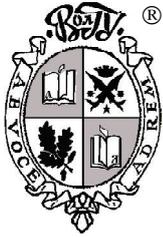


ISSN 2713-1572



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ
И РЕСУРСЫ**

2024

Том 14. № 3

**MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**NATURAL SYSTEMS
AND RESOURCES**

2024

Volume 14. No. 3



NATURAL SYSTEMS AND RESOURCES

2024. Vol. 14. No. 3

Academic Periodical

First published in 2011

4 issues a year

Founder:

Federal State Autonomous
Educational Institution
of Higher Education
“Volgograd State University”

The journal is registered in the Federal Service for
Supervision of Communications, Information
Technology and Mass Media (Registration Number
III № ФС77-74483 of November 30, 2018)

The journal is included into the **Russian Science
Citation Index**

The journal is also included into the following Russian
and international databases: **Google Scholar** (USA),
Open Academic Journals Index (Russia),
ProQuest (USA), **VINITI Database RAS** (Russia),
“CyberLeninka” Scientific Electronic Library (Russia),
“Socionet” Information Resources (Russia), **IPRbooks**
E-Library System (Russia), **E-Library System**
“University Online Library” (Russia)

Editorial Staff:

Assoc. Prof., Dr. *E.A. Ivantsova* – Chief Editor (Volgograd)
Prof., Dr. *V.V. Novochadov* – Deputy Chief Editor
(Volgograd)
Assoc. Prof., Cand. *P.A. Krylov* – Executive Secretary
and Copy Editor (Volgograd)
Prof., Dr. *L.A. Anisimov* (Volgograd)
Dr., Senior Researcher *V.P. Voronina* (Volgograd)
Prof., Dr. *A.A. Okolelova* (Volgograd)
Assoc. Prof., Dr. *V.A. Sagalaev* (Volgograd)
Prof., Dr. *V.V. Tanyukevich* (Novocherkassk)
Assoc. Prof., Dr. *V.G. Yuferev* (Volgograd)

Editorial Board:

Prof., Dr. *S.A. Bartalev* (Moscow); Prof., Dr.
M.N. Belitskaya (Volgograd); Prof., Dr. *Yu.K. Vinogradova*
(Moscow); Assoc. Prof., Dr. *D.S. Vorobyev* (Tomsk); Prof.,
Acad. of RAS *I.F. Gorlov* (Volgograd); Assoc. Prof.,
Dr. *P.M. Dzhambetova* (Grozny); Prof., Dr. *S.I. Kolesnikov*
(Rostov-on-Don); Prof., Dr., Acad. of RAS *I.P. Kruzhilin*
(Volgograd); Prof., Acad. of RAS *K.N. Kulik* (Volgograd);
Assoc. Prof., Dr., Acad. of RANHM *G. Mustafaev* (Baku,
Azerbaijan); Prof., Dr., Acad. of RAS *A.S. Rulev* (Volgograd);
Prof., Dr., Corr. Member of RAS *M.I. Slozhenkina*
(Volgograd); Prof. of RAS, Dr. *N.V. Tiutiuna* (Astrakhan
Oblast, Solyonoye Zaymishche); Prof., Dr. *A.V. Khoperskov*
(Volgograd); Assoc. Prof., Dr. *S.R. Chalov* (Moscow); Prof.,
Acad. of RAS *A.A. Chibilev* (Orenburg); Prof., Dr.
G.Yu. Yamskikh (Krasnoyarsk)

Editor of English texts is *D.A. Novak*

Making up by *E.S. Reshetnikova*

Technical editing by *N.M. Vishnyakova, E.S. Reshetnikova*

Passed for printing on Oct. 21, 2024.

Date of publication: . . , 2024.

Format 60×84/8. Offset paper. Typeface Times.

Conventional printed sheets 4.7. Published pages 5.1.

Number of copies 500 (1st printing 1–26 copies).

Order . «C» 35.

Open price

Address of the Printing House:

Bogdanova St, 32, 400062 Volgograd.

Postal Address:

Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd.

Publishing House of Volgograd State University.

E-mail: izvolgu@volsu.ru

Address of the Editorial Office and the Publisher:

Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd.

Volgograd State University.

Tel.: (8442) 46-16-39. Fax: (8442) 46-18-48

E-mail: vestnik11@volsu.ru

Journal website: <https://ns.jvolsu.com>

English version of the website:

<https://ns.jvolsu.com/index.php/en/>



ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ И РЕСУРСЫ

2024. Т. 14. № 3

Научно-теоретический журнал

Основан в 2011 году

Выходит 4 раза в год

Учредитель:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный университет»

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (регистрационный номер **ПИ № ФС77-74483** от 30 ноября 2018 г.)

Журнал включен в базу **Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)**

Журнал также включен в следующие российские и международные базы данных: **Google Scholar** (США), **Open Academic Journals Index** (Россия), **ProQuest** (США), **ВИНИТИ** (Россия), **Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»** (Россия), **Соционет** (Россия), **Электронно-библиотечная система IPRbooks** (Россия), **Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»** (Россия)

Редакционная коллегия:

д-р с.-х. наук, доц. **Е.А. Иванцова** – главный редактор (г. Волгоград)
д-р мед. наук, проф. **В.В. Новочадов** – зам. главного редактора (г. Волгоград)
канд. биол. наук, доц. **П.А. Крылов** – ответственный и технический секретарь (г. Волгоград)
д-р геол.-минер. наук, проф. **Л.А. Анисимов** (г. Волгоград)
д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр. **В.П. Воронина** (г. Волгоград)
д-р биол. наук, проф. **А.А. Околелова** (г. Волгоград)
д-р биол. наук, доц. **В.А. Сагалаев** (г. Волгоград)
д-р с.-х. наук, проф. **В.В. Танюкевич** (г. Новочеркасск)
д-р с.-х. наук, доц. **В.Г. Юфферев** (г. Волгоград)

Редакционный совет:

д-р техн. наук, проф. **С.А. Барталев** (г. Москва); д-р биол. наук, проф. **М.Н. Белицкая** (г. Волгоград); д-р биол. наук, проф. **Ю.К. Виноградова** (г. Москва); д-р биол. наук, доц. **Д.С. Воробьев** (г. Томск); проф., академик РАН **И.Ф. Горлов** (г. Волгоград); д-р биол. наук, доц. **П.М. Джамбетова** (г. Грозный); д-р с.-х. наук, проф. **С.И. Колесников** (Ростов-на-Дону); д-р с.-х. наук, проф., академик РАН **И.П. Кружилин** (г. Волгоград) проф., академик РАН **К.Н. Кулик** (г. Волгоград); д-р с.-х. наук, доц., академик РАН **М.Г. Мустафаев** (г. Баку, Азербайджан); д-р с.-х. наук, проф., академик РАН **А.С. Рулев** (г. Волгоград); д-р биол. наук, проф., чл.-кор. РАН **М.И. Сложеникина** (г. Волгоград); д-р с.-х. наук, проф. РАН **Н.В. Тютюма** (Астраханская обл., с. Соленое Займище); д-р физ.-мат. наук, проф. **А.В. Хоперсков** (г. Волгоград); д-р геогр. наук, доц. **С.Р. Чалов** (г. Москва); д-р геогр. наук, проф., академик РАН **А.А. Чибилев** (г. Оренбург); д-р геогр. наук, проф. **Г.Ю. Ямских** (г. Красноярск)

Редактор английских текстов **Д.А. Новак**

Верстка **Е.С. Решетниковой**

Техническое редактирование **Н.М. Вишняковой, Е.С. Решетниковой**

Подписано в печать 21.10 2024 г.

Дата выхода в свет: . 2024 г.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 4,7. Уч.-изд. л. 5,1

Тираж 500 экз. (1-й завод 1–26 экз.). Заказ . «С» 35.

Свободная цена

Адрес типографии:

400062 г. Волгоград, ул. Богданова, 32.

Почтовый адрес:

400062 г. Волгоград, просп. Университетский, 100.

Издательство

Волгоградского государственного университета.

E-mail: izvolgu@volsu.ru

Адрес редакции и издателя:
400062 г. Волгоград, просп. Университетский, 100.
Волгоградский государственный университет.
Тел.: (8442) 46-16-39. Факс: (8442) 46-18-48
E-mail: vestnik11@volsu.ru

Сайт журнала: <https://ns.jvolsu.com>

Англояз. сайт журнала:

<https://ns.jvolsu.com/index.php/en/>



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ, ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ

Андреева Д.А. Сравнительный анализ
лесомелиоративных мероприятий
на урбанизированных территориях 5

Зализняк Е.А., Иванцова Е.А. Актуальность
разработки методики оценки экологического
состояния зеленых насаждений г. Волгограда 14

ЭКОЛОГИЯ

Бодров А.О., Иванцова Е.А. Сравнительная
характеристика насадочных устройств
для селективной очистки газовых выбросов
в промышленных адсорберах
в зависимости от степени орошения 22

Шикунов В.В., Иванцова Е.А. Особенности
гидрологического режима водных объектов
Волжского бассейна
на территории Волгоградской области 35

Белфархи Л., Баири А.М. Нейропротекторное действие
Calotropis procera (Aiton) W.T.Aiton против токсичности
хлоридов ртути [На англ. яз.] 44

CONTENTS

FORESTRY, SILVICULTURE, FOREST CROPS, AGROFORESTRY, LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION

Andreeva D.A. Comparative Analysis
of Forest Reclamation Measures
in Urbanized Areas 5

Zaliznyak E.A., Ivantsova E.A. The Relevance
of the Development of a Methodology for Assessing
the Ecological State of Green Spaces in Volgograd 14

ECOLOGY

Bodrov A.O., Ivantsova E.A. Comparative
Characteristics of Nozzle Devices
for Selective Purification of Gas Emissions
in Industrial Adsorbers,
Depending on the Degree of Irrigation 22

Shikunov V.V., Ivantsova E.A. Features
of the Hydrological Regime
of the Water Bodies of the Volga Basin
in the Volgograd Region 35

Belfarhi L., Bairi A.M. The Neuroprotective Effect
of *Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton
Against Toxicity of Mercury Chlorids 44



**ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО,
ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ,
АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ**

DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.1>

UDC 574.3:711.4

LBC 43.68



**COMPARATIVE ANALYSIS OF FOREST RECLAMATION MEASURES
IN URBANIZED AREAS**

Darya A. Andreeva

Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation;
Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. Currently, there is a positive trend in the rate of urban growth. The increase in urbanized areas has a negative impact not only on the appearance of landscapes, but also significantly changes the climate of the territory, hydrological regime, relief and soils. To curb such negative effects, plans for large-scale greening have been developed around the world. Green spaces are able not only to resist the influence of urbanization, but also to perform the corresponding functions. This experience was first demonstrated using the example of London (Great Britain), after which the trend for green belts and rings spread to other countries. Despite the fact that the creation and maintenance of such massive green spaces is very labor- and resource-intensive, many countries decide on such an experience for more comfortable living and the ability to curb the rapid pace of urban growth. Using the example of green belts and rings in Great Britain, China, Korea and Canada, the reasons for the creation of spaces were considered, and their current condition was analyzed. Despite all the positive functions (protective, climate-forming, etc.), it is becoming more difficult to maintain green areas due to low demand and interest of countries. Inconsistent care entails the death of plants, including from their natural aging. Green areas are transferred for development, and since they are also popular recreational territories, the spaces are exposed to harmful anthropogenic impacts in the form of fires and pollution. The conducted studies are important from the point of view of assessing the creation of spaces in other countries, and also allow us to analyze the shortcomings in this matter.

Key words: green ring, urbanization, forest reclamation, green spaces, landscape.

Citation. Andreeva D.A. Comparative Analysis of Forest Reclamation Measures in Urbanized Areas. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 5-13. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.1>

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Дарья Александровна Андреева

ФНЦ Агрэкологии РАН, г. Волгоград, Российская Федерация;
Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В настоящее время прослеживается положительная тенденция к темпам роста городов. Увеличение урбанизированных территорий негативно отражается не только на внешнем виде ландшафтов, но и в значительной степени меняет климат территории, гидрологический режим, рельеф и почвы. Для сдерживания подобных негативных эффектов по всему миру стали разрабатываться планы по масштабному озеленению. Зеленые массивы способны не только противостоять влиянию урбанизации, но и выполнять соответствующие функции. Впервые данный опыт был продемонстрирован на примере Лондона (Великобритания), после чего тенденция на зеленые пояса и кольца распространилась и в других странах. Несмотря на то, что создание и поддержание таких массивных зеленых насаждений весьма трудоемкие и ресурсозатратные, многие страны решаются на подобный опыт для более комфортного проживания и возможности сдерживать быстрый темп роста городов. На примере зеленых поясов и колец в Великобритании, Китае, Кореи и Канаде были рассмотрены причины создания массивов, а также проанализировано их состояние на данный момент. При всех положительных функциях (защитная, климатообразующая и т. д.) поддерживать зеленые насаждения становится сложнее вследствие малых востребованности и заинтересованности стран. Непостоянный уход влечет за собой гибель растений, в том числе и от их естественного старения. Зеленые зоны переводятся под застройку, а поскольку они также являются популярными рекреационными территориями, на массивы оказывается пагубное антропогенное воздействие в виде пожаров и загрязнения. Проведенные исследования являются важными с точки зрения оценки создания массивов в других странах, а также позволяют проанализировать недостатки в данном вопросе.

Ключевые слова: зеленое кольцо, урбанизация, лесомелиорация, зеленые насаждения, ландшафт.

Цитирование. Андреева Д. А. Сравнительный анализ лесомелиоративных мероприятий на урбанизированных территориях // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 5–13. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.1>

Введение

Начиная с XX в. урбанизация стала явлением глобального масштаба. Увеличение темпов роста городов и следовательно изъятия прилегающих к ним земель достигло 920 км² ежегодно. Процесс урбанизации характеризуется увеличением давления на все компоненты окружающей среды. Например, рост городов приводит к образованию «тепловых островов», которые локально увеличивают температуру воздуха и в регионах с недостаточным увлажнением способствуют ухудшению жизни населения и понижению жизнестойкости зеленых насаждений [4–7; 9]. Другой негативный процесс связан с запечатыванием поверхностей почв и грунтов, что напрямую влияет на поверхностный и внутрисочвенный сток и также может стать причиной образования

«тепловых островов» [3; 13]. Для смягчения негативного влияния урбанизации в разное время прибегали к масштабному озеленению. Массивные насаждения обладают спектром различных функций. Большие зеленые массивы выполняют защитную функцию, вместе с ней градостроительную, средообразующую, климатообразующую, эстетическую и т. д. Насаждения местного пользования высаживаются для смягчения таких явлений как эрозия почв, дефляция, пыльные бури, суховеи. Помимо этого, обладая средо- и климатообразующими функциями, массивы способны влиять на засушливые территории, а также снижать антропогенное (транспортное и атмосферное) загрязнение. Масштабные озеленения становятся так называемыми «зелеными коридорами» и обретают свое место в экологическом каркасе региона [2; 8].

Изначальной целью создания таких массивных зеленых насаждений, которые позже стали именоваться зелеными поясами или кольцами, было ограничение урбанизированной территории и общее уменьшение площади городов. Впервые термин «зеленый пояс» был употреблен в 1875 г. Октавией Хилл (1838–1912). Она активно выступала против расширения урбанизированных территорий, борясь за сохранение «английского наследия», а именно за места природной красоты и пригородные лесные массивы. Термин «зеленый пояс», введенный Хилл О., означал пространство, предназначенное только для сельского и лесного хозяйства, а также для выполнения эстетической функции [16].

Основная проблема при создании зеленых массивов заключается в поддержании их состояния. После преобразования территории за посадками требуется тщательный уход и постоянный мониторинг, направленный на сохранение и долговечность древесной растительности. Одним из частых примеров гибели зеленых насаждений местного пользования являются антропогенные и природные пожары, а также постепенное увядание и последующая гибель растительности ввиду неподходящего ухода или же его полного отсутствия. Помимо этого, зеленые пояса и кольца также часто становятся рекреационными зонами, из-за чего антропогенная деятельность, проявляющаяся в несанкционированных мусорных свалках или возгораниях массивов, только усугубляет качество насаждений. Однако сложившаяся мода призывает многие государства придерживаться «зеленой» политики не только в плане «зеленого» производства, но и рекультивации территории [4].

Цель работы заключается в рассмотрении и характеристике объектов масштабного озеленения на примере зеленых поясов странах Европы, Азии и Северной Америки.

Объектом исследования являются проекты по масштабному защитному озеленению на примере Лондона (Великобритания), Пекина (Китайская Народная Республика), Сеула (Республика Корея) и Оттавы (Канада).

Материалы и методы

Обзор основан на анализе публикаций, национальных докладов и методических указаний, связанных с разработкой и реализаци-

ей проектов по масштабному озеленению вокруг городов. При проведении анализа и сравнительной характеристике проектов масштабного озеленения упор делался на получение следующей информации: год создания объекта, его площадь на начальном и современном этапах, сохранность лесных насаждений и спектр выполняемых ими функций.

Результаты и обсуждение

Идея создания Зеленого пояса Великобритании (Green Belt UK) зародилась в 1898 г., а позже, в 1926 г. была основана благотворительная организация Campaign to Protect Rural England, главной задачей которой являлось замедление стремительного роста городов. К 1935 г. в Великобритании уже задумывались о создании первого зеленого пояса на территориях Лондона, а к 1938 г. был представлен закон, по плану которого началась масштабная рекультивация территории как столицы Великобритании, так и близлежащих графств [15]. Великобритания стала одной из первых стран, на территории которой стали проводиться масштабные проекты по озеленению местности и сохранению естественных ландшафтов. На данный момент территория Зеленого пояса Великобритании (Green Belt UK) насчитывает 1 638,4 тыс. га и занимает около 12,6 % от общей площади суши Великобритании. При этом на Лондон приходится около 10 % всего Зеленого пояса, остальные участки масштабных посадок отведены графствам преимущественно в центральной и северной частях страны (см. рис. 1) [17].

В Китайской Народной Республике (КНР) зеленые пояса были необходимы для предотвращения опустынивания территории Пекина. Идея озеленения столицы КНР датируется 1958 годом, где данная концепция была отражена в Генеральном плане города. Начало масштабного возведения Зеленого пояса можно считать 1986 г. Пекин стал одним из первых городов своей страны, в котором проводились рекультивации и облагораживания земель. Общая площадь Зеленого пояса КНР составляет 130,1 тыс. га (18,4 %), она делится на два участка: 1 – внутреннее кольцо, занимает около 24,0 тыс. га и находится в непосредственной близости к урбанизированным территориям, огибая автодороги; 2 – внешнее кольцо площадью 106,1 тыс. га (81,6 %) (см. рис. 2).

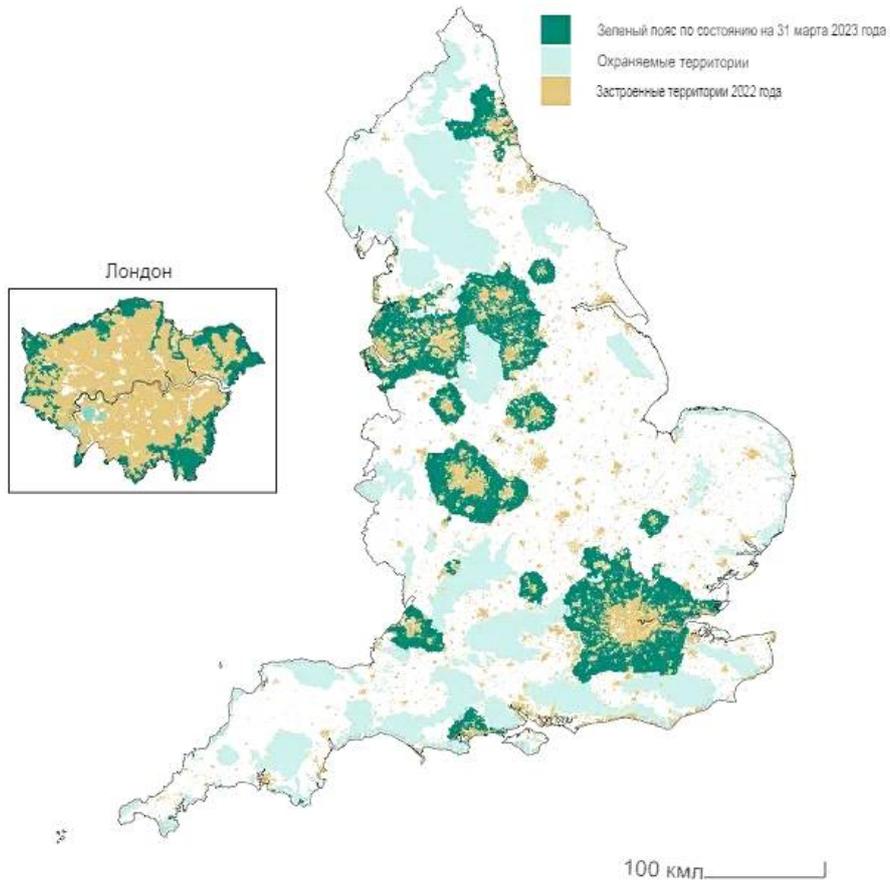


Рис. 1. Карта-схема Зеленого пояса Великобритании

Примечание. Источник: [17].

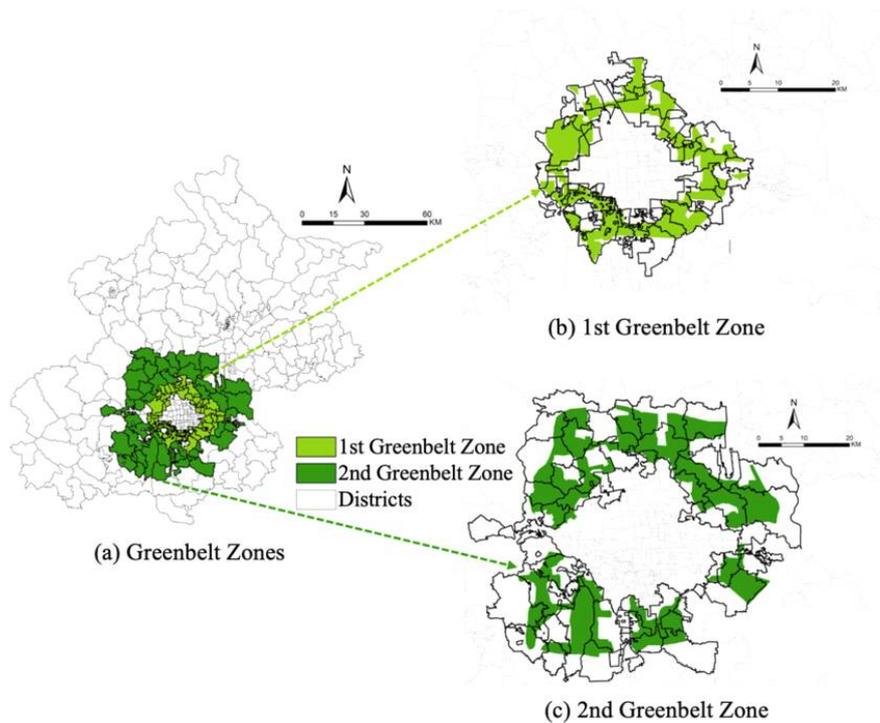


Рис. 2. Карта-схема внутреннего (1st) и внешнего (2nd) колец Зеленого пояса Пекина

Примечание. Источник: [12; 14].

Несмотря на серьезную политику КНР по поводу облагораживания земель и серьезную работу над созданием зеленых зон, внутреннее кольцо Пекина подвержено высокому антропогенному влиянию в виде загрязнения от передвижных источников и близости к застройкам. Наряду с этим, внешнее кольцо находится лишь на первых стадиях развития, превышая территорию внутреннего кольца почти в 7 раз. Несмотря на законопроекты, Зеленый пояс продолжает подвергаться застройке и освоению под сельское хозяйство [1].

Зеленая политика Республики Корея, касающаяся облагораживания столицы – г. Сеула, была тесно схожа с идеями англичан и китайцев. Начиная с 1970-го г. в Республике Корея был принят первый пакет документов, положивший начало рекультивации земель. На тот момент основной задачей данных реформ было сдерживание разрастающихся урбанизированных территорий, а также сохранения природной среды для благоприятных условий жизни горожан. Общая площадь Зеленого пояса всей Кореи составила 284,8 тыс. га, из которых 157,7 тыс. га располагается на территории г. Сеула, а остальные 127,1 тыс. га в провинциях Инчхон (7 %) и Кенгидо (93 %)

(рис. 3). Однако в последние годы политика Республики Корея в отношении зоны контроля развития, в число которой входит Зеленый пояс Сеула, изменилась, и территории стали освобождаться под Сеульскую агломерацию. На данный момент 27 % зеленых территорий подвержены застройкам. Данное явление реализуется из-за недостатка земель под строительство жилых домов и коммерческих организаций [1; 8; 18].

Одним из самых крупных и противоречивых примеров можно назвать г. Оттава (Канада). С 1902 г. решался вопрос озеленения столицы и ее пригородов. Первая идея создания пояса вокруг города была отвергнута из-за начавшейся Первой мировой войны; вторая идея также не была реализована, поскольку проектирование зеленого пояса основывалось лишь на эстетической точке зрения граждан, пренебрегая научным подходом; третья идея предполагала уже прямой научный подход к рекультивации в виде создания зеленых коридоров и сохранения местных экосистем, однако и тут город потерпел неудачу – ввиду законов Канады столица не могла распоряжаться близлежащими территориями, власти пригородов не соглашались на осуществление проекта. Масштабный перекуп терри-



Рис. 3. Карта-схема Зеленого пояса Республики Корея

Примечание. Источник: [10].

торий с целью защиты от застройки начался в 1956 г., и только в 1990 г. законопроект о создании зеленых поясов был пересмотрен (рис. 4).

На данный момент Зеленый пояс Оттавы занимает 20,6 тыс. га и, по сравнению с предыдущими попытками создания, насаждения местного пользования по сегодняшний день расширяются, увеличивая долю природных территорий и уменьшая количество сельскохозяйственных земель и транспортных инфраструктур (см. таблицу).

Таким образом, наблюдается уменьшение площади зеленых насаждений с момента их образования по настоящее время. Основными причинами выступают перевод земель в зоны застройки, антропогенная нагрузка и естественное увядание древесно-кустарникового покрова в силу отсутствия должного ухода и финансирования.

Заключение

В ходе рассмотрения примеров масштабного озеленения в странах Европы, Азии и Северной Америки можно сделать вывод о восходящей тенденции к реализации подобных проектов. Так, наиболее успешно проекты были осуществлены на территориях Пекина и Оттавы, где наблюдение за состоянием массивов продолжается на законодательном уровне. В противовес представлены Лондон и Сеул, в которых, несмотря на большие вложения и принятые законопроекты, рекреационные территории подвергаются постоянной застройке и естественному увяданию в ходе непостоянного ухода. Зеленые пояса являются неотъемлемой частью в градостроительстве, выполняют защитные функции и способствуют комфортному проживанию населения внутри городов.

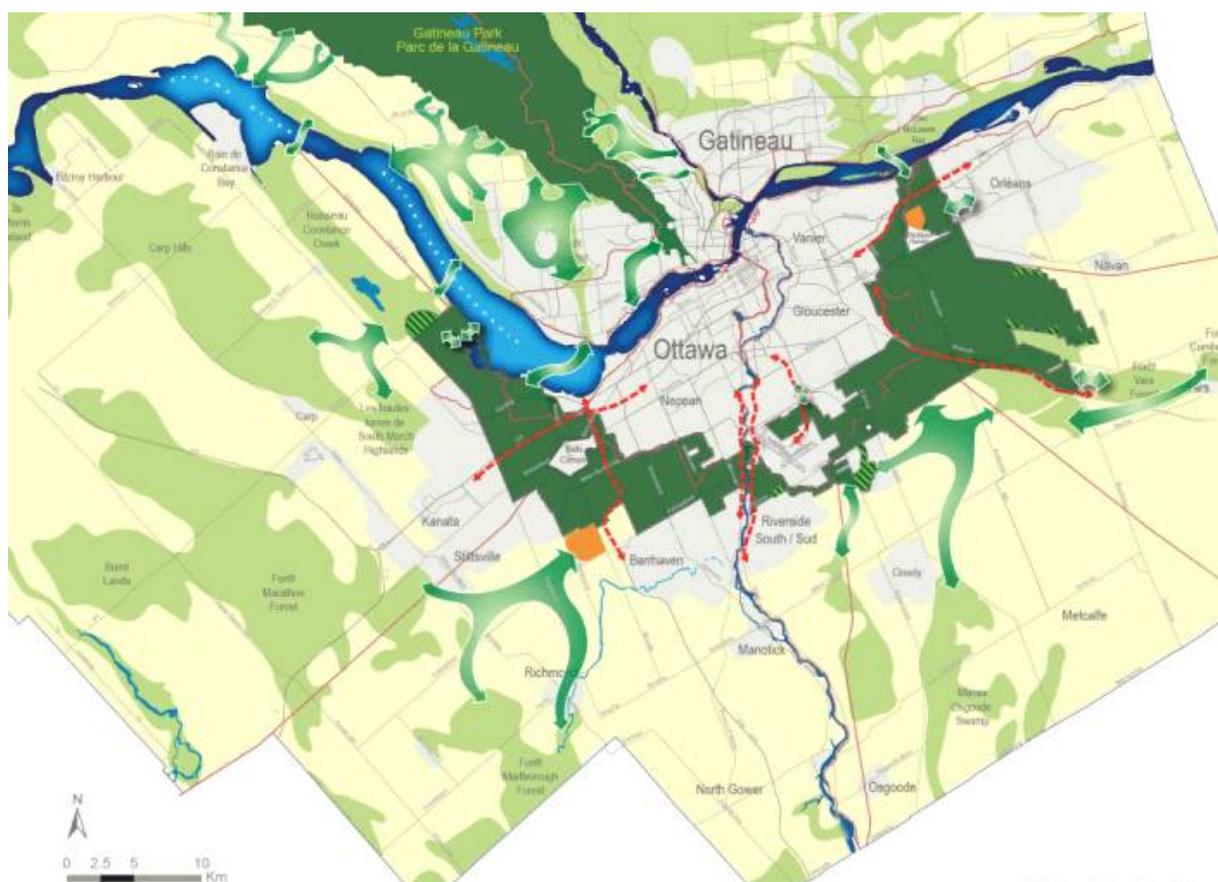


Рис. 4. Карта-схема Зеленого пояса Оттавы (Канада)

Примечание. Источник: [11].

Сравнительная характеристика Зеленых поясов Лондона, Пекина, Сеула и Канады

Город	Площадь на момент реализации проекта, тыс. га	Площадь на современном этапе, тыс. га	Выполняемые функции	Год создания	Современное состояние	Породный состав
Лондон	1 671,5	1 638,4	Ограничение урбанизации	1938	Стремительное сокращение зеленых территорий в пользу застройки	Липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i> , Mill.), Платан клёнолистный (<i>Platanus hispanica</i> Mill. ex Münchh.), Тополь черный (<i>Populus nigra</i> , L.)
Пекин	130,1	106,0	Защита от пыльных бурь, дефляции	1986	Удовлетворительное состояние внутреннего кольца, внешнее кольцо подвергается освоению с/х земель и застройке	Тополь Китайский (<i>Populus simonii</i> Carriere)
Сеул	157,7	145,0	Ограничение урбанизации, сохранение природной среды	Начало 1970-х	27 % зеленых насаждений подвержены застройке	Сосна густоцветковая (<i>Pinus densiflora</i> , Siebold et Zucc.), Сосна Тунберга (<i>Pinus thunbergii</i> , Parl.), Корейский кедр (<i>Pinus koraiensis</i> , Siebold & Zucc.), Лиственница Кемпфера (<i>Larix kaempferi</i> , (Lamb.) Carriere), Каштан посевной (<i>Castanea sativa</i> , Mill.)
Оттава	20,6	12,2	Ограничение урбанизации, сохранение природной среды, уменьшение с/х земель	1956	Расширение зеленых территорий для уменьшения с/х земель и транспортных инфраструктур	Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> L.), Клен серебристый (<i>Acer saccharinum</i> L.), Ясень пенсильванский (<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall), ель сизая (<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss)

Примечание. Составлено по: [10–14; 16–18].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авраменко, А. А. Сравнительный анализ подходов к озеленению городов за рубежом (на примере Пекина, Сеула и Оттавы) / А. А. Авраменко, Н. И. Метлицкая // Науковедение. – 2017. – Т. 9, № 4. – С. 1–18.
2. Иванцова, Е. А. Агроэкологическое значение защитных лесных насаждений в Нижнем Поволжье / Е. А. Иванцова // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. – 2014. – № 4 (10). – С. 40–47. – DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu11.2014.4.5>
3. Картографирование и оценка степени запечатанности почв города Волгограда / О. А. Гордиенко, И. В. Манаенков, А. В. Холоденко, Е. А. Иванцова // Почвоведение. – 2019. – № 11. – С. 1383–1392.
4. Кошелева, О. Ю. Зеленый пояс Волгограда как объект мониторинга / О. Ю. Кошелева // Научно-

агрономический журнал. – 2017. – № 2 (101). – С. 42–44.

5. Овсянкин, Р. В. Воздействие антропогенной нагрузки на насаждения в функциональных зонах урбанизированной среды г. Волгограда / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2015. – С. 350–356.

6. Овсянкин, Р. В. Компьютерное картографирование сохранности зеленых насаждений в городских ландшафтах / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 134–140.

7. Овсянкин, Р. В. Состояние зеленых насаждений в промышленной зоне г. Волгограда / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и выс-

шее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 119–127.

8. Павловский, Е. С. Агроресомелиорация и плодородие почв / Е. С. Павловский, Ю. И. Васильев, К. И. Зайченко ; под ред. Е. С. Павловского. – М. : Агропромиздат, 1991. – 288 с.

9. Связь сезонной динамики температуры поверхности и NDVI урбанизированных территорий засушливой зоны (на примере Волгоградской агломерации) / С. С. Шинкаренко [и др.] // Исследование Земли из космоса. – 2021. – № 4. – С. 72–83. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S0205961421040084>

10. Bengston, D. Urban Containment Policies and the Protection of Natural Areas: The Case of Seoul's Greenbelt / D. Bengston, Y.Y. Chang // *Ecology and Society* – 2006. – Vol. 11, iss. 1. – Art. 3.

11. Canada's Capital Greenbelt Master Plan // National Capital Commission. – 2013. – URL: <http://s3.amazonaws.com/ncc-ccn/documents/final-2013-greenbelt-master-plan-en.pdf?mtime=20170419220009>

12. Chen, Ch. Planning Urban Nature. Urban Green Space Planning in Post-1949 China: Beijing as a Representative Case Study / Ch. Chen. – Lincoln, Lincoln University, 2013. – 259 p.

13. Effect of Underground Urban Structures on Eutrophic Coastal Environments / T. Nakayama [et al.] // *Science of Total Environment*. – 2007. – No. 373. – P. 270–288.

14. Gong, F.-Y. Evaluating the Performance of the Greenbelt Policy in Beijing Using Multi-Source Long-Term Satellite Observations from 2000 to 2020 / F.-Y. Gong, C. Wang // *Remote Sens.* – 2023. – Vol. 15, iss. 19. – Art. 4766.

15. Green Belts: A Greener Future. – London, Natural England and the Campaign to Protect Rural England, 2010. – 138 p.

16. Jones, S. The Enduring Relevance of Octavia Hill / S. Jones // *Demos*. – 2012. – P. 93–96.

17. Local Authority Green Belt Statistics for England: 2023 to 2024 // GOV.UK. – 2024. – URL: <https://www.gov.uk/government/statistics/local-authority-green-belt-statistics-for-england-2022-to-2023/local-authority-green-belt-england-2023-24-statistical-release>

18. Yamamoto K. Comparison of the Garden City Concept and Green Belt Concept in Major Asian and Oceanic Cities / K. Yamamoto // *World Academy of Science, Engineering and Technology*. – 2009. – Vol. 3, no. 6. – P. 1055–1064.

REFERENCES

1. Avramenko A.A., Metlitskaya N.I. Sravnitel'nyj analiz podhodov k ozeleneniju gorodov za rubezhom (na primere Pekina, Seula i Ottavy)

[Comparative Analysis of Approaches to Urban Greening Abroad (Using Beijing, Seoul and Ottawa as Examples)]. *Naukovedenie*, 2017, vol. 9, no. 4, pp. 1-18.

2. Ivantsova E.A. Agroecologicheskoe znachenie zashchitnyh lesnih nasajdeniy v Nijnem Povolje [Agroecological Significance of Protective Forest Plantations in the Lower Volga Region]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11: Estestvennye nauki* [Bulletin of the Volgograd State University. Episode 11: Natural Sciences.], 2014, no. 4 (10), pp. 40-47. DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu11.2014.4.5>

3. Gordienko O.A., Manaenkov I.V., Kholodenko A.V., Ivantsova E.A. Kartografirovanie i ocenka stepeni zapechatannosti pochv goroda Volgograda [Mapping and Assessment of the Degree of Sealing of the Soils of the City of Volgograd]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 2019, no. 11, pp. 1383-1392.

4. Kosheleva O.Ju. Zelenyj pojas Volgograda kak obekt monitoringa [Volgograd Green Belt as a Monitoring Object]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2017, no. 2 (101), pp. 42-44.

5. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Vozdeystvie antropogennoy nagruzki na nasajdeniya v funkcionalnyh zonah urbanizirovannoy sredy g. Volgograda [The Impact of Anthropogenic Load on Plantings in the Functional Zones of the Urbanized Environment of Volgograd]. *Ecologicheskaya bezopastnost i ohrana okruzhayushchey sredy v regionah Rossii: teoriya i praktika: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Environmental Safety and Environmental Protection in the Regions of Russia: Theory and Practice. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Volgograd, Izdvo VolGU, 2015, pp. 350-356.

6. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Kompyuternoe kartografirovanie sohrannosti zelenykh nasajdeniy v gorodskih landshaftah [Computer Mapping of the Preservation of Green Spaces in Urban Landscapes]. *Izvestiya Nizhnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee rofessionalnoe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2016, no. 2 (42), pp. 134-140.

7. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Sostoyanie zelenykh nasajdeniy v promyshlennoy zone g. Volgograda [The State of Green Spaces in the Industrial Zone of Volgograd]. *Izvestiya Nizhnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee rofessionalnoe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2016, no. 2 (42), pp. 119-127.

8. Pavlovskij E.S., Vasil'ev J.I., Zajchenko K.I. *Agrolesomeliacija i plodorodie pochv*

[Agroforestry and Soil Fertility]. Moscow, Agropromizdat, 1991. 288 p.

9. Shinkarenko S.S., Kosheleva O.J., Gordienko O.A. Svjaz' sezonnoj dinamiki temperatury poverhnosti i NDVI urbanizirovannyh territorij zasushlivoj zony (na primere Volgogradskoj aglomeracii) [Relationship Between Seasonal Dynamics of Surface Temperature and NDVI of Urbanized Territories of Arid Zone (Using the Example of Volgograd Agglomeration)]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2021, no. 4, pp. 72-83. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0205961421040084>

10. Bengston D., Chang Y. Y. Urban Containment Policies and the Protection of Natural Areas: The Case of Seoul's Greenbelt. *Ecology and Society*, 2006, vol. 11, iss. 1, art. 3.

11. Canada's Capital Greenbelt Master Plan. *National Capital Commission*, 2013. URL: <http://s3.amazonaws.com/ncc-ccn/documents/final-2013-greenbelt-master-plan-en.pdf?mtime=20170419220009>

12. Chen Ch. *Planning Urban Nature. Urban Green Space Planning in Post-1949 China: Beijing as a Representative Case Study*. Lincoln, Lincoln University, 2013. 259 p.

13. Nakayama T., Watanabe M., Kazunori T., Morioka T. *Effect of Underground Urban Structures on Eutrophic Coastal Environments Science of Total Environment*, 2007, no. 373, pp. 270-288.

14. Gong F.-Y., Wang C. Evaluating the Performance of the Greenbelt Policy in Beijing Using Multi-Source Long-Term Satellite Observations from 2000 to 2020. *Remote Sens*, 2023, vol. 15, iss. 19, art. 4766.

15. *Green Belts: A Greener Future*. London, Natural England and the Campaign to Protect Rural England, 2010. 138 p.

16. Jones S. The Enduring Relevance of Octavia Hill. *Demos*, 2012, pp. 93-96.

17. Local Authority Green Belt Statistics for England: 2023 to 2024. *GOV.UK*, 2024. URL: <https://www.gov.uk/government/statistics/local-authority-green-belt-statistics-for-england-2022-to-2023/local-authority-green-belt-england-2023-24-statistical-release>

18. Yamamoto K. Comparison of the Garden City Concept and Green Belt Concept in Major Asian and Oceanic Cities. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 2009, vol. 3, no. 6, pp. 1055-1064.

Information About the Author

Daria A. Andreeva, Laboratory Researcher, Soil Erosion Protection Laboratory, Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation; Master, Department of Ecology and Nature Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, andreeva-da@vfanc.ru

Информация об авторе

Дарья Александровна Андреева, лаборант-исследователь лаборатории защиты почв от эрозии, ФНЦ Агроэкологии РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация; магистр кафедры экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, andreeva-da@vfanc.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.2>

UDC 504.064

LBC 20.18

THE RELEVANCE OF THE DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ASSESSING THE ECOLOGICAL STATE OF GREEN SPACES IN VOLGOGRAD

Elena A. Zaliznyak

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Elena A. Ivantsova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The preservation of the viability of green spaces in conditions of high anthropogenic load begins with an assessment of their ecological condition. Operational data on the state of landscaping facilities are necessary to determine the quality of green spaces, identify negative factors affecting the state of landscaping, and conduct further monitoring. Currently, Russia does not have a unified methodology for assessing the ecological state of green spaces in an urbanized area. Approved by the local administration of several Russian cities, the methods have differences and limitations in their applicability. The methods of field research in urban ecosystems are used as a methodological basis, while there are no approaches to a comprehensive assessment of the viability of the green fund. The development of a uniform approach to the assessment of the ecological state of green spaces is due to the need to obtain objective grounds for making decisions on the impact on the objects of green spaces of the city (identification of negative impact factors, implementation of measures to restore and protect, improve the quality of green spaces and improve the quality of the urban environment as a whole).

Key words: ecological condition of green spaces, assessment methods, urban territories, assessment of the quality of the urban environment, Volgograd.

Citation. Zaliznyak E.A., Ivantsova E.A. The Relevance of the Development of a Methodology for Assessing the Ecological State of Green Spaces in Volgograd. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 14-21. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.2>

УДК 504.064

ББК 20.18

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ г. ВОЛГОГРАДА

Елена Алексеевна Зализняк

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Елена Анатольевна Иванцова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Сохранение жизнеспособности зеленых насаждений в условиях высокой антропогенной нагрузки начинается с оценки их экологического состояния. Оперативные данные о состоянии объектов озеленения необходимы для определения качества зеленых насаждений, выявления негативных факторов, влияющих на состояние озеленения, и проведения дальнейшего мониторинга. В настоящее время в России отсутствует унифицированная методика оценки экологического состояния зеленых насаждений на урбанизированной территории. Утвержденные местной администрацией нескольких российских городов, методики имеют различия и ограничения по их применимости. В качестве методологической основы применяются методы натуральных исследований в городских экосистемах, при этом отсутствуют подходы к комплексной оценке состояния жизнеспособности зеленого фонда. Разработка единообразного подхода к оценке эколо-

гического состояния зеленых насаждений обусловлена потребностью в получении объективных оснований для принятия решений о воздействии на объекты зеленых насаждений города (выявление факторов негативного воздействия, выполнение мероприятий по восстановлению и защите, повышению качества зеленых насаждений и улучшение качества городской среды в целом).

Ключевые слова: экологическое состояние зеленых насаждений, методики оценки, урботерритории, оценка качества городской среды, Волгоград.

Цитирование. Зализняк Е. А., Иванцова Е. А. Актуальность разработки методики оценки экологического состояния зеленых насаждений г. Волгограда // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 14–21. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.2>

Благоустройство городской среды в настоящее время не только требование к удовлетворению потребностей горожан в местах отдыха и комфортной территории проживания, но и наличие зеленых насаждений, позволяющих снизить антропогенный прессинг на городскую среду и поддержать качество атмосферного воздуха [30].

Майским указом президента России установлены амбициозные цели и задачи, направленные на улучшение состояния окружающей среды. Национальный проект «экологическое благополучие» стартует с 1 января 2025 года. Его целевые задачи, сокращение выбросов загрязняющих веществ и сохранение лесов и биологического разнообразия, связаны в том числе и с экологическим состоянием зеленых насаждений в городской черте, с учетом их средорегулирующей и средообразующей функций. Охлаждение городских температур, сохранение биоразнообразия, депонирование углерода, задерживание пыли, повышение ионизации воздуха, смягчение последствий изменения климата все эти функции городских зеленых насаждений, выступающих естественным фильтром атмосферного воздуха урбанизированной территории, зависят от их экологического состояния.

Отсутствие должного благоустройства и ухода за зелеными насаждениями значительно ухудшают их экологическое состояние, эстетическое восприятие и санитарно-гигиенические свойства [4].

Оценкой экологического состояния зеленых насаждений на урбанизированных территориях занимались Е.А. Иванцова [6–9; 12], С.Н. Кириллов, Ю.С. Половинкина [10], Р.В. Овсянкин [16–19], А.А. Тихонова [28–29] (по г. Волгоград); Ю.М. Авдеев, А.Е. Костин, Д.В. Титов, Ю.П. Попов [31] (по г. Вологда); Е.О. Гудзенко [5] (по г. Ростов-на-Дону);

Н.Б. Мощеникова [14] (по г. Санкт-Петербург); Ю.В. Кладько, Л. Н. Скрипальщикова [11] (по г. Красноярск); А.П. Беланова, Е.В. Банаев, М.А. Томошевич, Л.Н. Чиндяева [26] (по г. Новосибирск); А.А. Минин, Е.С. Болотова, К.В. Сементовская [13] (по г. Москва); И.Л. Бухарина, Т.М. Поварничина, К.Е. Ведерников [1] (по г. Ижевск) и др.

Большинство из указанных авторов занимались разработкой подходов к оценке экологического состояния. Так, А.А. Минин и др. [13] для оценки состояния озеленения города был впервые проведен единовременный мониторинг озелененных территорий методом дешифрования космосъемки с определением площади, занимаемой зелеными насаждениями, а в целях уточнения данных об их экологическом состоянии проводилось натурное обследование территорий и деление состояния древесно-кустарниковой растительности на три категории: хорошее, удовлетворительное и неудовлетворительное. При оценке жизненного состояния древесных растений г. Новосибирска, г. Ижевска [1; 26], оценивалась степень повреждения (изменения) ассимиляционного аппарата и крон растений согласно методике В.С. Николаевского с соавторами [15]: учитывались количество живых ветвей в кроне, степень облиственности крон и количество поврежденных листьев. В исследованиях по г. Красноярску [7], авторы предложили свою визуальную комплексную балльную биоиндикационную методику оценки, признавая отсутствие комплексной методики, основанной на диагностических признаках состояния деревьев.

На наш взгляд, необходимо согласиться с авторами, что в России отсутствует единая методика оценки экологического состояния зеленых насаждений. В настоящее время наиболее распространенной методикой

является утвержденная правительством г. Санкт-Петербурга [21]. Она использовалась для оценки в г. Волгограде, Санкт-Петербурге и других городах.

Существующие в РФ методики оценки состояния зеленых насаждений, как правило, утверждаются местными органами власти города, для которого они разработаны. Методики существенно разнятся, по целям и задачам, структуре, порядку проведения оценки и пр. Так, например, методика г. Калининграда [23] направлена на оценку состояния зеленых насаждений и их инвентаризацию, методика г. Москвы [20] на оценку жизнеспособности деревьев, методика СПб на оценку экологического состояния зеленых насаждений. Основные цели методик, помимо определения состояния зеленых насаждений, это еще определение мер по уходу за ними, реконструкции, восстановлению и планирование расходов бюджетных средств на озеленение. В отличие от методики г. Калининграда, в методике Москвы целью еще является повышение сохранности, устойчивости и полезных функций городских насаждений. В методике СПб и Москвы 6 категорий состояния деревьев, а к сильно ослабленным относятся деревья с усыханием ветвей от 25 % до 50 % кроны. В методике г. Калининграда установлено 4 категории состояния деревьев (сухостой текущего года и прошлых лет не учитывается), а к сильно ослабленным относятся деревья с усыханием ветвей до 2/3 кроны. Учитывая зонирование территории городов, необходимо отметить существенную роль, в формировании благоприятной городской среды, санитарно-защитных зон предприятий, а указанные методики не применимы к оценке состояния зеленых насаждений на таких территориях, что на наш взгляд, является существенным недостатком при проведении комплексной оценки зеленой среды урботерриторий. Существующие различия в методиках оценки и имеющиеся недостатки актуализируют вопрос о проработке унифицированного подхода для российских городов. Наиболее полную оценку можно провести с использованием методики СПб, но ее применение ограничено функциональным назначением городских пространств. В отличие от других, методика СПб, обновленная в 2022 г., предусматривает возмож-

ность установления коэффициента, отражающего степень продолжительного влияния стрессовых факторов окружающей среды, что является первоочередной задачей, поскольку недостаточно оценить уровень жизнеспособности зеленого насаждения, необходимо определить и причины ухудшения его состояния, для выбора оптимального ухода за насаждением либо смене вида.

Формирование единообразного подхода позволит задать набор параметров и критериев, которые должны применяться для определения состояния зеленых насаждений. Это включает такие аспекты, как:

- биологическое состояние растений;
- их устойчивость к воздействию окружающей среды;
- роль в формировании экологического баланса.

Результаты оценки будут использоваться для разработки мер по улучшению состояния городских зеленых насаждений, планированию озеленения территорий, ухода, а также устранения угроз, связанных с заболеваниями растений или ухудшением качества среды. Утверждение методики оценки местными властями поможет оперативно принимать решения на уровне города по защите и развитию зеленых зон, отслеживать динамику состояния зеленых насаждений и вносить корректировки в планы озеленения и природоохранные мероприятия, контролировать эффективность санитарно-защитных зон, создать реестр зеленых насаждений и учитывать актуальные данные при формировании стратегии развития города.

Разработка и применение унифицированной методики оценки экологического состояния зеленых насаждений будет способствовать поддержанию экологического баланса и устойчивого развития городской среды, что позволит эффективно управлять зелеными зонами и повышать качество жизни в городе [30].

Для г. Волгограда оценка экологического состояния зеленых насаждений является актуальным вопросом. Ранее оценка проводилась [10] в 2012 г. по методике СПб, утвержденной в 2007 г., и по оценке авторов лишь 50 % зеленых насаждений города, находилась в хорошем состоянии. Оценка жизненного со-

стояния зеленых насаждений на территориях санитарно-защитных зон предприятий, подтверждает необходимость учета жизненного состояния городских зеленых насаждений [27–28]. Учитывая местоположение города в засушливой зоне с аномально высокими температурами воздуха, размещение на его территории крупных промышленных узлов, увеличение объема выбросов от стационарных источников в период с 2017 по 2022 г. более чем на 50 % [3], количества транспортных средств, недостаточное компенсационное озеленение и невыполнение задач государственных программ (например, было высажено менее 20 % насаждений от количества запланированных в рамках реализации муниципальной программы «Благоустройство» [12]) и др. негативные факторы, требуется оценка жизнеспособности зеленого фонда города. Также следует отметить недостаток озеленения территории [16–19]. По данным Росстата, площадь зеленых насаждений на территории Волгограда составляет 20 % от общей площади города, для города с миллионом жителей, это слишком низкий показатель. Для сравнения, в г. Ростов-на-Дону, который также является миллионником и входит так же, как и Волгоград, в Южный Федеральный округ, этот показатель составляет свыше 35 % (см. таблицу).

Озеленение городского пространства – это один из критериев по которому оценивается благоустройство территории. Структуру этого показателя в федеральном проекте «Формирование комфортной городской среды» составляют такие показатели, как доля озеленения, состояние зеленых насаждений, привлекательность озелененных пространств и их доступность для населения. По указанному показателю Волгоград в 2022 г. набрал 22 балла. Если провести сравнение в группе «крупные города» к которой относится Волгоград,

то его показатель довольно низкий, например, у Ростова-на-Дону данный показатель в 2022 г. составил 27 баллов [25].

Разработка и утверждение методики оценки зеленых насаждений для г. Волгограда позволит не только провести их комплексную инвентаризацию, но и сделать управление городскими зелеными зонами более гибким, современным и устойчивым к новым экологическим вызовам. Это также даст возможность эффективнее интегрировать экологические данные в городское планирование и улучшить качество городской среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бухарина, И. Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде : монография / И. Л. Бухарина, Т. М. Поварничина, К. Е. Ведерников. – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.
2. Город Ростов-на-Дону // Официальный портал Правительства Ростовской области. – URL: <https://www.donland.ru/activity/20/>
3. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году // Официальный сайт Минприроды РФ. – URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennyye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2022_
4. Гудзенко, Е. О. О проблемах озеленения города Ростова-на-Дону / Е. О. Гудзенко, И. И. Гудзенко // Стратегия устойчивого развития регионов России. – 2012. – № 11. – С. 212–217.
5. Гудзенко, Е. О. Оценка экологического состояния зеленых насаждений города Ростов-на-Дону : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Гудзенко Евгения Олеговна. – Ростов н/Д, 2016. – 23 с.
6. Иванцова, Е. А. Агроэкологическое значение защитных лесных насаждений в Нижнем Поволжье / Е. А. Иванцова // Вестник Волгоградского

Зеленые насаждения в пределах городской черты

Параметры оценки	Волгоград	Ростов-на-Дону
Площадь города, км ²	859,3	348,5
Площадь зеленых насаждений в пределах городской черты (областной центр), км ²	172,0	126,3
Доля площади зеленых насаждений в пределах городской черты в общей площади городских земель в пределах городской черты (областной центр), %	20	36,2

Примечание. Составлено по: [2; 22; 24].

государственного университета. Серия 11: Естественные науки. – 2014. – № 4 (10). – С. 40–47. – DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu11.2014.4.5>

7. Иванцова, Е. А. Изменчивость численности насекомых-филлофагов в городских насаждениях различных экологических категорий / Е. А. Иванцова, М. Т. Нгуен, Т. Ш. Нгуен // Вестник ИрГСХА. – 2023. – № 1 (5). – С. 6–16.

8. Иванцова, Е. А. Оценка состояния лесозащитных насаждений степного и полупустынного ландшафтов Нижнего Поволжья / Е. А. Иванцова, Р. В. Овсянкин // Научно-производственное обеспечение инновационных процессов в орошаемом земледелии Северного Прикаспия : сб. тр. межрег. науч.-практ. конф. – М. : Рос. акад. с.-х. наук, 2013. – С. 54–57.

9. Иванцова, Е. А. Экологическая оценка и оптимизация состояния зеленых насаждений г. Волгограда / Е. А. Иванцова, К. В. Миронова // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. году экологии в России. – Солонее Займище : Прикасп. науч.-исслед. ин-т арид. земледелия, 2017. – С. 124–129.

10. Кириллов, С. Н. Оценка состояния зеленых насаждений общего пользования г. Волгограда / С. Н. Кириллов, Ю. С. Половинкина // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11, Естественные науки. – 2013. – № 1 (5). – С. 29–34.

11. Кладько, Ю. В. Методика комплексной биоиндикационной оценки устойчивости древесных растений к техногенному загрязнению на урбанизированных территориях / Ю. В. Кладько, Л. Н. Скрипальщикова // Сибирский лесной журнал. – 2019. – № 6. – С. 27–38.

12. Контрольно-счетная палата выявила невыполнение показателей по компенсационному озеленению города // Комсомольская правда в Волгограде. – URL: <https://www.volgograd.kp.ru/online/news/4419905/>

13. Минин, А. А. Оценка состояния зеленых насаждений г. Москвы методами дистанционного зондирования / А. А. Минин, Е. С. Болотова, К. В. Сементовская // Градостроительство. – 2015. – № 1 (35). – С. 51–57.

14. Мощеникова, Н. Б. Оценка экологического состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Мощеникова Надежда Борисовна. – М., 2011. – 19 с.

15. Николаевский, В. С. Методы оценки состояния древесных растений и степени влияния на них неблагоприятных факторов / В. С. Николаевский, Н. Г. Николаевская, Е. А. Козлова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 1999. – № 2. – С. 76–79.

16. Овсянкин, Р. В. Воздействие антропогенной нагрузки на насаждения в функциональных зонах урбанизированной среды г. Волгограда / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2015. – С. 350–356.

17. Овсянкин, Р. В. Компьютерное картографирование сохранности зеленых насаждений в городских ландшафтах / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 134–140.

18. Овсянкин, Р. В. Состояние древесных насаждений южной промзоны г. Волгограда / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Т. 10, № 2. – С. 544–547.

19. Овсянкин, Р. В. Состояние зеленых насаждений в промышленной зоне г. Волгограда / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 119–127.

20. О Методических рекомендациях по оценке жизнеспособности деревьев и правилам их отбора и назначения к вырубке и пересадке: Постановление Правительства Москвы от 30.09.2003 № 822-ПП // Консорциум Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/3647960>

21. Об утверждении Методики оценки экологического состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга: Распоряжение Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга от 03.02.2021 № 17-р // Консорциум Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573573186?marker=7ECOKG§ion=text>

22. Об утверждении местных нормативов градостроительного проектирования городского округа город-герой Волгоград : решение Волгоградской городской думы от 26 октября 2022 г. № 75/1081 // Консорциум Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/406314703>

23. Об утверждении Методики проведения инвентаризации и оценки состояния зеленых насаждений в границах земель и земельных участков, находящихся в муниципальной собственности городского округа «Город Калининград» и государственная собственность на которые не разграничена, являющихся территориями общего пользования : постановление администрации городского округа «город Калининград» от 28 января 2022 г. № 40 // Консорциум Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/578156883?marker=190Q76T§ion=text>

24. Общая площадь зеленых насаждений в пределах городской черты // ЕМИСС. – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/36705>

25. Оценка показателя «озеленение городского пространства» // Индекс городов РФ. – URL: <https://индекс-городов.рф/#/cities/8896>

26. Состояние древесных растений в разных экологических зонах сибирского города / А.П. Беланова [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2016. – № 2. – С. 292–296.

27. Тихонова, А. А. Оценка фактического состояния зеленых насаждений санитарно-защитной зоны АО ВМК «Красный октябрь» г. Волгограда / А. А. Тихонова, Д. А. Школьных // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11, Естественные науки. – 2017. – Т. 7, № 4. – С. 39–45. – DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu11.2017.4.6>

28. Тихонова, А. А. Оценка жизненного состояния древесной растительности санитарно-защитной зоны АО «ФНЦП «Титан-Баррикады» в Волгограде / А. А. Тихонова, Е. А. Иванцова // Экология урбанизированных территорий. – 2020. – № 3. – С. 22–27.

29. Тихонова, А. А. Регулярный мониторинг состояния почв и зеленых насаждений как направление оценки качества городской среды / А. А. Тихонова, А. В. Холоденко // Природные системы и ресурсы. – 2021. – Т. 11. – № 3. – С. 5–13. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.3.1>

30. Экологическая оценка городских агломераций на основе индикаторов устойчивого развития / Е. А. Иванцова [и др.] // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2019. – Т. 21, № 2. – С. 143–156. – DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2019.2.13>

31. Экологическое состояние зеленых насаждений / Ю. М. Авдеев [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 7. – С. 114–118.

REFERENCES

1. Buharina I.L., Povarnicina T.M., Vedernikov K.E. *Ecologo-biologicheskie osobennosti drevesny rasteniy v urbanizirovannoy srede: monografiya* [Ecological and Biological Features of Woody Plants in an Urbanized Environment: Monograph]. Izhevsk, FGOU VPO Izhevskaya GSHA, 2007. 216 p.

2. Gorod Rostov-na-Donu [Rostov-on-Don city]. *Oficialniy portal Pravitelstva Rostovskoy oblasti* [The Official Portal of the Government of the Rostov Region]. URL: <https://www.donland.ru/activity/20/>

3. Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2022 godu [State Report on the State and Environmental Protection of the Russian Federation in 2022]. *Oficialniy sayt Minprirody RF* [The Official Website of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation]. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennyye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2022_/

docs/gosudarstvennyye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2022_/

4. Gudzenko E.O., Gudzenko I.I. O problemah ozeleneniya goroda Rostova-na-Donu [About the Problems of Landscaping in the City of Rostov-on-Don]. *Strategiya ustoychivogo razvitiya regionov Rossii* [Strategy for Sustainable Development of Russian Regions], 2012, no. 11, pp. 212–217.

5. Gudzenko E.O. *Ocenka ekologicheskogo sostoyaniya zelenyh nasajdeniy goroda Rostov-na-Donu: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Assessment of the Ecological State of Green Spaces in the City of Rostov-on-Don. Cand. abs. diss. biol. sci.], 2016. 23 p.

6. Ivantsova E.A. *Agroecologicheskoe znachenie zashchitnyh lesnyh nasajdeniy v Nijnem Povolje* [Agroecological Significance of Protective Forest Plantations in the Lower Volga Region]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11: Estestvennye nauki* [Bulletin of the Volgograd State University. Episode 11: Natural Sciences], 2014, no. 4 (10), pp. 40–47. DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu11.2014.4.5>

7. Ivantsova E.A., Nguen M.T., Nguen T.S. *Izmenchivost chislennosti nasekomyh-fillofagov v gorodskih nasajdeniyah razlichnyh ekologicheskikh kategoriy* [Variability in the Number of Phyllophagous Insects in Urban Plantations of Various Ecological Categories]. *Vestnik IrGSHA* [Bulletin of the IrGSHA], 2023, no. 1 (5), pp. 6–16.

8. Ivantsova E.A., Ovsyankin R.V. *Ocenka sostoyaniya lesozashchitnyh nasajdeniy stepnogo i polupustynnogo landshaftov Nijnego Povoljya* [Assessment of the State of Forest Protection Plantations of Steppe and Semi-Desert Landscapes of the Lower Volga Region]. *Nauchno-proizvodstvennoe obesechenie innovacionnyh processov v oroshaemom zemledelii Severnogo Pricaspiya: sb. tr. mejreg. nauch.-prakt. konf.* [Scientific and Production Support of Innovative Processes in Irrigated Agriculture of the Northern Caspian Region. Proceedings of the Interregional Scientific and Practical Conference], 2013, pp. 54–57.

9. Ivantsova E.A., Mironova K.V. *Ecologicheskaya ocenka i optimizaciya ostoyaniya zelenyh nasajdeniy g. Volgograda* [Environmental Assessment and Optimization of the State of Green Spaces in Volgograd]. *Nauchno-prakticheskie puti povysheniya ekologicheskoy ustoychevosti i socialno-ekonomicheskoe obespechenie selskhozayaystvennogo proizvodstva: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. godu ekologii v Rossii* [Scientific and Practical Ways to Improve Environmental Sustainability and Socio-Economic Support of Agricultural Production: Materials of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to the Year of Ecology in Russia]. Solonyoye

Zaymishche, Prikasp. nauch.-issled. in-t arid. zemledeliya, 2017, pp. 124-129.

10. Kirillov S.N., Polovinkina U.S. Ocenka sostoyaniya zelenykh nasajdeniy obshchego polzovaniya g. Volgograda [Assessment of the State of Public Green Spaces in Volgograd]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2013, no. 1 (5), pp. 29-34.

11. Kladko U.V., Skripalshchikova L.N. Metodika kompleksnoy bioindikacionnoy ocenki ustoychivosti drevesnykh rasteniy k tehnogennomy zagryazneniu na urbanizirovannykh territoriyah [The Method of Complex Bioindication Assessment of the Resistance of Woody Plants to Man-Made Pollution in Urbanized Areas]. *Sibirskiy lesnoy jurnal* [Siberian Forest Journal], 2019, no. 6, pp. 27-38.

12. Kontrolno-schetnaya palata vyavila nevypolnenie pokazateley po kompensatsionnomu ozeleneniyu goroda [The Control and Accounting Chamber Revealed the non-Fulfillment of Indicators for Compensatory Landscaping of the City]. *Komsomolskaya Pravda v Volgograde* [Komsomolskaya Pravda in Volgograd]. URL: <https://www.volgograd.kp.ru/online/news/4419905/>

13. Minin A.A., Bolotov E.S., Sementovskaya K.V. Ocenka sostoyaniya zelenykh nasajdeniy g. Moskvy metodami distancionnogo zondirovaniya [Assessment of the State of Moscow's Green Spaces by Remote Sensing Methods]. *Gradostroitelstvo* [Urban Planning], 2015, no. 1 (35), pp. 51-57.

14. Moshenikova N.B. *Ocenka ekologicheskogo sostoyaniya zelenykh nasajdeniy Sankt-Peterburga: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Assessment of the Ecological State of the Green Spaces of Saint Petersburg. Cand. abs. diss. biol. sci.]. Moscow, 2011. 19 p.

15. Nikolaevskiy V.S., Nikolaevskaya N.G., Kozlola E.A. Metody ocenki sostoyaniya drevesnykh rasteniy i stepeni vliyaniya na nih neblagopriyatnykh faktorov [Methods for Assessing the Condition of Woody Plants and the Degree of Influence of Adverse Factors on Them]. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik* [MGUL Bulletin is a Forest Bulletin], 1999, no. 2, pp. 76-79.

16. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Vozdeystvie antropogennoy nagruzki na nasajdeniya v funktsionalnykh zonah urbanizirovannoy sredy g. Volgograda [The Impact of Anthropogenic Load on Plantings in the Functional Zones of the Urbanized Environment of Volgograd]. *Ecologicheskaya bezopasnost i ohrana okruzhayushchey sredy v regionah Rossii: teoriya i praktika: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Environmental Safety and Environmental Protection in the Regions of Russia: Theory and Practice. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Volgograd, 2015, pp. 350-356.

17. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Komputernoe kartografirovanie sohrannosti zelenykh nasajdeniy v

gorodskikh landshaftah [Computer Mapping of the Preservation of Green Spaces in Urban Landscapes]. *Izvestiya Nizhnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2016, no. 2 (42), pp. 134-140.

18. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Sostoyanie revesnykh nasajdeniy ujnoy promzony g. Volgograda [The State of Tree Plantations in the Southern Industrial Zone of Volgograd]. *Geopolitika i ecogeodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions], 2014, vol. 10, no. 2, pp. 544-547.

19. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Sostoyanie zelenykh nasajdeniy v promyshlennoy zone g. Volgograda [The State of Green Spaces in the Industrial Zone of Volgograd]. *Izvestiya Nizhnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2016, no. 2 (42), pp. 119-127.

20. O Metodicheskikh rekomendatsiyah po ocenke jiznesposobnosti derezev i pravilam ih otbora I naznacheniya k vyrubke i peresadke: postanovlenie Pravitelstva Moskvy ot 30.09.2003 № 822-PP [On Methodological Recommendations for Assessing the Viability of Trees and the Rules for Their Selection and Appointment for Cutting and Transplanting: Decree of the Government of Moscow Dated 09.30.2003 No. 822-PP]. *Konsortsium Kodeks*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/3647960>

21. Ob utverjdenii Metodiki ocenki ekologicheskogo sostoyaniya zelenykh nasajdeniy Sankt-Peterburga: rasporyajeniya Komiteta po prirodopolzovaniyu, ohrane okruzhayushchey sredy i obepecheniyu ekologicheskoy bezopasnosti Pravitelstva Sankt-Peterburga ot 03.02.2021 № 17-p [On the Approval of the Methodology for Assessing the Environmental Condition of Green Spaces in Saint Petersburg: Order of the Committee for Nature Management, Environmental Protection and Environmental Safety of the Government of St. Petersburg dated 03.02.2021 No. 17-p]. *Konsortsium Kodeks*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573573186?marker=7EC0KG§ion=>

22. Ob utverjdenii mestnykh normativov gradostroitel'nogo proektirovaniya gorodskogo okruga gorod-geroy Volgograd: reshenie Volgogradskoy gorodskoy dumy ot 26 oktyabrya 2022 goda № 75/1081 [On Approval of Local Standards for Urban Planning Design of the Hero City Volgograd Urban District: Decision of the Volgograd City Duma of October 26, 2022 No. 75/1081]. *Konsortsium Kodeks*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/406314703>

23. Ob utverjdenii Metodiki provedeniya inventarizatsii i ocenki sostoyaniya zelenykh nasajdeniy v

granicah zemel i zemelnyh nasajdeniy uchastkov, nahodyashchihsiya v municipalnoy sobstvennosti gorodskogo okruga “Gorod Kaliningrad” i gosudarstvennaya sobstvennost na kotorye ne razgranichena, yavlyashchihsiya territoriyami obshchego polzovaniya: postanovlenie administracii gorodskogo okruga “gorod Kaliningrad” ot 28 yanvarya 2022 goda № 40 [On Approval of the Methodology for Conducting an Inventory and Assessment of the Condition of Green Spaces Within the Boundaries of Lands and Land Plots that are in Municipal Ownership of the City District “Kaliningrad City” and State Ownership of Which is not Delimited, Which are Territories of Common Use: Resolution of the Administration of the City District “Kaliningrad City” Dated January 28, 2022 No. 40]. *Konsortsium Kodeks*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/578156883?marker=190Q76T§ion=text>

24. Obshchaya ploshchad zelenykh nasajdeniy v predelakh gorodskoy cherty [The Total Area of Green Spaces Within the City Limits]. *EMISS*. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/36705>

25. Ocenka pokazatelya «ozelenenie gorodskogo prostranstva» [Assessment of the Indicator “Greening of Urban Space”]. *Indeks gorodov RF*. URL: <https://индекс-городов.рф/#/cities/8896>

26. Belanova A.P., Banaev E.V., Tomoshevich M.A., Chindyzeva L.N. Sostoyanie drevesnykh rasteniy v raznykh ekologicheskikh zonakh sibirskogo goroda [The Condition of Woody Plants in Different Ecological Zones of the Siberian City]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2016, no. 2, pp. 292-296.

27. Tihonova A.A., Shkolnykh D.A. Ocenka fakticheskogo sostoyaniya zelenykh nasajdeniy sanitarno-zashchitnoy zony AO VMK “Krasniy oktyabr” g. Volgograda [Assessment of the Actual Condition of the

Green Spaces of the Sanitary Protection Zone of JSC VMK Krasny Oktyabr in Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11, Estestvennyye nauki* [Bulletin of the Volgograd State University. Series 11, Natural Sciences], 2017, vol. 7, no. 4, pp. 39-45. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu11.2017.4.6>

28. Tihonova A.A., Ivantsova E.A. Ocenka jiznennogo sostoyaniya drevesnoy rastitelnosti sanitarno-zashchitnoy zony AO “FNCP ‘Titan-Barrikady’ v Volgograde [Assessment of the Vital Condition of Woody Vegetation of the Sanitary Protection Zone of JSC FNTSP Titan-Barricades in Volgograd]. *Ecologiya urbanizirovannykh territoriy* [Ecology of Urbanized Territories], 2020, no. 3, pp. 22-27.

29. Tihonova A.A., Kholodenko A.V. Regulyarniy monitoring sostoyaniya pochv i zelenykh nasajdeniy kak napravlenie ocenki kachestva gorodskoy sredy [Regular Monitoring of the State of Soils and Green Spaces as a Direction for Assessing the Quality of the Urban Environment]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 5-13. <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.3.1>

30. Ivantsova E.A., Postnova M.V., Sagalaev V.A., Matveeva A.A., Kholodenko A.V. Ecologicheskaya ocenka gorodskih aglomeratsiy na osnove indikatorov ustoychevogo razvitiya [Environmental Assessment of Urban Agglomerations Based on Indicators of Sustainable Development]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Ekonomika. Ecologiya* [Bulletin of the Volgograd State University. Episode 3: Economics. Ecology], 2019, vol. 21, no. 2, pp. 143-156. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2019.2.13>

31. Avdeev U.M., Kostin A.E., Titov D.V., Popov U.P. Ecologicheskoe sostoyanie zelenykh nasajdeniy [Ecological Status of Green Spaces] *Vest. KrasGAU* [Bulletin of KrasGAU], 2017, no. 7, pp. 114-118.

Information About the Authors

Elena A. Zaliznyak, Senior Lecturer, Department of Ecology and Environmental Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, zaliznyak@volsu.ru

Elena A. Ivantsova, Doctor of Sciences (Agriculture), Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, ivantsova@volsu.ru

Информация об авторах

Елена Алексеевна Зализняк, старший преподаватель кафедры экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, zaliznyak@volsu.ru

Елена Анатольевна Иванцова, доктор сельскохозяйственных наук, директор Института естественных наук, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, ivantsova@volsu.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.3>

UDC 502.13:628.52

LBC 30.692

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF NOZZLE DEVICES
FOR SELECTIVE PURIFICATION OF GAS EMISSIONS
IN INDUSTRIAL ADSORBERS,
DEPENDING ON THE DEGREE OF IRRIGATION**

Aleksey O. Bodrov

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Elena A. Ivantsova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article presents a comparative analysis of nozzle devices for selective purification of gas emissions in industrial adsorbers, depending on the degree of irrigation. The scheme of an experimental installation is presented, which includes the modular principle of researching and changing nozzles using cartridges, which allows for a quick and accurate study of heat, mass transfer and hydromechanical characteristics of nozzle devices. Such indicators as hydraulic resistance, holding capacity, and criterion dependence are compared. In conclusion, a correlation analysis is given (pressure gradient depending on the irrigation rate). Conclusions are drawn about the properties of the nozzle, which manifest themselves depending on the irrigation rate.

Key words: packing device, selective purification of gas emissions, industrial adsorbers, experimental setup, irrigated nozzle.

Citation. Bodrov A.O., Ivantsova E.A. Comparative Characteristics of Nozzle Devices for Selective Purification of Gas Emissions in Industrial Adsorbers, Depending on the Degree of Irrigation. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 22-34. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.3>

УДК 502.13:628.52

ББК 30.692

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАСАДОЧНЫХ УСТРОЙСТВ
ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ
В ПРОМЫШЛЕННЫХ АДСОРБЕРАХ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ОРОШЕНИЯ**

Алексей Олегович Бодров

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Елена Анатольевна Иванцова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ насадочных устройств для селективной очистки газовых выбросов в промышленных адсорберах в зависимости от степени орошения. Приведена схема экспериментальной установки, в которую заложен модульный принцип исследования и смены насадок с помощью картриджей, что позволяет осуществить быстрое и точное исследование тепло-, массообменных и гидромеханических характеристик насадочных устройств. Сравняются такие показатели, как гидравлическое сопротивление, удерживающая способность, критериальная зависимость. В заключении приведен корреляционный анализ (градиент давления в зависимости от скорости орошения). Сделаны выводы о свойствах насадки, которые проявляются в зависимости от скорости орошения.

Ключевые слова: насадочное устройство, селективная очистка газовых выбросов, промышленные адсорберы, экспериментальная установка, орошаемая насадка.

Цитирование. Бодров А. О., Иванцова Е. А. Сравнительная характеристика насадочных устройств для селективной очистки газовых выбросов в промышленных адсорберах в зависимости от степени орошения // *Природные системы и ресурсы*. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 22–34. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.3>

Введение

В настоящее время известно большое количество разнообразных массообменных устройств, при этом продолжается разработка новых прогрессивных. Это объясняется тем, что к массообменным устройствам предъявляется большое количество требований, многие из которых противоречат друг другу. Поэтому невозможно разработать универсальную конструкцию массообменных устройств. К конструкциям массообменных устройств предъявляются следующие требования: дешевизна, простота в обслуживании, высокая производительность, максимально развитая поверхность контакта между фазами и эффективность передачи массы вещества из одной фазы в другую, устойчивость режима в широком диапазоне нагрузок, максимальная пропускная способность по паровой (газовой) и жидкой фазе, минимальное гидравлическое сопротивление, прочность конструкции, долговечность и так далее. В связи с тем, что требования к контактному устройству достаточно быстро меняются из-за быстрого прогресса в производстве контактных устройств, данная тема является особенно актуальной, поскольку предприятиям необходимо совершенствовать производство как можно быстрее [1; 2]. Представленная разработка предлагаемой насадки в процессе экологической очистки сточных вод от дымовых газов экологически целесообразна и весьма актуальна, поскольку абсорбционные колонны широко применяются во многих отраслях промышленности [2; 3].

Материалы и методы исследования

Для проведения сравнительных характеристик насадок с различным типом орошения нами была разработана экспериментальная установка, в которую был заложен модульный принцип исследования и смены насадок с помощью картриджей. Данная система позволит осуществить быстрое и точное исследование тепло-, и массообменных и гидромеханических характеристик насадочных устройств [1; 2].

Экспериментальная установка (см. рис. 1) состоит из трех основных модулей, каждый из которых отвечает за отдельный спектр исследований. В каждом из модулей реализована картриджная система сменных насадок, позволяющая осуществить быструю смену насадок и обеспечивающая стабильную воспроизводимость экспериментальных данных в повторных экспериментах. Картриджи представляют собой прозрачные стеклянные цилиндрические и призматические колонны. Геометрическая конфигурация самого картриджа зависит от типа насадки и методики изготовления ее пилотного образца, так как многие структурированные насадки требуют очень четкой пространственной фиксации, и призматические картриджи с внутренними структурными элементами (скелетами) существенно упрощают задачу [2].

В первом модуле реализуется широкий спектр традиционных экспериментальных исследований, таких как гидравлическое сопротивление сухих и орошаемых насадок, удерживающая способность по жидкости и газу, гидравлические режимы и оптимальные диапазоны расходов жидкости и газов, коэффици-

енты тепло- и массопередачи и т. д. Особую ценность, наряду с традиционными критериями, для нас составляет удерживающая способность по жидкости и газу, которая является отражением аккумулирующей способности насадки, дающая возможность рассчитать время пребывания контактирующих фаз в аппарате, указать на суммарную поверхность тепло-массопередачи для целого ряда насадок. Очень важной подтвержденной функцией экспериментального определения удерживающей способности является то, что она способна засвидетельствовать о наличии застойных зон в насадочных устройствах. Этот способ заключается в импульсной продувке насадочных устройств после первого замера удерживающей способности и объем остаточной жидкости укажет на относительный процент застойных зон в объеме насадки. Следует иметь в виду, что в первом модуле сменными являются не только исследуемые картриджные насадки, но и верхняя часть несущей колонны [2].

Второй модуль экспериментальной установки ориентирован на исследование структур потоков по жидкости и газу сквозь насадочные устройства любых конфигураций. По-

лученные данные по структурам потоков позволят дополнить расчет массообменных аппаратов по ячеечной, диффузионной и комбинированным моделям [2; 3]. Данная методика исследования структур потоков насадочных устройств позволяет не только получать необходимые реальные экспериментальные данные, дополняющие расчетные математические модели процессов, но и проводить классификацию насадок и выступать одной из важнейших классифицирующих характеристик. Кроме того, экспериментальное определение реальных структур потоков сквозь насадочные слои также позволяет выявить застойные зоны в объеме насадки [4; 14–17].

Третий модуль экспериментальной установки позволяет, частично сглаживая масштабный переход, испытывать насадочные устройства в колонне большего размера, приближенной к реальным аппаратам малой производительности. Он состоит из газораспределительного и водосборного коллектора, на который устанавливаются сменные колонны с испытываемыми образцами насадок.

На рисунке 2 представлена схема и принцип работы экспериментальной установки.

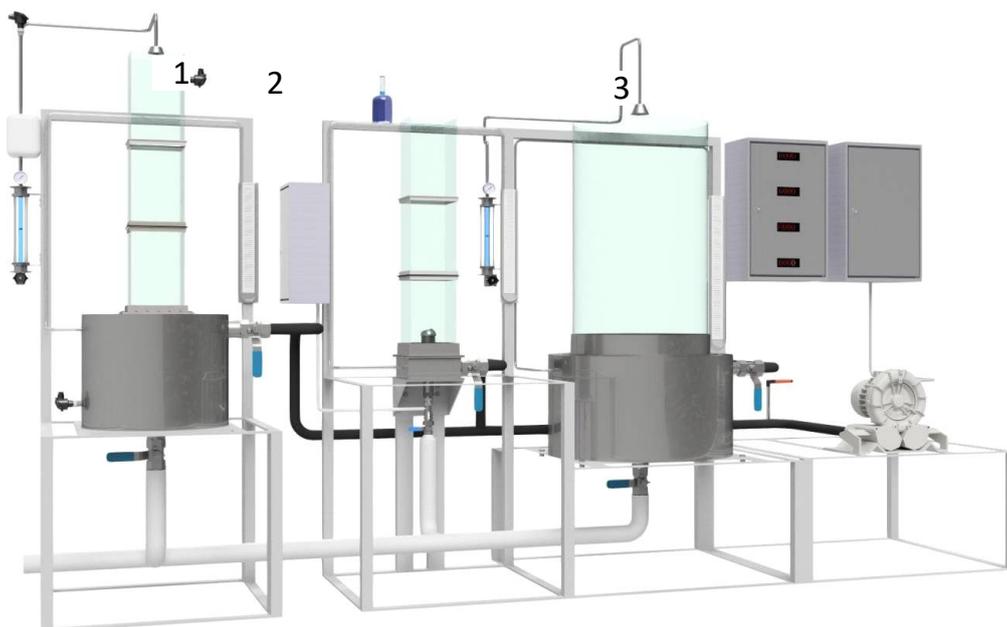


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования гидродинамических, тепло- и массообменных характеристик насадочных устройств различных конфигураций:

- 1 – модуль исследования традиционных гидравлических и тепло- и массообменных характеристик насадок;
- 2 – модуль исследования структур потоков по жидкости и газу;
- 3 – модуль для адаптации насадочных устройств для реальных промышленных условий

Примечание. Источник: [2].

Экспериментальная установка состоит из опорных каркасов (1) и установленных на их корпусах колонн (2), закрепленных на водосборных и газораспределительных коллекторах (3). Корпус колонны (2) выполняет несущую функцию, в него помещаются сменные картриджи с насадочными устройствами (4). Картридж заполняется исследуемой насадкой и помещается в корпус колонны (2). Картридж представляет собой прозрачный цилиндрический или призматический канал, имеющий опорную решетку. Следует отметить, что корпуса колонн (2) являются быстросъемными, для замены в зависимости от формы устанавливаемого картриджа (4). Стенки корпусов колонн (2) выполнены плоскими (цилиндрическими) и прозрачными, что позволяет без искажения наблюдать работу насадки в различных гидродинамических

режимах и осуществлять съемку скоростной видеокамерой. Насадки орошаются жидкостью с помощью оросителей со сменными распределителями (10), расход жидкости регулируется при помощи ротаметров (9). Противотоком сквозь насадку 4 движется поток газа, поступающий по воздухораспределительному каналу (7). Расход газа контролируется при помощи газового расходомера (8), который транслирует скорость и объемный расход газа. Расход газового потока регулируется при помощи частотных преобразователей (6), подающих сигнал на напорную воздуходувку (5 вихревой турбокомпрессор). Контролируемыми параметрами являются: расход, подаваемой на орошение воды, контролируемый ротаметрами (9) и подогреваемой проточным водонагревателем (11), тепловая мощность которого регулируется по-

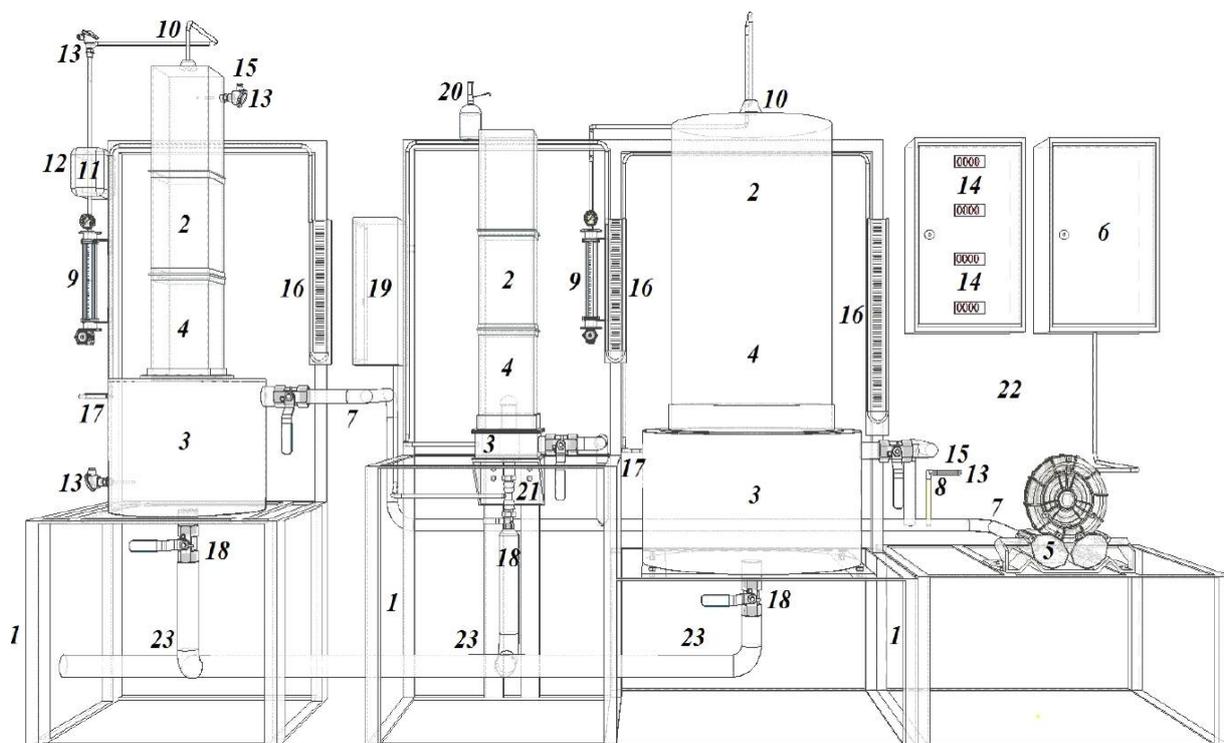


Рис. 2. Схема экспериментальной установки:

- 1 – опорная станина; 2 – корпус колонны; 3 – водосборный и газораспределительный коллектор; 4 – исследуемые насадочные устройства в картриджах; 5 – напорная воздуходувка; 6 – частотные преобразователи; 7 – воздухораспределительный канал; 8 – газовый расходомер с указанием скорости и объемного расхода; 9 – ротаметры; 10 – распределители жидкости сменные; 11 – проточный водонагреватель; 12 – потенциометр регулировки нагрева воды; 13 – температурные датчики; 14 – микропроцессорные приборы обрабатывающие сигнал температурных датчиков; 15 – гигрометры; 16 – дифманометры; 17 – указатели уровня жидкости в коллекторах; 18 – вентили сливные быстросъемные; 19 – блок для снятия кривых отклика; 20 – механический дозатор индикаторных растворов; 21 – сменные электродные группы; 22 – экран для нанесения тарировочных графиков; 23 – труба для слива воды в канализацию

Примечание. Источник: [2].

тенциометром (12). Температура воды контролируется с помощью температурных датчиков (13) на входе и выходе, сигнал от которых обрабатывается в микропроцессорных приборах (14), программируемых под очень широкий диапазон датчиков. Температура и влажность газа, поступающего и уходящего из колонн, фиксируется с помощью температурных датчиков (13) и гигрометров (15). Гидравлическое сопротивление слоя насадки замеряется с помощью дифференциальных манометров (16 жидкостных и электронных). Уровень жидкости в водосборных и газораспределительных коллекторах (3) контролируется с помощью указателей уровня (17). Подача жидкости на орошение насадки и регулирование ее расхода осуществляется с помощью ротаметров (9), а ее накопление в водосборной емкости и истечение – с помощью кранов (18). Вода из водосборных емкостей сливается в канализацию (23) через гидравлический затвор, легко снимаемого его штуцера крана (18), что необходимо при проведении опытов по определению удерживающей способности насадки [2; 3].

Опыты по определению гидравлического сопротивления орошаемой насадки рекомендуется проводить в следующем порядке: заполнить картридж (4) подлежащей исследованию насадкой и поместить его в корпус колонны (2); проверить готовность гидравлического затвора (23) к работе установки; установить заданную плотность орошения, плавно увеличивая расход ротаметра (9); подключить блок частотных преобразователей (6) к электросети; плавно вращая потенциометр частотного преобразователя (6), установить начальный расход воздуха, при котором показания дифманометров (16) будут достаточны для выполнения замеров. Объемный расход и скорость воздуха транслируется с высокой точностью при помощи датчика (8), их необходимо заносить в журнал экспериментальных исследований; увеличивая ступенчато расход воздуха, при постоянной плотности орошения, снять показания дифманометров (16) и датчиков температур (13) воды [2] и воздуха на входе и выходе, для каждого из установленных ступенчатых значений расходов воздуха. Количество измерений в опытах определяется максимально возможным числом оборотов вентилятора и должно быть не менее десяти. Количество повторов опыта с

каждым видом насадки должно быть не менее трех; необходимо следить за последовательными гидравлическими режимами и с высокой точностью зафиксировать переходные этапы между режимами вплоть до захлебывания колонны, если это реализуемо для данной насадки. Весь ход опытов подробно описывать в журнале экспериментальных исследований. По окончании опытов отключить от электросети блок частотных преобразователей (6).

Результаты и обсуждение

Результаты эксперимента с использованием сухой насадки и насадки орошаемой указаны в таблице 1.

Испытания проводились на разработанной насадке из металлической стружки с разными плотностями орошения, а также на неоорошаемой аналогичной насадке. Температура воды + 9 °С, температура воздуха + 27,1 °С, высота слоя насадки 0,4 м.

Алгоритм расчета:

Фиктивная скорость газа определяется по формуле (1):

$$v_{\phi} = \frac{q_v}{F} \quad (1)$$

где v_{ϕ} – фиктивная скорость газа, м/с; q_v – расход воздуха, м³/с; F – площадь поперечного сечения слоя насадки, м².

Определяем градиент давления по следующей формуле (2):

$$\text{grad } P = \frac{\Delta P}{H} \quad (2)$$

где $\text{grad } P$ – градиент давления, Па/м; ΔP – гидравлическое сопротивление, Па; H – высота слоя насадки, м.

Строим график зависимость фиктивной скорости от градиента давления (см. рис. 3).

Также была проведена серия экспериментов, направленная на сравнение зависимости градиента гидравлического сопротивления по отношению к скорости потока воздуха. Исследуемый насадочный блок подвергся сравнению с такими стандартными насадками, как: кольца Палля, как организованные, так и помещенные в навал и кольца Рашига, как организованные, так и помещенные в навал. Результаты серии экспериментов представлены на рисунке 4.

Таблица 1

Результаты эксперимента с использованием сухой насадки и насадки орошаемой

Сухая насадка				Насадка орошаемая (плотность орошения 3,6 кгW/m ² с)			
расход по газу, м ³ /ч	1 опыт, мм вод. ст.	2 опыт, мм вод. ст.	3 опыт, мм вод. ст.	расход по газу, м ³ /ч	1 опыт, мм вод. ст.	2 опыт, мм вод. ст.	3 опыт, мм вод. ст.
10	1,5	1,5	1,5	10	1,5	1,5	1,5
20	2,5	2,4	2,5	20	3,3	3	2,5
30	4	4	3,5	30	4	3,7	4,4
40	5	4,5	4,9	40	6	5,6	11
50	6,5	6,5	6,8	50	8,5	16,5	13,5
60	9	8,5	8,6	60	19	19	18,5
70	11	11,5	11	70	23,5	23	23,5
80	13	13	13	80	26,5	27	27
90	17	16,5	16,4	90	32,5	31	30
100	19	19,4	18,9	100	38	40	39,5
110	24	23,5	23,6	110	49	47,5	49,5
120	28	28	27,5	120	63,5	64,5	63,5
125	29	29	29	125	64	64,5	63,5

Насадка орошаемая (плотность орошения 4 кгW/m ² с)				Насадка орошаемая (плотность орошения 2,25 кгW/m ² с)			
расход по газу, м ³ /ч	1 опыт, мм вод. ст.	2 опыт, мм вод. ст.	3 опыт, мм вод. ст.	расход по газу, м ³ /ч	1 опыт, мм вод. ст.	2 опыт, мм вод. ст.	3 опыт, мм вод. ст.
10	1,5	1,5	1,5	10	1,5	1,5	1,5
20	3	2,5	3	20	3,5	3,5	3,5
30	4,8	5,2	5	30	4	4	4,5
40	7	10,5	13,5	40	7	6	6,5
50	17,4	16,6	16,5	50	14	14	14,5
60	23,4	18,5	18,7	60	17,5	17,7	18,5
70	26,1	24,5	23,4	70	23,5	22,5	23
80	29	29	27,5	80	28	25,5	26,3
90	38	36,5	33,4	90	32	31,5	31,6
100	42,5	42	44	100	39	37,5	37,5
110	56	57	56,5	110	44,5	45	45,3
120	68	63,4	63,5	120	53	52,5	54
125	75	73,4	75,5	125	61	62,5	62,3

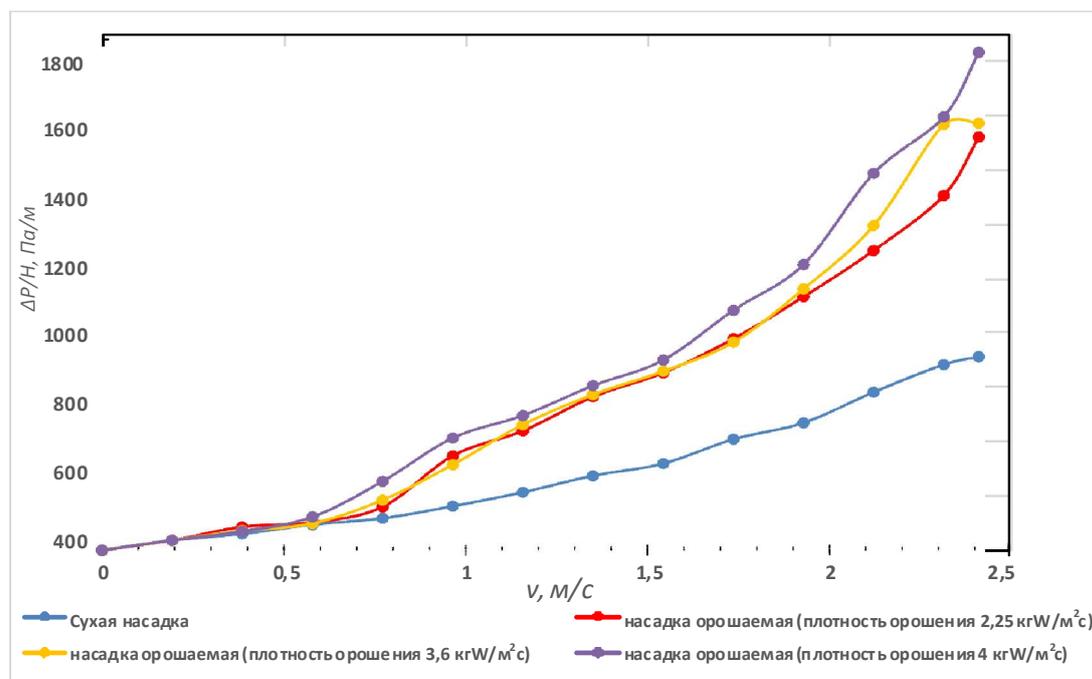


Рис. 3. График зависимости гидравлического сопротивления от фиктивной скорости при различных плотностях орошения

Как следует из данных, представленных на графике, исследуемый насадочный блок обладает достаточно низким гидравлическим сопротивлением, по сравнению с кольцами Рашига, расположенными в навал. Это свидетельствует о довольно высокой проницаемости исследуемого насадочного блока. Далее в экспериментах добавили орошение

водой, для исследования гидравлического сопротивления смоченной насадки. Эксперимент проводился с плотностью орошения $4 \text{ кгW/м}^2\text{с}$.

Сравнение зависимости градиента гидравлического сопротивления от фиктивной скорости различных насадочных орошаемых блоков демонстрирует рисунок 5.

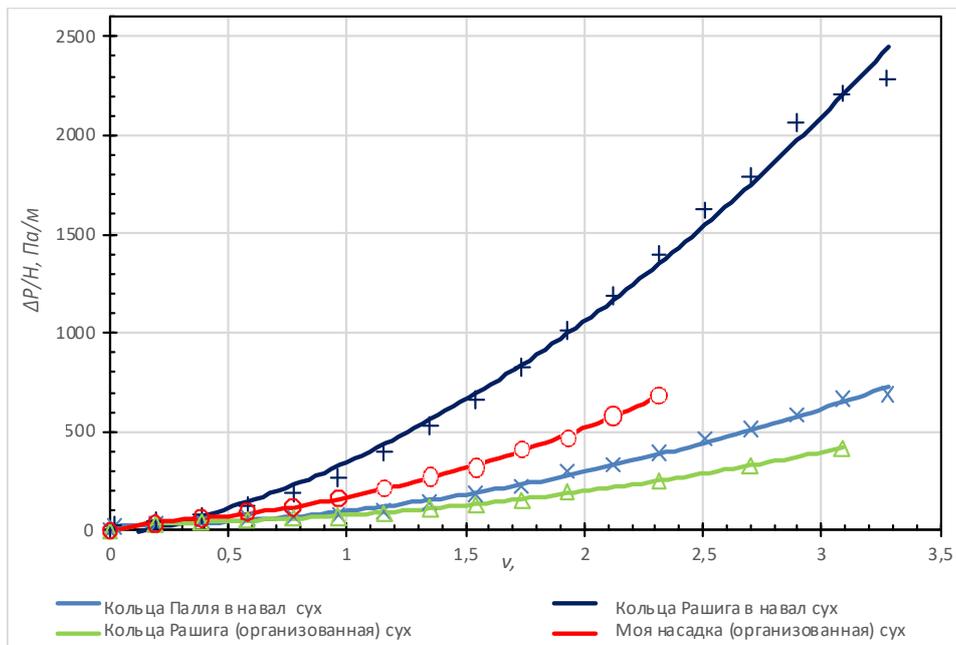


Рис. 4. Сравнение зависимости гидравлического сопротивления от фиктивной скорости различных сухих насадочных блоков

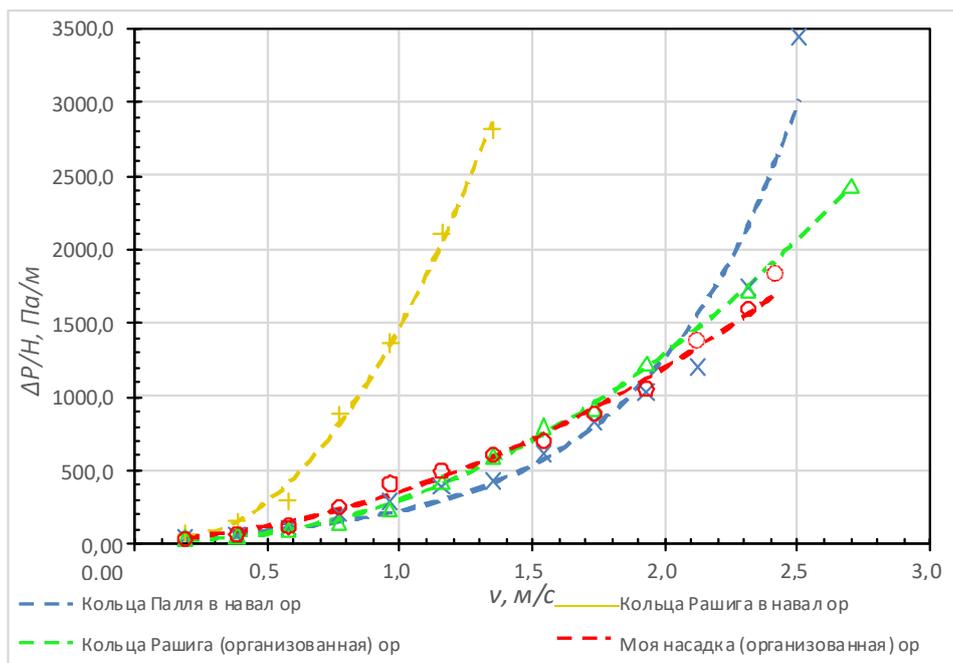


Рис. 5. Сравнение зависимости градиента гидравлического сопротивления от фиктивной скорости различных насадочных орошаемых блоков

Исходя из результатов проведенной серии экспериментов, установлено, что исследуемая насадка в отличие от других обладает низким гидравлическим сопротивлением и высокой порозностью. Данные рисунка 6 демонстрируют зависимость гидравлического сопротивления от фиктивной скорости фильтрации для различных насадочных устройств.

В ходе исследования насадочного блока была определена его удерживающая способность, а также был произведен сравнительный

анализ его удерживающей способности с уже существующими насадками [5–13] (рис. 7).

Основываясь на полученные данные, можно сделать вывод, что исследуемая насадка действительно обладает высокой проницаемостью, что подтверждается низкой удерживающей способностью, вследствие чего насадочный элемент обладает низким коэффициентом сопротивления.

Проведя анализ экспериментально полученных зависимостей, был определен диапазон коэффициентов сопротивления исследуе-

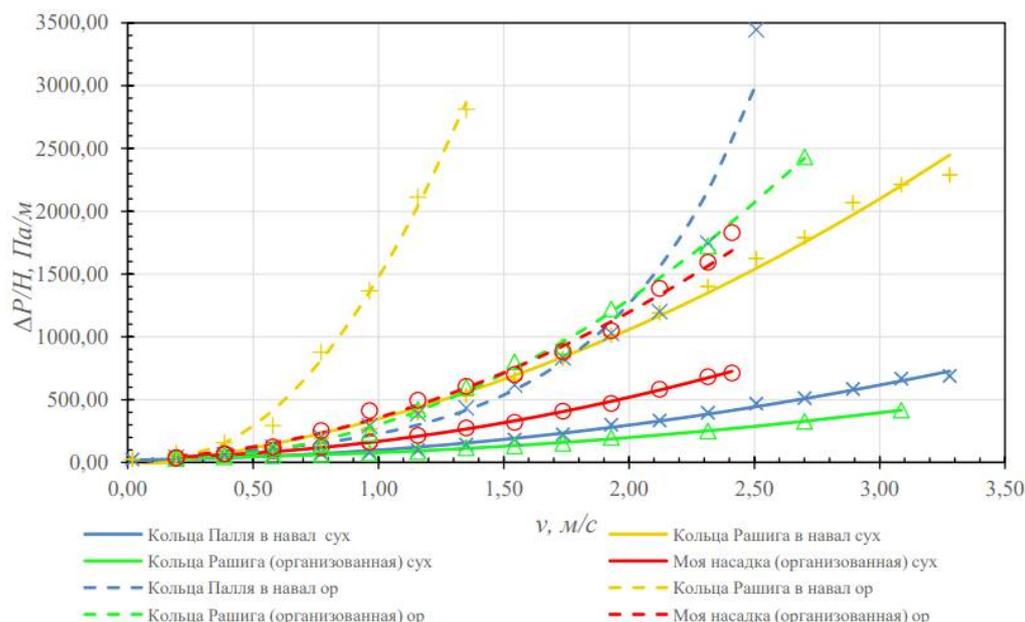


Рис. 6. Сравнение зависимости градиента гидравлического сопротивления от фиктивной скорости насадочных сухих и орошаемых блоков

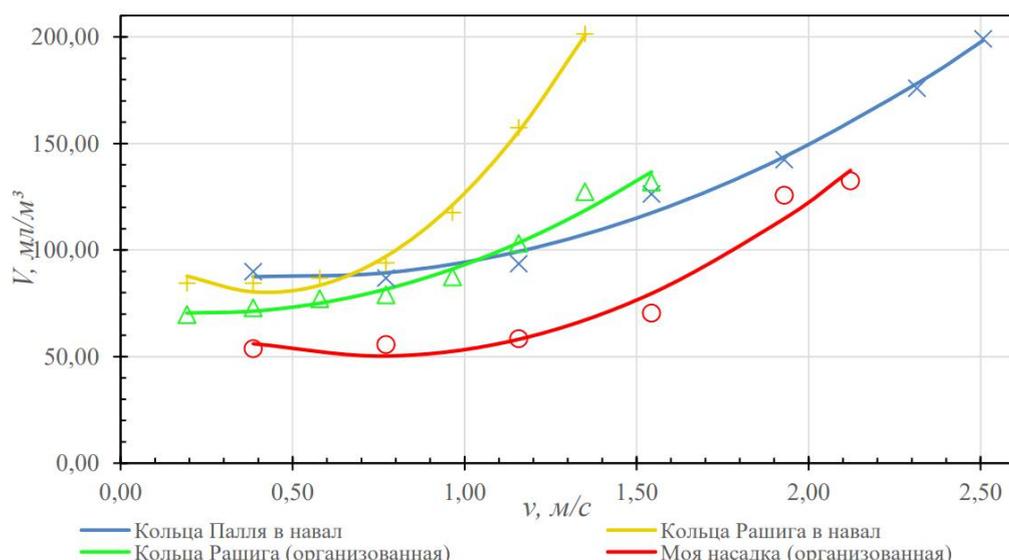


Рис. 7. Сравнение удерживаемой способности различных насадочных блоков

мого насадочного блока. Сравнив ранее исследуемые насадочные блоки с полученным диапазоном коэффициентов сопротивления, можно сделать вывод, что насадка является многофункциональной, и может использоваться как в процессах абсорбции, так и в процессах испарительного охлаждения оборотной воды. Данные по сравнению коэффициентов сопротивления насадочных блоков представлены на рисунке 8.

Испытания проводились на разработанной насадке из металлической стружки с разными плотностями орошения, а также на неорошаемой аналогичной насадке. Температура воды +9 °С, температура воздуха +27,1 °С, высота слоя насадки 0,4 м, плотность ороше-

ния 4 кгW/м²с. Результаты эксперимента указаны в таблице 2.

Результаты обработки экспериментальных данных приведены в таблице 3.

Степенное уравнение

$$y = A + Bx,$$

где $A = -1,48; B = 1,73$.

Для описания зависимости давления от скорости воспроизводимость данных параллельных опытов обеспечивается, так как все параметры выполняются при этом $r > 0,98$.

На рисунке 9 представлен график зависимости градиента давления от фиктивной скорости. Для наглядности также проводилось

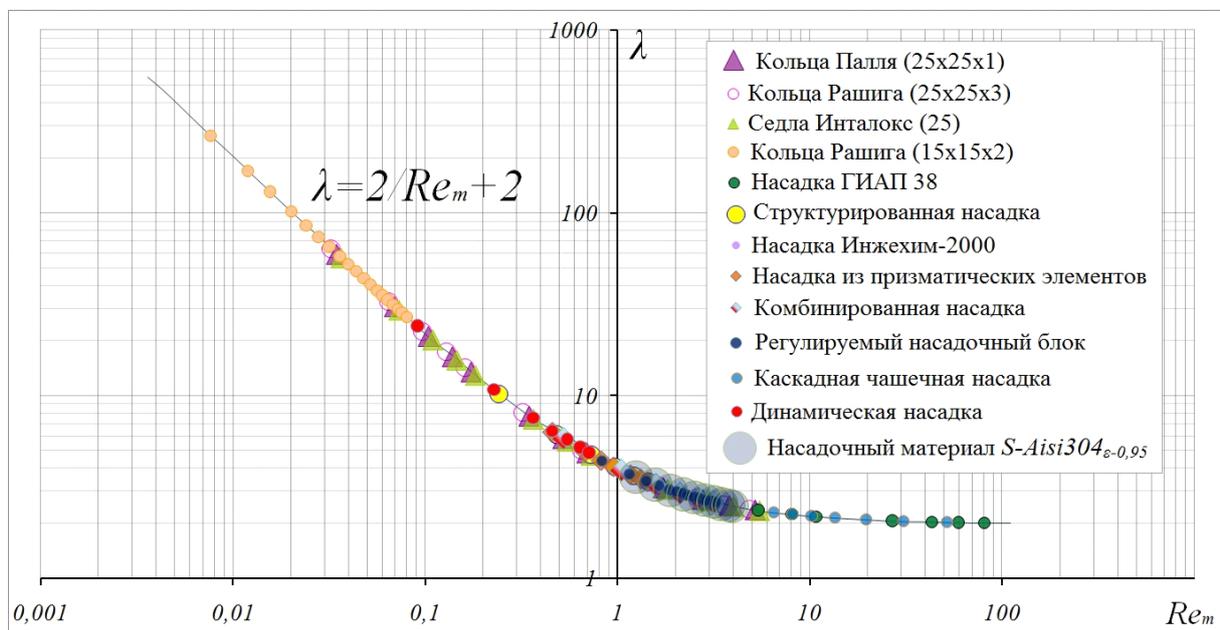


Рис. 8. Критериальная зависимость исследуемой насадки в сравнении с существующими насадочными элементами

Таблица 2

Результаты эксперимента

$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	Данные эксперимента			$v, \text{ м/с}$	среднее $\Delta P/H, \text{ Па/м}$
	$\Delta P, \text{ Па}$				
	1	2	3		
10	14,71	14,71	14,71	0,19	36,77
20	29,42	24,5166	29,42	0,39	69,46
30	47,0719	50,9946	49,0333	0,58	122,58
40	68,6466	102,97	132,39	0,77	253,34
50	170,636	162,79	161,81	0,96	412,70
60	229,476	181,423	183,384	1,16	495,24
70	255,954	240,263	229,476	1,35	604,74
80	284,393	284,393	269,683	1,54	698,72
90	372,653	357,943	327,542	1,74	881,78
100	416,783	411,879	431,493	1,93	1050,13
110	549,172	558,979	554,076	2,12	1385,19
120	666,852	621,742	622,722	2,31	1592,76

сравнение с другими насадками, представленное в графиках ранее (корреляционный анализ также проводился и для тех параметров).

В таблице 4 приведены рассчитанные значения скорости и градиента давления в проведенных экспериментах.

Ниже на рисунке 10 представлено фото экспериментальный насадочного блока.

Заключение

В ходе проведения корреляционного анализа было установлено, что значимость обоих коэффициентов а и б в линеаризованном

уравнении $y = A + Bx$, где $y = \ln \Delta P/H$; $A = \ln k$; $B = n$; $\ln v = x$; корреляционная связь между параметрами и аргументами высокая; зависимость между градиентом давления и фиктивной скоростью можно описать алгебраическим уравнением $\ln \Delta P/H = e^a * v^b$, где $\ln \Delta P/H$ – градиент давления; v – скорость газа, м/с.

По результатам проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что характеристики исследуемой насадки для селективной очистки газовых выбросов в промышленных адсорберах полностью соответствуют требованиям для проведения процесса абсорбции.

Таблица 3

Результаты обработки экспериментальных данных методом корреляционного анализа

№	Наименование параметра	Расчетное значение	Табличное значение	Вывод
1	Воспроизводимость экспериментальных данных в трех параллельных опытах по критерию Кохрена	0,773	0,347	Воспроизводимость выполняется
2	Адекватность математической модели по критерию Фишера	5,33	3,60	Адекватность подтверждается
3	Значимость коэффициентов математической модели по критерию Стьюдента			Коэффициенты значимы
	а) Для коэффициента «а»	1463	2,19	
	б) Для коэффициента «б»	1674	2,19	
4	Коэффициент корреляции r	0,99	–	Корреляционная связь высокая

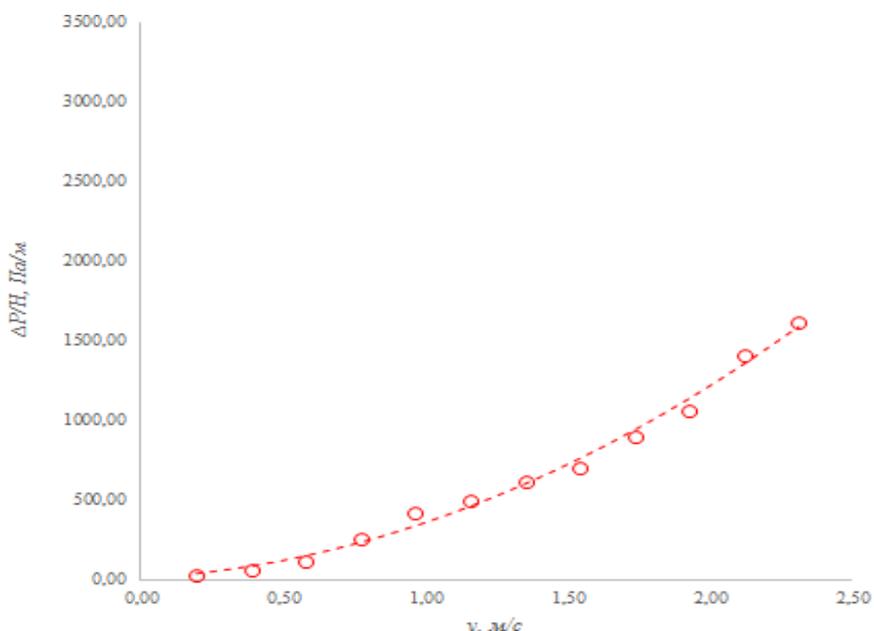


Рис. 9. Зависимость градиента давления от скорости в эксперименте

Таблица 4

Рассчитанные значения скорости и градиента давления в опытах

v, м/с	0,19	0,39	0,58	0,77	0,96	1,16	1,35	1,54	1,74	1,93	2,12	2,31
ΔP/H, Па/м	36,7	69,4	122,5	253,3	412,7	495,24	604,74	698,72	881,78	1050,13	1385,19	1592,76



Рис. 10. Экспериментальный блок оросителя (фото автора)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты / И. А. Александров. – М. : Химия, 1971. – 296 с.

2. Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т. / под общ. ред. М.Н. Краснянского. – Тамбов : Издат. центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – URL: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/direct/308051439>

3. Иванцова, Е. А. Увеличение производительности массообменных процессов для избирательного поглощения газовых выбросов в промышленных абсорберах / Е. А. Иванцова, А. О. Бодров // Современная биология и биотехнология: проблемы, тенденции, перспективы : сб. докл. и тез. Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2022. – С. 81–85.

4. Меренцов, Н. А. Моделирование тепло-массообменных насадочных устройств с развитыми капельными режимами течения : монография / Н. А. Меренцов, А. Б. Голованчиков, В. А. Балашов. – Волгоград : ВолгГТУ, 2019. – 140 с.

5. Патент № 117317 Рос. Федерация, МПК В01J19/32. Насадка для массообменного аппарата : № 2012104222/05 : заявл. 07.02.2018 : опубл. 28.05.2019 / А. Б. Голованчиков, С. Б. Воротнева, Н. А. Меренцов, Н. А. Дулькина, О. А. Залипаева, А. П. Шамянова ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО

«Волгоградский государственный технический университет». – 12 с.

6. Патент № 154394 Рос. Федерация, МПК В01J19/32. Насадка для массообменного аппарата : № 2012104222/05 : заявл. 17.04.2012 : опубл. 28.05.2012 / А. Б. Голованчиков, С. Б. Воротнева, А. В. Маринин, Н. А. Меренцов, Т. Б. Агеева, А. А. Коберник ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет». – 6 с.

7. Патент № 135532 Рос. Федерация, МПК В01D53/18. Скруббер с подвижной насадкой : № 2013122139/05 : заявл. 14.05.2013 : опубл. 20.12.2013 / А. Б. Голованчиков, Н. А. Меренцов, Н. А. Дулькина, Я. А. Орлянкина, С. А. Фоменков, М. Г. Рязанов ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет». – 9 с.

8. Патент № 142483 Рос. Федерация, МПК В01J19/32. Элемент насадки для массообменного аппарата : № 2014103646/05 : заявл. 02.03.2014 : опубл. 27.06.2014 / Н. А. Меренцов, В. А. Балашов, А. Б. Голованчиков, В. М. Шаповалов, М. Г. Рязанов, И. А. Хижняков ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет». – 6 с.

9. Патент № 129450 Рос. Федерация, МПК F 28 S 25/08. Тепломассообменная насадка градирен : № 2018141575 : заявл. 27.11.2018 : опубл. 28.05.2019 / А. Б. Голованчиков, Н. О. Сиволобова, Н. А. Меренцов, Н. А. Дулькина, В. В. Шишлянников, Н. И. Доро-

феева; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет». – 12 с.

10. Патент № 2506125 Рос. Федерация, МПК B01J 19/32. Регулярная насадка для тепло- и массообменных аппаратов из горизонтальных элементов : № 2012140978/05 : заявл. 25.09.2012 : опубл. 10.02.14 / А. Д. Бальчугов, М. Ш. Залилеев, А. В. Будеников, И. Е. Кузора ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Ангарская государственная техническая академия». – 8 с.

11. Патент № 2477433 Рос. Федерация, МПК F28F 25/08. Ороситель градирни : № 2011142411/06 : заявл. 20.10.2011 : опубл. 10.03.2013 / О. С. Кочетов, М. О. Стареева ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО О. С. Кочетов. – 6 с.

12. Патент № 2452560 Рос. Федерация, МПК B01J 19/32. Регулярная насадка для тепло- и массообменных аппаратов : № 2011107769/05 : заявл. 28.02.2011 : опубл. 10.06.2012 / А. Д. Бальчугов, А. В. Будеников, И. Е. Кузора ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО А. Д. Бальчугов. – 10 с.

13. Патент № 2 522 135 Рос. Федерация, МПК F28C 1/00. Вентиляторная градирня : № 2012157032/06 : заявл. 26.12.2012 : опубл. 10.07.2014 / В. Л. Островский, Н. Л. Думанский, Л. Хмел ; заявитель и патентообладатель В. Л. Островский. – 1 с.

14. Перспективы использования промышленных отходов машиностроительных предприятий для решения экологических проблем строительной отрасли / Н. А. Меренцов [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2019. – № 4 (77). – С. 182–195.

15. Регулярная блочная сетчатая насадка для локальных систем оборотного водоснабжения промышленных предприятий / Н. А. Меренцов [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – Вып. 50 (69). – С. 80–87.

16. Экспериментальное исследование модульной теплообменной насадки градирен / Н. А. Меренцов [и др.] // Вестник Казанского гос. технол. ун-та. – 2017. – Т. 20, № 24. – С. 141–144.

17. Mitin, A.K. Geometric Characteristics of Packings and Hydrodynamics of Packed Biotrickling Filters for Air-Gas Purification / A.K. Mitin, N.E. Nikolaikina, S. Pushnov, N.A. Zagustina // Chemical and Petroleum Engineering. – 2016. – Т. 52, №. 1. – С. 47–52.

REFERENCES

1. Aleksandrov I.A. *Rektifikacionnye i absorbcionnye apparaty* [Rectification and Absorption Devices]. Moscow, Himiya Publ., 1971. 296 p.

2. Krasnyansky M.N., ed. *Virtyalnoe modelirovanie, prototipirovanie i promyshlennyi dizain: materialy 5th Mejdunar. nauch.-prakt. konf. V 3 t.* [Virtual Modeling, Prototyping and Industrial Design. Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference. In 3 Vols.]. Tambov, Izdat. centr FGBOY VO «TGTY», 2018. URL: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/direct/308051439>

3. Ivantsova E.A., Bodrov A.O. *Yvelichenie proizvoditelnosti massomennyh processov dly izbiratel'nogo pogloshcheniya gazovih vybrosov v promyshlennyh absorberah* [Increasing the Productivity of Mass Exchange Processes for Selective Absorption of Gas Emissions in Industrial Absorbers] *Sovremennaya biologiya i biotekhnologiya: problemy, tendencii, perspektivy: sb. dokl. i tez. Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Modern Biology and Biotechnology: Problems, Trends, Prospects: Collection of Reports and Abstracts of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Volgograd, 2022, pp. 81-85

4. Merentsov N.A., Golovanchikov A.B., Balashov V.A. *Modelirovanie teplomassoobmennyyh nasadochnyyh stroystv s razvitymi kapelnymi rejimami techeniya: monografiya* [Modeling of Heat and Mass Transfer Nozzle Devices with Advanced Drip Flow Modes: Monograph]. Volgograd, VolgGTU, 2019. 140 p.

5. Golovanchikov A.B., Vorotneva S.B., Meretsov N.A., Dulkina N.A., Zalipaeva O.A., Shamyanova A.P. *Patent № 117317 Ros. Federaciya, MPK V 01 J 19/32. Nasadka dlya massoobmennogo apparata* [Patent No. 117317 Russian Federation, IPC B 01 J 19/32. Nozzle for Mass Transfer Device], no. 2012104222/05, yayavl. 02.07.18, opubl. 05.28.19. 12 p.

6. Golovanchikov A.B., Vorotneva S.B., Marinin A.V., Meretsov N.A., Ageeva T.B., Kobernik A.A. *Patent № 154394 Ros. Federaciya, MPK B01J19/32. Nasadka dlya massoobmennogo apparata* [Patent No. 154394 Russian Federation, IPC B01J19/32. Nozzle for Mass Transfer Device], no. 2012104222/05, yayavl. 04.17.12, opubl. 05.28.12. 6 p.

7. Golovanchikov A.B., Meretsov N.A., Dulkina N.A., Orlyaikina Y.A., Fomenkov S.A., Ryazanov M.G. *Patent № 135532 Ros. Federaciya, MPK B01D53/18 Skrybber s podvijnoy nasadkoy* [Patent No. 135532 Russian Federation, IPC B01D53/18. Scrubber with Movable Nozzle], no. 2013122139/05, yayavl. 04.17.12, opubl. 05.28.12. 9 p.

8. Meretsov N.A., Balashov V.A., Golovanchikov A.B., Shamyanova A.P., Ryazanov M.G., Hijnyakov I.A. *Patent № 142483 Ros. Federaciya MPK B01J19/32. Element nasadki dlya massoobmennogo apparata* [Patent No. 142483 Russian Federation, IPC B01J19/32. The Nozzle Element for the Mass Transfer Device], no. 2014103646/05, yayavl. 03.02.14, opubl. 06.27.14. 6 p.

9. Golovanchikov A.B., Sivolobova N.O., Meretsov N.A., Dulkina N.A., Shishlyakov V.V., Darofeeva N.I. *Patent № 129450 Ros. Federaciya MPK F 28 S 25/08. Teplomassoobmennaya nasadka gradiren* [Patent No. 129450 Russian Federation, IPC F 28 S 25/08. Heat and Mass Transfer Nozzle of Cooling Towers], no. 2018141575, zayavl. 11.27.18, opubl. 05.28.19. 12 p.

10. Balchugov A.D., Zalileev M.S., Budenikov A.V., Kuzora I.E. *Patent № 2506125 Ros. Federaciya MPK B01J 19/32. Reguljarnaya nasadka dlya teplo- i massoobmennyyh apparatov iz gorizontalnyh elementov* [Patent No. 2506125 Russian Federation, IPC B01J 19/32. Regular Nozzle for Heat and Mass Exchange Devices Made of Horizontal Elements], no. 2012140978/05, zayavl. 09.25.12, opubl. 02.10.14. 8 p.

11. Kochetov O.S., Stareeva M.O. *Patent № 2477433 Ros. Federaciya MPK F28F 25/08/Orositel gradirni* [Patent No. 2477433 Russian Federation, IPC F28F 25/08. Cooling Tower Sprinkler], no. 2011142411/06, zayavl. 10.20.11, opubl. 03.10.13. 6 p.

12. Balchugov A.D., Budenikov A.V., Kuzora I.E. *Patent № 2452560 Ros. Federaciya MPK B01J 19/32. Reguljarnaya nasadka dlya teplo- i massoobmennyyh apparatov* [Patent No. 2452560 Russian Federation, IPC B01J 19/32. Regular Nozzle for Heat and Mass Exchange Devices], no. 2011107769/05, zayavl. 02.28.11, opubl. 06.10.12. 10 p.

13. Ostrovskiy V.L., Dumanskiy N.L., Hmel L. *Patent № 2 522 135 Ros. Federaciya MPK F28C 1/00. Ventilyarnaya gradinya* [Patent No. 2 522 135 Russian Federation, IPC F28C 1/00. Fan Cooling Tower], no. 2012157032/06, zayavl. 12.26.12, opubl. 07.10.14. 1 p.

14. Merentsov N.A., Persidskiy A.V., Lebedev V.V., Karaseva A.B. *Perspektivy ispolzovaniya promyshlennyh othodov mashinostroitelnyh predpriyatiy dlya resheniya ekologicheskikh problem stroitelnoy otrasly* [Prospects for the Use of Industrial Waste from Machine-Building Enterprises to Solve Environmental Problems in the Construction Industry]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitelstvo i arhitektura* [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture], 2019, no. 4 (77), pp. 182-195.

15. Merentsov N.A., Lebedev V.N., Hijnyakov I.A., Balashov V.A. *Golovanchiov A.B., Reguljarnaya blochnaya setchataya nasadka dlya lokalnyh sistem oborotnogo vodosnabzheniya promyshlennyh predpriyatiy* [Regular Block Mesh Nozzle for Local Recycling Water Supply Systems of Industrial Enterprises]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering], 2017, iss. 50 (69), pp. 80-87.

16. Merentsov N.A., Nefedieva E.E., Lebedev V.N., Circunova E.A., Golovanchikov A.B., Balashov V.A. *Eksperimentalnoe issledovanie modylnoy teplomassoobmennoy nasadki gradiren* [Experimental Study of the Modular Heat and Mass Transfer Nozzle of Cooling Towers]. *Vestnik Kazanskogo gos. tehnol. un-ta* [Bulletin of the Kazan State Technical University], 2017, vol. 20, no. 24, pp. 141-144.

17. Mitin A.K., Nikolaikina N.E., Pushnov S., Zagustina N.A. *Geometric Characteristics of Packings and Hydrodynamics of Packed Biotrickling Filters for Air-Gas Purification*. *Chemical and Petroleum Engineering*, 2016, vol. 52, no. 1, pp. 47-52.

Information About the Authors

Aleksey O. Bodrov, Postgraduate Student, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, aleksey.bodrov.97@mail.ru

Elena A. Ivantsova, Doctor of Sciences (Agriculture), Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, ivatsova@volsu.ru

Информация об авторах

Алексей Олегович Бодров, аспирант, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, aleksey.bodrov.97@mail.ru

Елена Анатольевна Иванцова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор Института естественных наук, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, ivatsova@volsu.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.4>

UDC 502.51:556.5(470.45)

LBC 26.222.58(2Рос-4Вор)

FEATURES OF THE HYDROLOGICAL REGIME OF THE WATER BODIES OF THE VOLGA BASIN IN THE VOLGOGRAD REGION

Vladimir V. Shikunov

Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

Elena A. Ivantsova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The study of changes in the hydrological regime of water bodies in the Volga River basin is extremely important for observing and predicting the impact of these changes on the development of both economic activity and the entire biological diversity of various aquatic ecosystems in the basin. These observations make it possible to identify patterns and understand the mechanisms of changes in the hydrological and biological regimes of watercourses and reservoirs under the influence of various system-forming environmental factors. The purpose of the study is to analyze changes in the hydrological regime of the Volga basin water bodies in the Volgograd region in the conditions of regulated flow of the Volga River after the construction of the Volga hydroelectric dam. The article analyzes the data on the annual flow of the Volga River in the period from 1879 to 2023, presents long-term data on the maximum discharge costs of the Volga hydroelectric power plant from 1961 to 2023. The dependence of the level of the annual river flow of the Volga River on the prevailing water management situation in a particular reporting period has been established. It is noted that the formation of the Volgograd reservoir caused significant changes in the hydrological regime of the water bodies of the Volga basin in the Volgograd region.

Key words: hydrological regime, water bodies of the Volga basin, Volzhskaya HPP, Volgograd region, flow volume.

Citation. Shikunov V.V., Ivantsova E.A. Features of the Hydrological Regime of the Water Bodies of the Volga Basin in the Volgograd Region. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 35-43. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.4>

УДК 502.51:556.5(470.45)

ББК 26.222.58(2Рос-4Вор)

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ВОЛЖСКОГО БАСЕЙНА НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Владимир Владимирович Шикунов

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,
г. Волгоград, Российская Федерация

Елена Анатольевна Иванцова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Изучение изменений гидрологического режима водных объектов бассейна реки Волга крайне важно для наблюдения и прогнозирования влияния указанных изменений на развитие как хозяйственной деятельности, так и всего биологического разнообразия различных водных экосистем бассейна. Данные наблюдения позволяют выявить закономерности и понять механизмы изменений гидрологического и биологического режимов водотоков и водоемов в условиях воздействия разнообразных системообразующих факторов среды. Целью исследования является анализ изменений гидрологического режима водных объектов

Волжского бассейна на территории Волгоградской области в условиях зарегулированного стока реки Волга после строительства плотины Волжской гидроэлектростанции. В статье проанализированы данные годового объема стока реки Волга в период с 1879 по 2023 г., представлены многолетние данные максимальных сбросных расходов Волжской ГЭС с 1961 по 2023 год. Установлена зависимость уровня годового речного стока реки Волга от складывающейся водохозяйственной обстановки в конкретном отчетном периоде. Отмечено, что образование Волгоградского водохранилища вызвало существенные изменения гидрологического режима водных объектов Волжского бассейна на территории Волгоградской области.

Ключевые слова: гидрологический режим, водные объекты Волжского бассейна, Волжская ГЭС, Волгоградская область, объем стока.

Цитирование. Шикун В. В., Иванцова Е. А. Особенности гидрологического режима водных объектов Волжского бассейна на территории Волгоградской области // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 35–43. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.4>

Введение

Актуальность изучения проблемы изменения гидрологического режима в результате образования Волгоградского водохранилища обусловлена необходимостью соблюдения водного режима для заполнения водных объектов Волго-Ахтубинской поймы, сохранения биоразнообразия и обеспечения экологической устойчивости биосистем. Анализ информации об изменениях гидрологического режима водных объектов Волжского бассейна на территории Волгоградской области позволяет систематизировать данные по динамике указанных изменений и их влиянию на состояние всего разнообразия экосистем региона в целом.

Территория Волгоградской области зоны Нижнего Поволжья расположена в зоне сухих степей и полупустыни и относится к числу засушливых. По территории Волгоградской области протекают две большие реки, Волга и Дон, с большими водохранилищами – Волгоградским и Цимлянским, а также рядом более мелких рек и речек. Менее крупные реки Бузулук, Медведица, Хопер имеют собственные поймы с проходящими по ним сильно извилистыми руслами, образующими большое число затонов, заводей, благоприятных для развития различных кровососущих насекомых. Более мелкие степные речки, берут свое начало у родников, часто теряются в степи и могут даже пересыхать в летний жаркий период. Другие превращаются в цепочку замкнутых водоемов: р. Аксай, р. Елань, р. Иловля, р. Терса и прочие [10; 23].

Общая протяженность рек, протекающих по территории Волгоградской области, состав-

ляет 7 981 км, 9 из них имеют протяженность более 200 км, их суммарная длина в пределах области – 1947 км. Питание рек происходит за счет атмосферных осадков (80–90 % всего объема) и грунтовых вод.

Большая часть территории региона дренируется Доном с его притоками: Хопром, Медведицей, Иловлей, Чиром, Донской Царицей, Мышковой, Аксаем, Курмоярским Аксаем. Волжский бассейн занимает узкую полосу вдоль долины Волги и включает 30 водотоков [1; 12]. Многие водотоки Волгоградской области пересыхают или значительно снижают уровень расходов воды [7].

К крупным водохранилищам, расположенным на территории региона, относятся Волгоградское и Цимлянское водохранилища. Более мелкие водохранилища: Карповское, Варваровское, Береславское образованы в составе Волго-Донского судоходного канала им. В.И. Ленина [1; 15; 21; 25].

Объем стока бассейнов Волги и Дона, формирующийся в основном за пределами региона, изменяется в зависимости от времени года. В весеннее время объем стока достигает максимальных показателей, после чего снижается в летнее время. В осенний период в результате наступления сезона дождей происходит увеличение объема стока, в зимнее время сток практически не фиксируется [1; 14; 19].

Целью исследования является анализ изменений гидрологического режима водных объектов Волжского бассейна на территории Волгоградской области в условиях зарегулированного стока реки Волга после строительства плотины Волжской гидроэлектростанции.

Материалы, результаты и их обсуждение

Река Волга по территории Волгоградской области протекает на протяжении 318 км, из которых 232 км составляют Волгоградское водохранилище. Годовой объем речного стока реки Волга составляет – 254 км³/год. Площадь водосборного бассейна в пределах области составляет 15,4 тыс. км³ [1; 5; 8; 13; 19]. Левым притоком Волги в пределах Волгоградской области (Старополтавский район) является Еруслан, впадающий с востока в Волгоградское водохранилище. Правобережные притоки незначительны по своей протяженности и площади бассейна – реки Даниловка, Щербаковка, Добринка, Балыклея, Оленья, Дубовочка, Пичуга (Камышинский, Дубовский районы области). Все они впадают в Волгоградское водохранилище. На территории города Волгограда в реку Волгу впадают реки Царица и Мокрая Мечетка. В окрестностях Волжского от реки Волга отделяется рукав реки Ахтубы, который течет параллельно главному руслу. Между ним и рекой Ахтубой образовалась Волго-Ахтубинская пойма, достигающая ширины 25–30 км, территория которой изрезана многочисленными протоками, озерами [1; 12; 19; 25].

Данные годового объема речного стока реки Волга за период наблюдений с 1879 по 2023 гг. представлены на рисунке 1.

Анализ данных показывает зависимость уровня годового стока реки Волга от складывающейся водохозяйственной обстановки в конкретном отчетном периоде. Так, за период приведенных наблюдений максимальный годовой объем речного стока реки наблюдался в 1926 г. и составил 391,0 км³/год. Минимальный объем речного стока за весь период наблюдений фиксировался в 1910 и 1937 г. и составил 158,0 км³/год. За последние 30 лет максимальный объем речного стока составил 336,8 км³/год в 1994 году. В 2023 г. данный показатель зафиксирован на уровне 209,6 км³/год.

Существенные изменения гидрологического режима водных объектов Волжского бассейна на территории Волгоградской области связаны со строительством и вводом в эксплуатацию в 1961 г. Волжской гидроэлектростанции (далее – Волжской ГЭС).

В 1958 г. при строительстве Волжской ГЭС в верхнем течении Волги было образовано Волгоградское водохранилище, что привело к нарушению гидрологического режима реки. Так, скорость течения Волги в межень снизилась с 0,8–1,0 м/с до 0,5–0,7 м/с. Ниже плотины Волжской ГЭС река Волга осталась

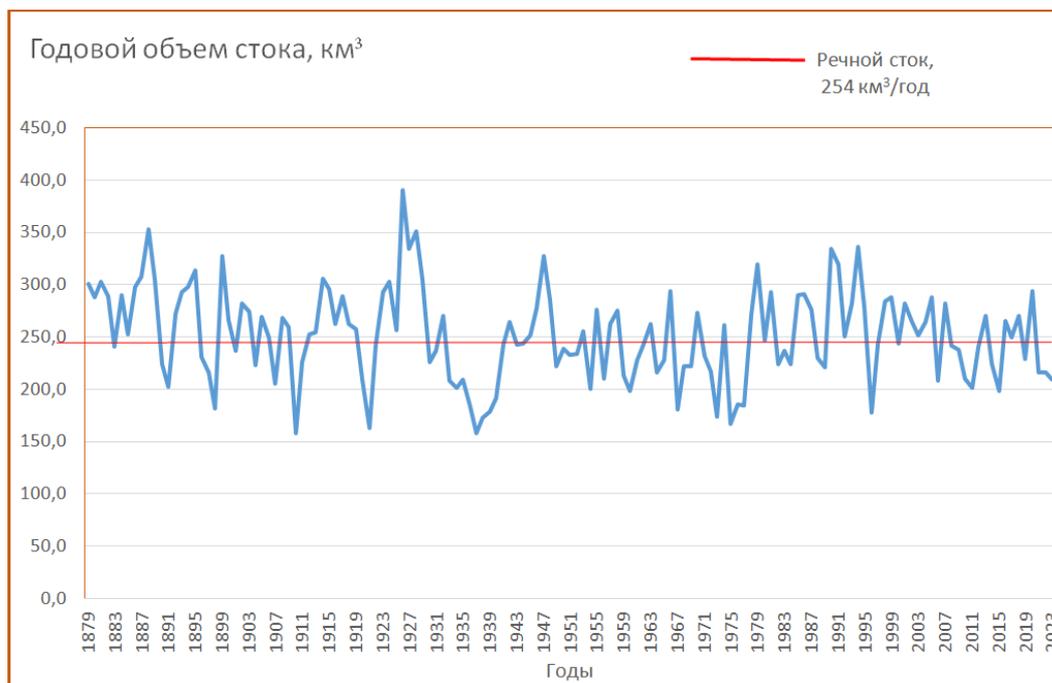


Рис. 1. Годовой объем стока р. Волга за период 1879–2023 гг.

в своем естественном состоянии, однако водный режим и твердый сток на этом участке были значительно преобразованы. Затопляемость водных объектов Волго-Ахтубинской поймы после строительства Волжской ГЭС сократилась практически в два раза [1; 6; 8]. Значительно снизились продолжительность половодья и его уровень, сдвинулся на более ранние сроки (с первой декады июня на первую-вторую декаду мая) пик половодья, произошло выравнивание стока по сезонам [1; 8; 13; 19; 22].

График максимальных сбросных расходов Волжской ГЭС за период ее эксплуатации с 1961 по 2023 гг. представлен на рисунке 2 [6; 10; 11].

Волгоградское водохранилище образовано плотиной Волжской ГЭС является замыкающим водохранилищем Волжско-Камского каскада. Одно из крупнейших водохранилищ в России расположено в Саратовской и Волгоградской областях. Общая длина от нижнего бьефа Саратовской ГЭС до плотины Волжской ГЭС достигает 546 км [18], площадь зеркала при нормальном подпорном уровне (НПУ) 15 м достигает 3 115 км², наибольшая ширина – 17 км, полный объем – 31,5 км³, полезный объем – 8,2 км³. Акватория водохранилища с глубинами от 5 до 10 м составляет 21 %, от 10 до 15 м – 16 %, от 15 до 20 м – 15 %, более 20 м – 11 % [1; 8; 19].

Образование Волгоградского водохранилища вызвало существенные изменения гидрологического режима водных объектов Волжского бассейна. В результате строительства плотины Волжской ГЭС уровень воды в водохранилище поднялся до 26 м, уменьшилась скорость течения реки, изменились характеристики весеннего половодья, температурные и ледовые условия [1; 2; 16; 19].

Река Ахтуба является левым рукавом Волги общей протяженностью 537 км, берущим свое начало от основного русла реки Волга напротив северной части города Волгограда ниже плотины Волжской ГЭС и впадающим в рукав Бузан у села Красный Яр Астраханской области. Протяженность Ахтубы на территории Волгоградской области составляет – 90 км. В период строительства Волжской ГЭС исток Ахтубы был перекрыт плотиной. Для обеспечения постоянного водотока в Ахтубе в северной части Волго-Ахтубинской поймы был прорыт самотечный судоходный канал (Волго-Ахтубинский канал) длиной около 5 км, по которому часть волжской воды попадает в Ахтубу [2; 17]. Среднесуточный показатель поступления воды из реки Волга в Ахтубу через Волго-Ахтубинский канал составляет 7 075 м³/с. [1; 5; 8; 14; 22].

Уровень воды в реке Ахтуба в условиях зарегулированного стока зависит как от складывающихся в течение года метеорологичес-

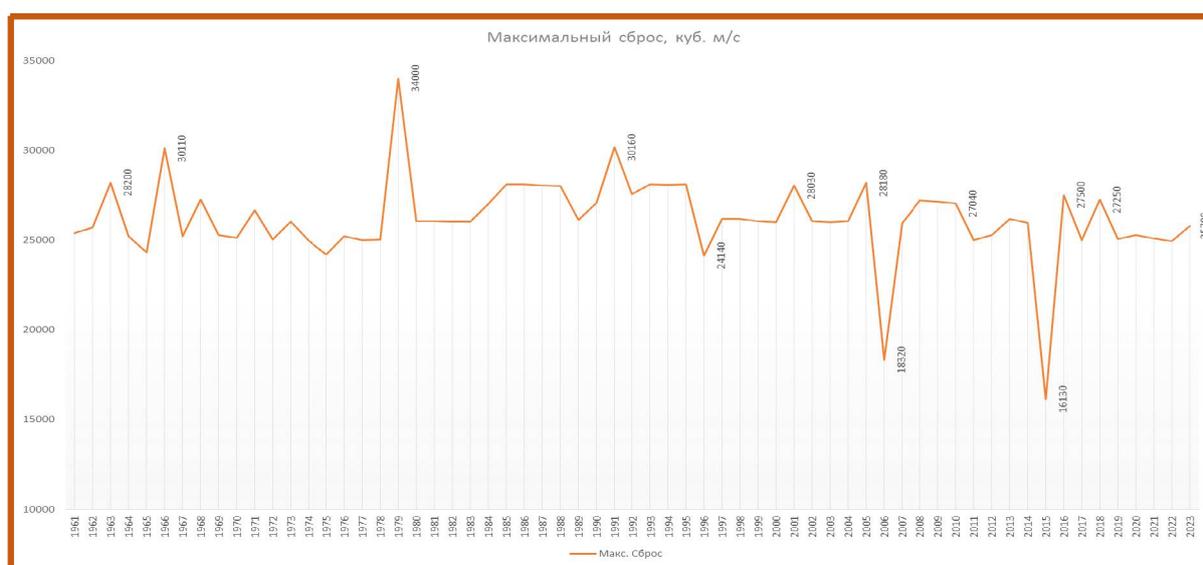


Рис. 2. График сбросных расходов Волжской ГЭС в период 1961–2023 гг.

ких условий, так и от режима сброса воды из Волгоградского водохранилища. По своему гидрологическому режиму Ахтуба имеет много общего с рекой Волга. В весенний период уровень воды в реке поднимается на 6–7 м, максимума достигает в мае, а в июне наблюдается спад.

На протяжении одного сезона скорость течения реки Ахтуба может значительно меняться. В период половодья скорость течения реки повышается до 0,9 м/сек в мае, в июне – уменьшается до 0,1 м/сек. По данным наблюдений средняя скорость течения реки Ахтубы находится в пределах от 0,1 до 0,4 м/с.

Ширина русла реки составляет от 100 до 300 м, глубины колеблются от 2 до 12 м [1; 6]. Иногда встречаются ямы глубиной от 14 до 20 м. На всем своем протяжении русло реки в значительной степени извилисто и имеет множество перекатов. Дно реки в основном песчаное, заиленные участки встречаются, как правило, на широких плесах.

В летний период в русле реки наблюдаются мели и перекаты. В маловодные годы в русле реки в меженный период могут наблюдаться противотечения. Основные максимальные уровни половодья в реке Ахтуба фиксируются в конце мая, начале июня. В реке половодье продолжается до конца июня, после

чего начинается его спад. В зависимости от графика работы Волжской ГЭС уровень воды в реке Ахтуба может меняться не только по сезонам года, но и по неделям, колебания уровня могут достигать отметки 2–3 м [1; 8].

В зимний период времени Ахтуба покрывается льдом в основном в декабре. Продолжительность ледостава составляет не более 100 дней, от ледяного покрова река и ее притоки освобождаются в конце марта – начале апреля. В период весеннего половодья река Ахтуба является основным водным объектом, через который происходит наполнение водой водных объектов Волго-Ахтубинской поймы [1; 19].

Водные объекты Волго-Ахтубинской поймы представлены на рисунке 3.

Основное заполнение водных объектов Волго-Ахтубинской поймы происходит в период весеннего половодья через рукав Ахтуба, на протяжении 130–150 км от его истока. Уровень горизонта воды рукава Ахтуба на данном отрезке выше отметок воды в реке Волга. В меженный период превышение уровня воды в Ахтубе над уровнем Волги может составлять от 0,5 до 3,0 м, что является определяющим фактором для формирования гидрографической сети Волго-Ахтубинской поймы.



Рис. 3. Расположение водных объектов Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области

Большая часть водных объектов Волго-Ахтубинской поймы дает сток в период весеннего половодья. В остальное время года водные объекты в пойме представляют собой по всей длине водотока изолированные друг от друга плесовые участки. К основным воложкам (ответвлениям от реки, соединяющиеся с ней) относятся Коршевития, Куропатка, Енотаевская и другие, также в пойме многочисленное количество малых, как правило пересыхающих, временных водных объектов [1; 3; 5; 8; 9; 14; 19; 20; 26].

Система озер Волго-Ахтубинской поймы в основном состоит из расширенных частей ериков и протоков. Значительное количество озер находится в центральной части Волго-Ахтубинской поймы. Основное питание озер происходит во время половодья в период высокой воды, через ерики. После прохождения половодья связь с ериками и протоками у озер прекращается. Глубина озер в пойме составляет в основном 1,5 м, в более глубоких озерах данная отметка достигает 8–10 м [1; 4; 11; 19].

Важно отметить, что изменения гидрологического режима и процессов русловой эрозии приводят к постоянным изменениям самих водных объектов поймы: мелеют и отчленяются русла, меняется конфигурация берегов, происходят иные изменения [4]. В настоящее время на государственном уровне особое внимание уделяется вопросам дополнительного обводнения водных объектов Волго-Ахтубинской поймы.

Заключение

Анализ ранее проведенных исследований водных объектов бассейна реки Волга на территории Волгоградской области, а также систематизация данных изменений гидрологического режима реки Волга в условиях зарегулированного стока показывают динамику изменений основных параметров гидрологического режима исследуемых водных объектов за весь период наблюдений и связанных с ними экосистем Нижней Волги. Продолжение наблюдений и обобщение полученных данных крайне важны для оценки влияния зарегулированного стока Нижней Волги на развитие хозяйственной деятельности и важ-

нейших экосистем Волго-Ахтубинской поймы, а также выработки предложений и рекомендаций по сохранению биоразнообразия уникальных водно-болотных угодий поймы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брылев, В. А. Волгоградская область: природные условия, ресурсы, хозяйство, население, геоэкологическое состояние / В. А. Брылев, С. И. Пряхин. – Волгоград : Изд-во ВГПУ Перемена, 2011. – С. 54–59.
2. Брылев, В. А. Геоэкологическое состояние рек Волгоградской агломерации / В. А. Брылев, А. С. Соснина // Академическая наука – проблемы и достижения : сб. тр. конф. – Волгоград, 2016. – Т. 2. – С. 20–23.
3. Вершинина, С. А. Водные объекты Волго-Ахтубинской поймы / С. А. Вершинина, Л. Н. Маковкина // Грани познания. – 2015. – № 4 (38). – С. 20–24.
4. Вершинина, С. А. Водный режим р. Ахтуба в условиях зарегулированного режима стока р. Волги / С. А. Вершинина // Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях : материалы Международ. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941–1975 гг. – Волгоград : Волгогр. ГАУ, 2015. – Т. 3. – С. 12–16.
5. Водно-экологические проблемы Волго-Ахтубинской поймы / М.В. Болгов [и др.] // Экосистемы: Экология и динамика. – 2017. – Т. 1, № 83. – С. 15–37.
6. Водный режим рук. Ахтуба в условиях зарегулированного стока р. Волги / О. В. Горелиц [и др.] // Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей : сб. тр. VIII Междунар. науч.-практ. конф. – М., 2014. – Т. 2. – С. 156–164.
7. Водохранилища, пруды и озера Волгоградской области / А.С. Овчинников [и др.]. – Волгоград : Изд-во ВолГАУ, 2020. – 352 с.
8. Горелиц, О. В. Изменения гидрологического режима Волго-Ахтубинской поймы под влиянием регулирования стока Волжско-Камским каскадом водохранилищ / О. В. Горелиц, Г. С. Ермакова, И. В. Землянов // Водохранилища Российской Федерации: современные экологические проблемы, состояние, управление : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. – Сочи, 2019. – С. 37–45.
9. Горелиц, О. В. Современный механизм заливания территорий Волго-Ахтубинской поймы в период половодья (в пределах Волгоградской области) / О. В. Горелиц, И. В. Землянов // Научный потенциал регионов на службу модернизации. – 2013. – № 2 (5). – С. 9–18.
10. Денисов, А. А. Эколого-биологическая характеристика кровососущих мошек (Diptera,

Simulidae) на территории Волгоградской области зоны Нижнего Поволжья / А. А. Денисов, Е. А. Иванцова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (59). – С. 202–203.

11. Истомин, А. П. Гидрологические проблемы Волго-Ахтубинской поймы на примере Краснослободского тракта / А. П. Истомин, М. В. Болгов, С. А. Истомин, А. Г. Жихарев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2023. – № 3. – С. 3–10.

12. Комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. – URL: <https://oblkompriroda.volgograd.ru/>

13. Комплекс мер, направленных на сохранение уникальной экосистемы Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области / А.И. Беляев [и др.] // Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Сочи, 2021. – С. 30–35.

14. Кузьмина, Ж. В. Динамические изменения наземных экосистем поймы и дельты Нижней Волги под влиянием зарегулирования речного стока и климатических флуктуаций / Ж. В. Кузьмина, С. Е. Трещкин, Т. Ю. Каримова // Аридные экосистемы. – 2015. – Т. 21, № 4 (65). – С. 39–53.

15. Марков, М. Ю. Мониторинг паводковой обстановки на реках по данным КА TERRA / М. Ю. Марков // Земля из космоса: наиболее эффективные решения. – 2010. – № 6. – С. 78–81.

16. Методические основы геофизического мониторинга грунтовых вод речных пойм / Д.А. Солодовников [и др.] // Юг России: экология, развитие. – 2017. – Т. 12, № 3. – С. 106–114.

17. Подколзин, М. М. Особенности озеленения крупных городов Нижнего Поволжья в условиях техногенной нагрузки: на примере г. Волжского : дис. ... канд. с.-х. наук / Подколзин Михаил Михайлович. – Волгоград, 2011. – 255 с.

18. Полянская, В. Н. Антропогенное загрязнение аквальных комплексов реки Волги в пределах Волгоградской агломерации / В. Н. Полянская, А. С. Василькова, А. Хмурин // Эколого-географические проблемы регионов России : материалы V Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию естеств.-географ. фак-та ПГСГА. – Самара : Изд-во Самар. гос. соц.-пед. ун-та, 2014. – С. 114–116.

19. Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду по проекту «Комплекс гидротехнических сооружений, обеспечивающий дополнительное обводнение Волго-Ахтубинской поймы» // Государственный контракт № 1575/19 от 25.06.2019. – 2020. – С. 17–24.

20. Природный парк Волго-Ахтубинская пойма. – URL: <https://поума.ru/information/>

21. Сахарова, Н. А. Оценка водохозяйственной обстановки в разрезе бассейнов основных поверх-

ностных водных объектов на территории Волгоградской области / Н.А. Сахарова [и др.] // Интернет-вестник ВОЛГТАСУ. – 2010. – № 2 (12). – 6 с.

22. Современные изменения минимального стока на реках бассейна р. Волга / М. В. Болгов [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2014. – № 3. – С. 75–85.

23. Фауна и распространение кровососущих мошек семейства Simuliidae на территории России / А. А. Денисов [и др.] // Природные системы и ресурсы. – 2018. – Т. 8, № 4. – С. 38–47. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.4.5>

24. Федеральная гидрогенирующая компания РусГидро. – URL: <https://rushydro.ru/>

25. Федеральное агентство водных ресурсов. – URL: <https://voda.gov.ru/>

26. Changes in the Spatial Organization of the Volga-Akhtuba Floodplain Nature Park / A. Kholodenko [et al.] // Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture : International Scientific and Practical Conference. – Saratov, 2021. – Art. 138.

REFERENCES

1. Brylev V.A., Pryahin S.I. *Volgogradskaya oblast: prirodnie yslovia, resyrsi, hozyaistvo, naselenie, geoecologicheskoe sostoyanie* [Volgograd Region: Natural Conditions, Resources, Economy, Population, Geoecological Condition]. Volgograd, Izd-vo VGPY Peremena, 2011, pp. 54–59.

2. Brylev V.A., Sosnina A.S. *Geoecologicheskoe sostoyanie rek Volgogradskoy alglomeracii* [Geoecological Condition of the Rivers of the Volgograd Agglomeration]. *Academicheskaya nauka – problemy i dostizheniya: sb. tr. konf.* [Academic Science Problems and Achievements: Proceedings of the Conference]. Volgograd, 2016, vol. 2, pp. 20–23.

3. Verшинina S.A., Makovkina L.N., *Vodnye obiekty Volgo-Ahtybinskoy poymy* [Water Bodies of the Volga-Akhtuba Floodplain]. *Grani poznaniia* [Facets of Knowledge], 2015, no. 4 (38), pp. 20–24.

4. Verшинina S.A. *Vodnyy rezhim r. Ahtuba v usloviyah zaregulirovannogo rejima stoka r. Volgi* [The Water Regime of the Akhtuba River in the Conditions of the Regulated Flow Regime of the Volga River]. *Strategicheskoe razvitie APK I selskih territoriy RF v sovremennyh medynarodnyh usloviyah: materialy Mejdynar. naych.-prakt. konf., posvyashch. 70-letiu Pobedy v Velikoy Otechestvennoy voyne 1941–1975 gg.* [Strategic Development of the Agro-Industrial Complex and Rural Territories of the Russian Federation in Modern International Conditions. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 70th Anniversary

of Victory in the Great Patriotic War of 1941–1975]. Volgograd, Volgogr. GAU, 2015, vol. 3, pp. 12–16.

5. Bolgov M.V., Shatalova K.U., Gorelitz O.V., Zemlyanov I.V. Vodno-ecologicheskie problemy Volgo-Ahtybinskoy poymy [Water and Environmental Problems of the Volga-Akhtuba Floodplain]. *Ecosistemy: Ecologiya i dinamika* [Ecosystems: Ecology and Dynamics.], 2017, vol. 1, no. 83, pp. 15–37.

6. Gorelitz O.V., Ermakova G.S., Sapojnikova A.A., Terskiy P.N., Vodniy rezim ryk. Ahtyba v usloviyah zaregulyrovannogo stoka r. Volgi [The Water Regime of the Hands. Akhtuba in Conditions of Regulated Flow of the Volga River]. *Dinamika i termika rek, vodohranilishch i pribreznoy zony morey: sb. tr. VIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Dynamics and Thermics of Rivers, Reservoirs and the Coastal Zone of the Seas: Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference]. Moscow, 2014, vol. 2, pp. 156–164.

7. Ovchinnikov A.S., Loboyko V.F., Yakovlev S.V., Ovcharov A.U., Ivantsova E.A., Soboleva I.A. *Vodohranilishcha, prydny i ozera Volgogradskoy oblasti* [Reservoirs, Ponds and Lakes of the Volgograd Region]. Volgograd, Izd-vo VolGAU, 2020. 352 p.

8. Gorelitz O.V., Ermakova G.S., Zemlyanov I.V., Izmeneniya gidrologicheskogo rejima Volgo-Ahtybinskoy poymy pod vliyaniem regulyrovaniya stoka Voljsko-Kamskim kaskadom vodohranilishch [Changes in the Hydrological Regime of the Volga-Akhtuba Floodplain Under the Influence of Flow Regulation by the Volga-Kama Cascade of Reservoirs]. *Vodohanilishcha Rossiyskoy Federacii: sovremennye ekologicheskie problemy, sostoyanie, upravlenie: sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Reservoirs of the Russian Federation: Modern Environmental Problems, Condition, Management. Collection of Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Sochi, 2019, pp. 37–45.

9. Gorelitz O.V., Zemlyanov I.V., Sovremenniy mehanizm zalivaniya territoriy Volgo-Ahtybinskoy poymy v period polovodya (v predelakh Volgogradskoy oblasti) [The Modern Mechanism of Flooding the Territories of the Volga-Akhtuba Floodplain During High Water (Within the Volgograd Region)]. *Nauchnyy potentzial regionov na slyjby modernizacii* [The Scientific Potential of the Regions for the Service of Modernization], 2013, no. 2 (5), pp. 9–18.

10. Denisov A.A., Ivatsova E.A. Ecologo-biologicheskaya karakteristika krovososyshchih moshek (Diptera, Simuliidae) na territorii Volgogradskoy oblasti zony Nijnego Povol'ya [Ecological and Biological Characteristics of Blood-Sucking Midges (Diptera, Simuliidae) in the Volgograd Region of the Lower Volga Region]. *Izvestiya Orenbyrskogo gosydarstvennogo agrarnogo universiteta*

[Proceedings of the Orenburg State Agrarian University], 2016, no. 3 (59), pp. 202–203.

11. Istomin A.P., Bolgov M.V., Istomin S.A., Jiharev A.G. Gidrologicheskie problemy Volgo-Ahtybinskoy poymy na primere Krasnoslobodskogo tracta [Hydrological Problems of the Volga-Akhtuba Floodplain on the Example of the Krasnoslobodsky Tract]. *Melioraciya i vodnoe hozyaistvo* [Land Reclamation and Water Management], 2023, no. 3, pp. 3–10.

12. *Komitet prirodnyh resyrsov, lesnogo hozyaistva i ekologii Volgogradskoy oblasti* [Committee of Natural Resources, Forestry and Ecology of the Volgograd Region]. URL: <https://oblkompriroda.volgograd.ru/>

13. Belyaev A.I. Kompleks mer, napravlenih na sohraneniye unikalnoi ekosistemy Volgo-Ahtybinskoy poymy na territorii Volgogradskoy oblasti [A Set of Measures Aimed at Preserving the Unique Ecosystem of the Volga-Akhtuba Floodplain in the Volgograd Region]. *Transgranichnyye vodnye obekty: ispolzovanie, upravlenie, okhrana: sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. konf. c mejdunar. uchasiem* [Transboundary Water Bodies: Use, Management, Protection: A Collection of Materials of the All-Russian Scientific. A Practical Conference with International Participation]. Sochi, 2021, pp. 30–35.

14. Kuzmina J.V., Treshkin S.E., Karimov T.U. Dinamicheskie izmeneniya nazemnyh ecosystem poymy i delty Nijney Volgi pod vliyaniem zaregulyrovaniya rechnogo stoka i klimaticheskikh fluktuaciy [Dynamic Changes in Terrestrial Ecosystems of the Floodplain and Delta of the Lower Volga Under the Influence of River Flow Regulation and Climatic Fluctuations]. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems], 2015, vol. 21, no. 4 (65), pp. 39–53.

15. Markov M.U. Monitoring pavodkovoy obstanovki na rekah po dannym KA TERRA [Monitoring of the Flood Situation on Rivers According to KA TERRA]. *Zemlya iz kosmosa: naibolee effektivnye resheniya* [Earth from Space: The Most Effective Solutions], 2010, no. 6, pp. 78–81.

16. Solodovnikov D.A., Havanskaya N.M., Vishnyakov N.V., Ivantsova E.A. Metodicheskie osnovy geofizicheskogo monitoringa gruntovykh vod rechnykh poym [Methodological Foundations of Geophysical Monitoring of Groundwater in River Floodplains]. *Yug Rossii: Ecologiya, razvitiye* [South of Russia: Ecology, Development], 2017, vol. 12, no. 3, pp. 106–114.

17. Podkolzin M.M. *Osobennosti ozeleneniya krypnnyh gorodov Nijnego Povol'ya v usloviyah tehnogennoy nagryzki: na primere g. Voljskogo: dis. ... kand. s.-h. nauk* [Features of Greening of Large Cities of the Lower Volga Region Under Conditions of Man-Made Load: On the Example of Volzhsky. Cand. diss. agr. sci.]. Volgograd, 2011. 255 p.

18. Polyanskaya V.N., Vasilkova A.S., Hmyrin A. Antropogennoe zagryaznenie akvalnykh kompleksov reki Volgi v predelakh Volgogradskoy aglomeratsii [Anthropogenic Pollution of the Volga River Aquatic Complexes Within the Volgograd Agglomeration]. *Ecologo-geograficheskie problemy regionov Rossii: materialy V Vseros. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 85-letiyu estestv.-geograf. fak-ta PGSGA* [Ecological and Geographical Problems of Russian Regions: Materials of the 5th All-Russian Scientific and Practical Conference Dedicated to the 85th Anniversary of the Faculty of Natural Geography of the PSGA]. Samara, Izd-vo Samar. gos. soc.-ped. un-ta, 2014, pp. 114-116.

19. Predvaritelnye materialy ocenki vozdeystviya na okryzhaushchuyu sredy po proektu «Kompleks gidrotekhnicheskikh sooryjeniy, obespechivaushchiy dopolnitelnoe obvodnenie Volgo-Ahtybinskoy poimy» [Preliminary Environmental Impact Assessment Materials for the Project “Complex of Hydraulic Structures Providing Additional Flooding of the Volga-Akhtuba Floodplain”]. *Gosydarstvenniy kontrakt №1575/19 ot 25.06.2019* [State Contract No. 1575/19 Dated 06.25.2019], 2020, pp. 17-24.

20. *Prirodniy park Volgo-Ahtybinskaya poyma* [Volga-Akhtubinskaya Floodplain Nature Park]. URL: <https://poyma.ru/information/>

21. Saharova N.A., Komarov A.U., Romanov V.A., Akimov O.U., Moskicheva E.V. Ocenka vodohozyaystvennoyobstanovki v razreze basseynov osnovnykh poverhnostnykh vodnykh obyektov na territorii Volgogradskoy oblasti [Assessment of the

Water Management Situation in the Context of the Basins of the Main Surface Water Bodies in the Volgograd Region]. *Internet-vestnik VOLGGASY* [Online Bulletin of VOLGGASU], 2010, no. 2 (12). 6 p.

22. Bolgov M.V., Korobkina E.A., Trybezskova M.D., Filimonova M.K., Filippova I.A. Sovremennye izmeneniya minimalnogo stoka na rekah basseyna r. Volga [Modern Changes in the Minimum Flow on the Rivers of the Volga River Basin]. *Meteorologia i gidrologia* [Meteorology and Hydrology], 2014, no. 3, pp. 75-85.

23. Denisov A.A., Ivatsova E.A., Holodenko A.V., Zaliznyak E.A. Fauna i rasprostraneniye krovososyshchih moshek semeystva Simulidae na territorii Rossii [Fauna and Distribution of Blood-Sucking Midges of the Family Simulidae in Russia]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2018, vol. 8, no. 4, pp. 38-47. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.4.5>

24. Federalnaya gidrogeneriruyushchaya kompaniya [Federal Hydrogenerating Company]. *RusGidro* [RusHydro]. URL: <https://rushydro.ru/>

25. *Federalnoe agentstvo vodnykh resursov* [Federal Agency of Water Resources]. URL: <https://voda.gov.ru/>

26. Kholodenko A., Istomin S., Kirillov S., Slipenchuk M., Istomin A. Changes in the Spatial Organization of the Volga-Akhtuba Floodplain Nature Park. *Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture: International Scientific and Practical Conference, Saratov, 2021*, art. 138.

Information About the Authors

Vladimir V. Shikunov, Postgraduate Student, Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation, V_Shikunov@volganet.ru

Elena A. Ivatsova, Doctor of Sciences (Agriculture), Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, ivatsova@volsu.ru

Информация об авторах

Владимир Владимирович Шикун, аспирант, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, V_Shikunov@volganet.ru

Елена Анатольевна Иванцова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор Института естественных наук, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, ivatsova@volsu.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.5>

UDC 582.923.6:581.6

LBC 28.592.7

THE NEUROPROTECTIVE EFFECT OF *CALOTROPIS PROCERA* (AITON) W.T.AITON AGAINST TOXICITY OF MERCURY CHLORIDES

Leila Belfarhi

Center of Research in Physico-Chemical Analyses CRAPC, Tipaza, Algeria

Abdel Madjid Bairi

University of Badji, Annaba, Algeria

Abstract. Central nervous system intoxication can result from exposure to various toxins, including mercury chloride. Although several chelating agents are available for mercury chloride detoxification, their efficacy can diminish over time. *Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton, a medicinal plant, has shown potential as a protective agent against mercury chloride-induced brain damage. This study aims to evaluate the protective effects of *C. procera* in mitigating mercury chloride toxicity. This study investigates the protective effects of *C. procera* against mercury chloride toxicity in Wistar albino rats. A total of 36 rats, comprising both males and females, were housed under controlled laboratory conditions and divided into two main groups based on five animals. Each group received certain nutrition: standard nutrition, *C. Procera*, mercury chloride and all together. Treatments were administered for 20 days. After the treatment period, the rats were euthanised, and brain tissues were collected for histopathological analysis. After the brain tissues were fixed in 10% saline-buffered formalin, they were processed through a series of ascending grades of ethanol to dehydrate them. The tissues were then cleared in xylene and embedded in paraffin. The paraffin-embedded brains were treated three times with pure paraffin to ensure proper infiltration and were subsequently moulded into blocks. Sections of 5 µm thickness were prepared using a Leica microtome and stained with haematoxylin and eosin (H&E) for histopathological examination. The study adhered to ethical guidelines and was approved by the relevant regulatory body. The results of this study demonstrated that mercury chloride caused significant cerebral toxicity, manifesting as inflammation and pyknosis of the nuclei. *C. procera* reduced mercury toxicity and preserved the nuclei in male rats. In female rats, *C. procera* completely preserved the brain tissue.

Key words: *Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton, Mercury chloride, Brain, inflammation, rats.

Citation. Belfarhi L., Bairi A.M. The Neuroprotective Effect of *Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton Against Toxicity of Mercury Chlorides. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 3, pp. 44-49. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.5>

УДК 582.923.6:581.6

ББК 28.592.7

НЕЙРОПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ *CALOTROPIS PROCERA* (АЙТОН) W.T.AITON ПРОТИВ ТОКСИЧНОСТИ ХЛОРИДОВ РТУТИ

Лейла Белфархи

Научно-исследовательский центр физико-химических анализов CRAPC, г. Типаза, Алжир

Абдель Маджид Баири

Университет Баджи, г. Аннаба, Алжир

Аннотация. Интоксикация центральной нервной системы может быть вызвана воздействием различных токсинов, включая хлорид ртути. Хотя для детоксикации хлоридом ртути существует несколько хелатообразующих средств, но их эффективность со временем может снижаться. Лекарственное растение (Aiton) W.T. Aiton продемонстрировало потенциал в качестве защитного средства от повреждения головного мозга,

вызванного хлоридом ртути. Цель данного исследования – оценить защитные эффекты *C. procera* в снижении токсичности хлорида ртути. В работе изучаются защитные эффекты *C. procera* против токсичности хлорида ртути у белых крыс линии Wistar. В общей сложности 36 крыс, как самцов, так и самок, содержались в контролируемых лабораторных условиях и были разделены на две основные группы по пять особей. Каждая группа получала определенное питание: стандартное, *C. Procera*, хлорид ртути и все вместе. Лечение проводилось в течение 20 дней. По истечении срока лечения крыс подвергли эвтаназии, а ткани головного мозга были собраны для гистопатологического анализа. После того, как ткани мозга были помещены в 10 %-ный формалин, забуференный физиологическим раствором, они были обработаны несколькими сортами этанола по возрастанию для их обезвоживания. Затем ткани были обработаны ксилолом и залиты в парафин. Залитые в парафин мозги трижды обрабатывали чистым парафином, чтобы обеспечить надлежащую пропитку, и затем формовали из них блоки. С помощью микротомы Leica были получены срезы толщиной 5 мкм, окрашенные гематоксилином и эозином (H&E) для гистопатологического исследования. Исследование проводилось в соответствии с этическими нормами и было одобрено соответствующим регулирующим органом. Результаты этого исследования показали, что хлорид ртути вызывает значительную церебральную токсичность, проявляющуюся в виде воспаления и пикноза ядер. *C. procera* снижает токсичность ртути и сохраняет ядра у самцов крыс. У самок крыс *C. procera* полностью сохраняет мозговую ткань.

Ключевые слова: *Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton, Хлорид ртути, мозг, воспаление, крысы.

Цитирование. Белфархи Л., Баири А. М. Нейропротекторное действие *Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton против токсичности хлоридов ртути // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 44–49. – (На англ. яз.). – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.3.5>

Introduction

The use of mercury has a long history, including its notorious rôle in poisoning Agnès Sorel, the mistress of Louis XIV. Historical analyses have also indicated that Isaac Newton suffered from mercury exposure, as evidenced by bone examinations [4]. A major mercury poisoning crisis occurred in Minamata, Japan, where mercury discharge from a chemical factory led to severe health consequences. This tragedy marked the onset of new neurological diseases, the mechanisms of which remained poorly understood for a long time. However, recent studies have provided new insights into the mechanisms of mercury-induced damage to the brain, with a particular focus on Minamata Bay. Advanced analytical techniques, such as high-resolution synchrotron X-ray absorption spectroscopy [3], have revealed that mercury preferentially binds to sulphur groups. This binding action leads to cerebral lesions by disrupting cellular functions, as mercury's interaction with sulphur interferes with normal biological processes. The Minamata tragedy not only exposed the severe neurological diseases caused by mercury poisoning but also marked the beginning of our understanding of the neuropathological mechanisms associated with mercury exposure. This awareness has been crucial in understanding similar mechanisms in

other contexts. Investigating the properties of medicinal plants in relation to mercury toxicity could open new avenues for treating these neurological conditions. Detoxifying mercury from the brain can eliminate this toxic substance, but the resulting damage is challenging to repair with chemical chelators. However, there are natural ways that can help in repairing neurotoxic lesions caused by mercury chloride. To detoxify the mercury chloride, more toxic plants similar to it can be used but in a beneficial way. Among these plants there is *Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton which is able to import new voices of detoxification of the mercury chloride. *C. procera* is a plant known in the Algerian Tuareg population by “Torha”. This plants characterized by the presence of a white liquid which circulates in all parts of the plant. This liquid is the latex of *C. procera*. It contains cysteine proteins, rich in thiol groups, which have been widely implicated in the detoxification of heavy metals. It is a plant characterized by strong odor, giant green leaves and filled inside with white milk. *C. procera* is characterized by the presence of several antioxidant components. It contains sweet components like Calotropin and Calotoxin both helping protect neuronal cells from inflammatory damage. This anti-inflammatory action is complemented by rutin and quercetin, which provide strong antioxidant benefits. Oleanolic Acid contributes by stabilizing cell membranes, which

minimizes oxidative stress and inhibits neuroinflammation, enhancing the protective effects of the other compound [1]. The objective of this study is to explore new natural methods to reduce mercury chloride toxicity in the brain, potentially offering new therapeutic strategies for neurological conditions associated with mercury exposure.

Material and Methods

Male and female albino rats Wistar weighting 250 g obtained from Pasteur Institute (Algiers) were reared in the animal house of University of Badji Mokhtar-Annaba. There were kept in the laboratory under constant conditions of temperature (24 ± 2 °C) at one month before and through the experimental work, being maintained on a standard diet and water were ready ad-libitum.

The experiment involved 30 rats, divided into two main groups, each consisting of 15 males and 15 females. Each main group was further divided into five subgroups, with each subgroup containing three rats. The first group Healthy control group received distilled water for 20 days, while the second group the animals received (200mg/Kg) of the *C. procera* by gavage. The third group received mercury chlorids at dose of 0,2mg/Kg

by gavage and fourth group received (200 mg/kg) of *C. procera* and (0,2 mg/kg) by gavage and the fourth groups were respectively plants *C. Procera* and mercury chlorid treated with 1 g/kg/day (Eth1) and 2 g/kg/day (Eth2) of ethanol. The rats of the fifth (Eth1 + SMI) and the sixth (Eth2 + SMI) groups were firstly treated respectively with 1g/kg/day and 2g/kg/day of ethanol, after one hour, animals were given SMI (200 mg/kg/day). After fixation of brain tissues in 10% saline buffered formalin, the brain tissues were dried in ascending grades of ethanol, cleared in xylol, and then immersed in paraffin. Impregnated brain was treated three times in pure paraffin to be established in blocks. Sections (5 μ m thick) were preparatory using Leica microtome and stained by hematoxylin and eosin (H&E) for histopathological investigation [2].

Discussion of Result

The histological analysis of this study revealed the protective role of *C. procera* in mitigating the toxic effects of mercury chloride on the brain (see fig. 1, 2). Mercury chloride is a potent neurotoxin that induces severe cerebral toxicity, manifested by significant cytoplasmic and nuclear alterations, such as the observed densified cellular nuclei with laminated chromatin in male

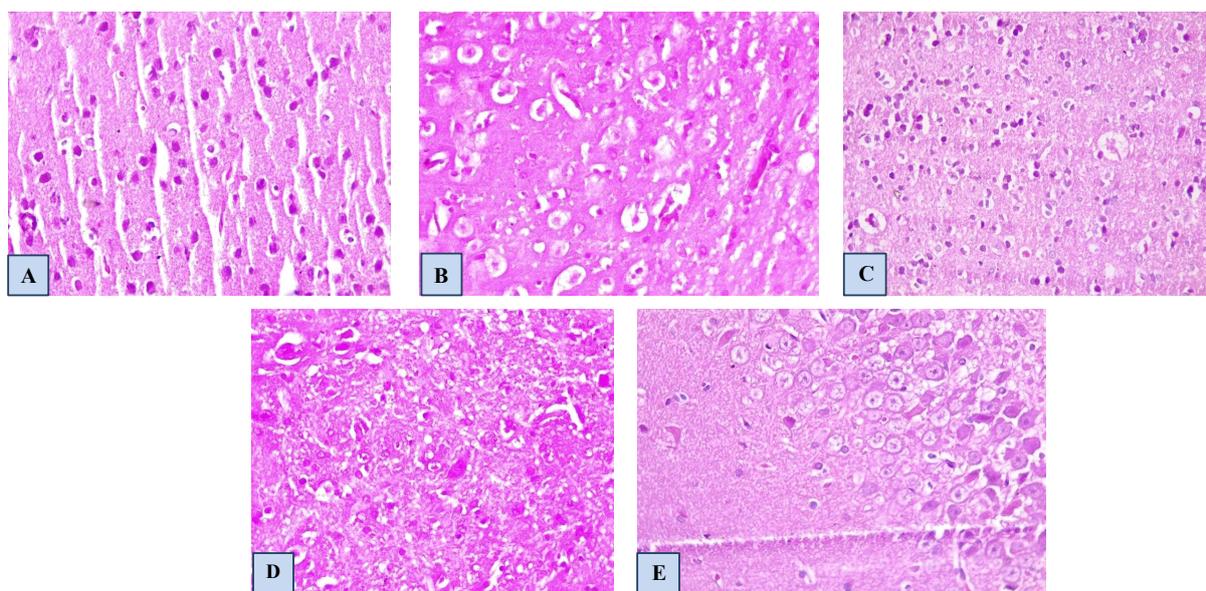


Fig. 1. Male rat histological study of brain:

A – Histological section of male rat treated with mercury chloride; B – Histological section of male rat treated with mercury chloride and *C. procera*; C – Histological section of male rat treated with plants *C. procera* and mercury chlorids; D – Histological section of male rat treated with *C. procera*; E – Histological section of male rat control

rats (see fig. 1,A). Histological results from male rats treated with both mercury chloride and *C. procera* demonstrated complete preservation of brain tissue against mercury-induced toxicity (see fig. 1,B,D). Examination of brain tissue sections from male rats treated with *C. procera* and mercury chloride revealed occasional images of karyolysis associated with edema, particularly within the plexiform or molecular layers. However, the cytoplasmic contours were preserved, and cellular nuclei remained intact (see fig. 1,C). No pathological processes were detected in the control group (see fig. 1,E).

Histological analysis of brain tissue from female rats treated with mercury chloride showed scattered nuclear pyknosis and increased nuclear density, along with laminated chromatin (fig. 2,A). Conversely, tissue sections from female rats treated with both *C. procera* and mercury chloride exhibited well-preserved nuclei (fig. 2,B). Microscopic examination of the brain tissue from female rats treated with mercury chloride and *C. procera* also revealed signs of pyknosis and nuclear densification, with well-preserved nuclei in other regions of the brain tissue (fig. 2,C). Brain tissue from control female rats exhibited subnormal cerebral morphology (fig. 2,D).

No pathological processes were detected in the control group (fig. 2,E).

Our study, which involved both male and female rats, investigated the protective effect of *C. procera* against the neurotoxic effects of mercury chloride. We found that mercury chloride induced severe cerebral toxicity in both sexes, characterized by significant cytoplasmic and nuclear alterations. Previous research has shown that mercury chloride causes necrosis of nerve cells affecting the cerebral cortex, hypothalamus, and cerebellum [10]. Other studies have also reported that mercury chloride induces necrosis and apoptosis of neurons and astrocytes in the motor cortex [9]. These studies indicate that even low exposure to mercury chloride can impair nerve cells. Our results also demonstrated that within the plexiform layer of brain tissue from male rats treated with both *C. procera* and mercury chloride, there were instances of karyolysis associated with edema, while cytoplasmic contours and cellular nuclei were conserved. Similar effects were observed during the Minamata incident in Japan, where mercury chloride was found to preferentially affect the plexiform molecular layer of the brain [5]. Autopsy studies of mercury-intoxicated animals revealed

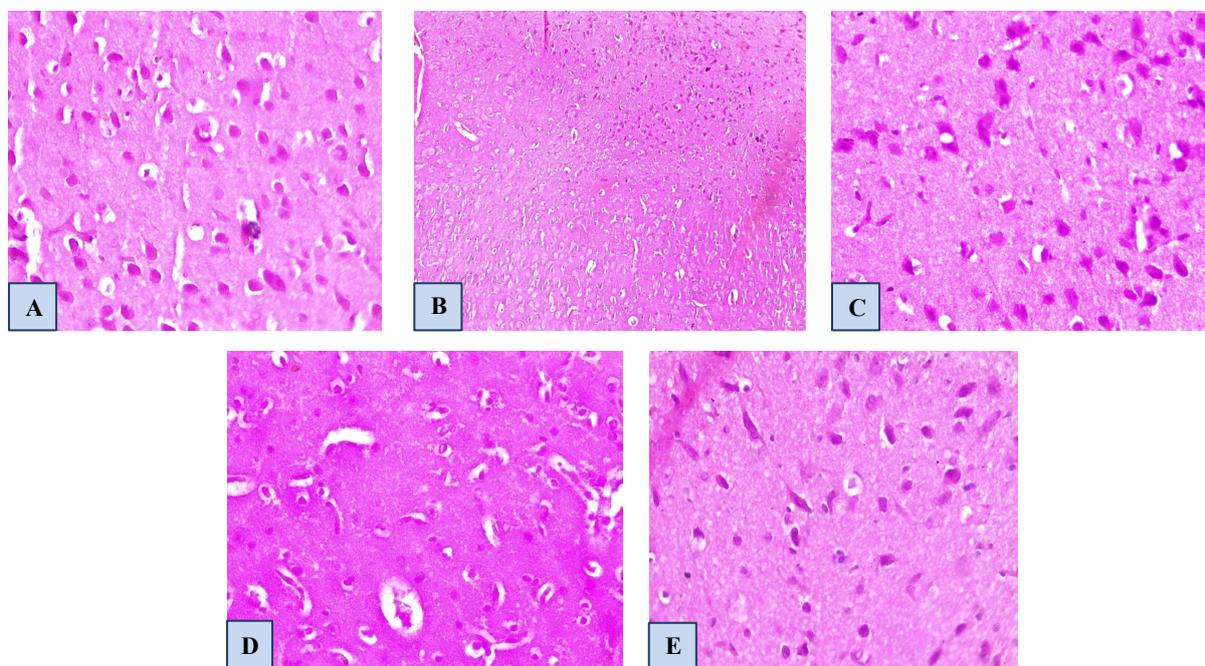


Fig. 2. Female rat histological study of brain:

A – Histological section of female rat treated with mercury chloride; B – Histological section of female rat treated with mercury chloride and plants *C. procera*; C – Histological section of female rat treated with mercury chlorids and *C. Procera*; D – Histological section of female rat treated with *C. Procera*; E – Histological Section of female Rat control

karyolysis of nuclei, as well as vascular damage in subcortical brain regions, including edema, vessel damage, widening of perivascular spaces, and infiltration of pale red fluid. Other studies have also identified karyolysis leading to neuronal damage and a decrease in neuron count [8].

Our findings indicate that *C. procera* reduced the toxic inflammatory effects caused by mercury chloride and protected cellular integrity by preserving cytoplasmic contours and cellular nuclei within brain tissue. Phytochemical investigations of this Saharan plant have highlighted its richness in flavonoids, such as rutin [6]. Rutin has been shown to reduce brain lesions observed in cancer [7], which may explain its neuroprotective role against mercury chloride-induced toxicity observed in our study. Additionally, stilbene, another compound in *C. procera*, can halt the cascade of cerebral inflammatory reactions. Stilbene also protects against brain lesions and inflammation by stimulating the expression of the enzyme heme oxygenase. Histological results from male rats treated with both mercury chloride and *C. procera* demonstrated that the plant completely protected brain tissue from mercury chloride toxicity. This protective effect of *C. procera* is attributed to its wealth of molecules that target toxic brain proteins. For example, oleandrin, a neuroprotective molecule, inhibits the expression of the toxic alpha-synuclein protein, thereby preventing brain lesions associated with this protein's toxicity.

Conclusion

This study investigates a plant called *C. procera* and its effect to reduce the effect of mercury chloride. The result demonstrates that *C. procera* can reduce the inflammatory reaction in both male and female rats. *C. procera* has been shown to preserve cell integrity by protecting the cellular nuclei despite the toxic effects of mercury chloride. This effect is due to the antioxidants in *C. procera*, which were synthesised under high heat conditions in the Sahara Desert of Algeria. This harsh climate has led to the formation of molecules that have been able to penetrate the brain and counteract the effects of mercury chloride. Although the toxicity of mercury chloride is well-known, this study suggests that *C. procera* could open new avenues for the treatment of inflammatory brain diseases.

REFERENCES

1. Bodakhe N., Kumar A. Neuroprotective Potential of Calotropis Gigantea: A Review. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2016, no. 68 (10), pp. 1270-1280. DOI: <https://doi.org/10.1111/jphp.12634>
2. Dardouri K., Haouem S., Gharbi I., et al. Combined Effects of Cd and Hg on Liver and Kidney Histology and Function in Wistar Rats. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 2016, vol. 5, no. 5, pp. 159-169. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/jacen.2016.54017>
3. James A.K., Nehzati S., Dolgova N.V., et al. Rethinking the Minamata Tragedy: What Mercury Species Was Really Responsible? *Environ. Sci. Technol.*, 2020, no. 54 (5), pp. 2726-2733. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b06253>
4. Johnson L.W., Wolbarsht M.L. Mercury Poisoning: A Robable Cause of Isaac Newton's Physical and Mental Ills. *Notes and Records of the Royal Society of London*, 1979, no. 34 (1), pp. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsnr.1979.0001>
5. Müller-Madsen B. Localization of Mercury in CNS of the Rat. V. Inhalation Exposure to Metallic Mercury. *Archives of Toxicology*, 1992, vol. 66.2, pp. 79-89. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02342499>
6. Oraibi A.I., Hamad M.N. Phytochemical Investigation of Flavanoid of Calotropis Procera in Iraq, Isolation and Identification of Rutin, Quercetin and Kampferol. *J. Pharm. Sci. & Res.*, 2018, vol. 10, no. 9, pp. 2407-2411.
7. Pathak S., Multani A.S., Banerji P., Banerji P. Ruta 6 Selectively Induces Cell Death in Brain Cancer Cells but Proliferation in Normal Peripheral Blood Lymphocytes: A Novel Treatment for Human Brain Cancer. *International Journal of Oncology*, 2003, vol. 23, no. 4, pp. 975-982.
8. Suzuki T., Imura N., Clarkson T.W. Advances in Mercury Toxicology. *Springer Science & Business Media*, 1991. 490 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9071-9>
9. Teixeira F.B., de Oliveira A.C.A., Lero L.K.R., et al. Exposure to Inorganic Mercury Causes Oxidative Stress, Cell Death, and Functional Deficits in the Motor Cortex. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 2018, vol. 11, pp. 125. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnmol.2018.00125>
10. Zaher A.M., Taha M.M.M., Ahmed H.G. Neurodegenerative Disorders Associated with Mercuric Chloride Toxicity in Mice and the Role of Some Antioxidant. *International Journal of Science and Research*, 2017, vol. 6, no. 4, pp. 1253-1260. DOI: <https://doi.org/10.21275/ART20172479>

Information About the Authors

Leila Belfarhi, Researcher, Center of Research in Physico-Chemical Analyses CRAPC, Bou-Ismaïl, B.P.384, 16004 Tipaza, Algeria, belassinate@gmail.com

Abdel Madjid Bairi, Director, Laboratory of Applied Neuro-Endocrinology, Department of Biology, Faculty of Science, University of Badji, Moukhtar-Annaba, B.P.12, 23000 Annaba, Algeria, bairima41@gmail.com

Информация об авторах

Лейла Белфархи, научный сотрудник, научно-исследовательский центр физико-химических анализов CRAPC, Бу-Исмаил, Б.П.384, 16004 г. Типаза, Алжир, belassinate@gmail.com

Абдель Маджид Баири, директор лаборатории прикладной нейроэндокринологии, отделение биологии, факультет естественных наук, Университет Баджи, Мухтар-Аннаба, Б.П.12, 23000 г. Аннаба, Алжир, bairima41@gmail.com



Журнал «Природные системы и ресурсы» издается для широкого ознакомления научной общественности с результатами современных исследований по экологии, геоэкологии, природопользованию, географии, геоинформатике, а также по биотехнологии и биоинженерии.

Авторами журнала могут быть преподаватели, научные сотрудники и аспиранты высших учебных заведений и научно-исследовательских учреждений России, а также другие отечественные и зарубежные исследователи.

**ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ,
ПРЕДСТАВЛЯЕМЫМ В РЕДКОЛЛЕГИЮ ЖУРНАЛА
«ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ И РЕСУРСЫ»**

1. Материалы представляются на бумажном и электронном носителях по адресу: 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, 100, Волгоградский государственный университет – главному редактору Иванцовой Елене Анатольевне или высылаются по электронной почте на адрес: vestnik11@volsu.ru.

Обязательно наличие сопроводительного письма, в котором должны содержаться следующие пункты: гарантия оригинальности статьи, отсутствия в ней недостоверных данных и плагиата; обязательство не подавать данный материал в другой журнал; информация о наличии/отсутствии потенциального конфликта интересов с членами редколлегии; данные о финансировании исследования (с пометкой об их конфиденциальности или необходимости опубликования); согласие с принципами, изложенными в разделе «Издательская этика» журнала (<https://ns.jvolsu.com/index.php/publishing-ethics-ru>).

Для российских авторов (аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук) необходимо дополнительно представить рекомендацию, подписанную научным руководителем и заверенную печатью учреждения.

2. Правила оформления статей.

Объем статьи не должен превышать 1 п. л.

Каждая статья должна включать следующие элементы издательского оформления:

- 1) Индексы УДК и ББК.
- 2) Заглавие. Подзаголовочные данные (на русском и английском языках).
- 3) Имя, отчество, фамилия автора; ученое звание, ученая степень; контактная информация (место работы/учебы и должность автора, полный почтовый адрес организации, телефон, e-mail) на русском и английском языках.
- 4) Аннотация на русском языке и авторское резюме (Abstract) на английском языке.
- 5) 5–8 ключевых слов или словосочетаний (на русском и английском языках).
- 6) Текст статьи.
- 7) Список литературы на русском языке, оформленный в соответствии с ГОСТ Р 7.1-2003, и References – список литературы на английском языке (латинским шрифтом), оформленный в соответствии с требованиями редакции. При необходимости – примечания, приложения.

2.1. Требования к авторским оригиналам на бумажном и электронном носителях.

- 1) Поля по 2 см с каждой стороны.
- 2) Нумерация страницы по центру внизу.
- 3) Шрифт Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.
- 4) Файл должен быть создан в программе «Microsoft Word» и сохранен с расширением *.rtf; имя файла должно быть набрано латиницей и отражать фамилию автора.

2.2. Оформление библиографических ссылок и примечаний.

- 1) Библиографические ссылки на пристатейный список литературы должны быть оформлены с указанием в строке текста в квадратных скобках цифрового порядкового номера источника и через запятую номеров соответствующих страниц.
- 2) Пристатейный список литературы, озаглавленный как «Список литературы», составляется в алфавитном пронумерованном порядке. Он должен быть оформлен согласно ГОСТ 7.1–2003 с указанием обязательных сведений библиографического описания.

3. После получения материалов рукопись направляется на рецензирование. Решение о публикации статей принимается редакционной коллегией после рецензирования. Редакция оставляет за собой право отклонить или отправить представленные статьи на доработку на основании соответствующих заключений рецензентов. После получения положительной рецензии редакция уведомляет авторов о том, что статья принята к опубликованию, а также направляет замечания рецензентов и редакторов, в соответствии с которыми необходимо исправить или дополнить статью. В случае отказа в публикации статьи редакция представляет автору мотивированный отказ.

Полнотекстовые версии опубликованных статей и их метаданные (аннотации, ключевые слова, информация об авторах на русском и английском языках, список литературы) будут размещены в свободном доступе в Интернете на официальном сайте издания, на платформе Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU и других реферативных баз данных.

4. Более подробно с требованиями к статьям можно ознакомиться на страничке Издательства на сайте Волгоградского государственного университета: <https://www.volsu.ru> – и сайте журнала: <https://ns.jvolsu.com>.
