessment of the potential of renewable energy: the case of Ecuador // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 81. Part 1. Pp. 1154–1165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.015>
- [23] *Vaca Revelo D.* Validación de datos satelitales de radiación solar utilizando mediciones terrestres para el Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, 2018. URL: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19516> (дата обращения: 06.02.2019).
- [24] Constitución de la República del Ecuador 2008. Registro Oficial 449 República del Ecuador / Asamblea Constituyente del Ecuador. URL: https://www.corteconstitucional.gob.ec/images/contenidos/quienes-somos/Constitucion_politica.pdf (дата обращения: 10.03.2019).
- [25] The United Nations Conference on Environment and Development. Rio Declaration on Environment and Development 1992. URL: http://www.unesco.org/education/pdf/RIO_E.PDF (дата обращения: 10.03.2019).
- [26] United Nations Climate Change. United Nations Framework Convention on Climate Change. 2018. URL: <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol> (дата обращения: 26.06.2018).
- [27] Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development / The United Nations. 2015. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld> (дата обращения: 08.02.2019).
- [28] Plan Nacional de Desarrollo 2017–2021. Toda una Vida. Senplades, CNP-003-2017. Ecuador, 2017. URL: http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf (дата обращения: 10.03.2019).
- [29] Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016–2035 / Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Ecuador. URL: http://www.centrosur.gob.ec/sites/default/files/1.PLANEE_maquetafinaldigital_1.pdf (дата обращения: 10.03.2019).
- [30] Código Orgánico del Ambiente 2017. Registro Oficial Suplemento 983 República del Ecuador / Asamblea Nacional. 2017. URL: http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf (дата обращения: 10.03.2019).
- [31] Ley Orgánica de Eficiencia Energética 2019. República del Ecuador / Asamblea Nacional.
- [32] Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica 2015. Registro Oficial Suplemento 418 República del Ecuador / Asamblea Nacional.
- [33] Acuerdo Ministerial 140 Marco institucional para incentivos ambientales 2015. Registro Oficial Edición Especial 387 Ecuador / Ministerio del Ambiente.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 14.03.2019

Дата принятия к печати: 20.06.2019

Для цитирования:

Cartuche Cojitambo N., Redina M.M., López Villada J., Soria Peñafiel R. Commercial potential of linear Fresnel solar collectors in the industrial sector of Ecuador: preliminary assessment (Коммерческий потенциал линейных солнечных коллекторов Френеля в промышленном секторе Эквадора: предварительная оценка) // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2019. Т. 27. № 2. С. 143–153. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-2-143-153>

Сведения об авторах:

Картуче Кохитамбо Натали – магистрант кафедры прикладной экологии, экологический факультет, Российский университет дружбы народов. *Контактная информация:* e-mail: nathalycartuche@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

Лопес Вильяда Хесус – доктор технических наук по технологиям ОВКВ (отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха) и энергоэффективности зданий, кафедра машиностроения, Национальная политехническая школа. *Контактная информация:* e-mail: jesus.lopez@epn.edu.ec

Сория Пеньяфьель Рафаэль – доктор технических наук в области энергетического планирования, кафедра машиностроения, Национальная политехническая школа. *Контактная информация:* e-mail: rafael.soria01@epn.edu.ec

**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

АБОНЕМЕНТна 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)

на газету
журналВестник 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