



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

Том 27 № 4 (2019)

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-4

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

Научный журнал

Издается с 1993 г.

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

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

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

Главный редактор

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

Члены редакционной коллегии

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

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

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

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

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

Гатто Леонардо – профессор Университета Палермо (Италия)

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

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

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

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

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

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

4 выпуска в год (ежеквартально).

Языки: русский, английский, немецкий.

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

Цели и тематика

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

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

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

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

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

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

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

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

Адрес редакционной коллегии журнала «Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности»:
Российская Федерация, 113093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5
Тел.: +7 (495) 952-70-28; e-mail: ecojournalrudn@rudn.ru

Подписано в печать 10.02.2020. Выход в свет 17.02.2020. Формат 70×108/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Times New Roman».
Усл. печ. л. 9,45. Тираж 500 экз. Заказ № 1854. Цена свободная.

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

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



RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY

VOLUME 27 NUMBER 4 (2019)

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-4

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

Founded in 1993

Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA

EDITOR-IN-CHIEF

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4 issues per year.

Languages: Russian, English, Deutsch.

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

Aims and Scope

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

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

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

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

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

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

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

Address of the editorial board:

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

Address of the editorial board of RUDN Journal of Ecology and Life Safety:

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

Printing run 500 copies. Open price.

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Рыбка К.Ю., Щеголькова Н.М. Принципы проектирования фито-очистных систем 255

Шайхиев И.Г., Шумкова И.Н., Свергузова С.В., Сапронова Ж.А. Влияние температуры обжига отхода водоочистки на сорбционные характеристики по нефтепродуктам 264

Кузнецова И.Н., Сергеев С.А., Еналеев И.Р. Экономические аспекты использования ловчих птиц в качестве биорепеллента 275

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Мизгирев Д.С., Захаров В.Н., Отделкин Н.С., Наумов В.С. Современное состояние проблемы обращения с судовыми отходами 282

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Алейникова А.М., Липка О.Н., Крыленко М.В. Ландшафтная структура береговых обрывов Черноморского побережья Кавказа 298

Мамаджанов Р.Х., Хаустов А.П., Редина М.М., Умаров М.У. Влияние абиотических факторов на растения *Tilia cordata Juss.*, произрастающие на территории кампуса РУДН 307

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Волкова Н.И., Наумов В.С., Пластинин А.Е., Захаров В.Н. Оценка влияния различных факторов на площадь нефтяных пятен в районе Средней Волги 325

Кулакова Е.С., Сафаров А.М., Насырова Л.А., Мизгирев Д.С. Получение и использование данных оперативного мониторинга атмосферного воздуха 337

CONTENTS

INDUSTRIAL ECOLOGY

- Rybka K.Y., Shchegolkova N.M.** Principles of constructed wetlands designing 255
- Shaikhiev I.G., Shumkova I.N., Sverguzova S.V., Sapronova Zh.A.** Effect of firing temperature waste from water treatment on sorption characteristics of petroleum products 264
- Kuznetsova I.N., Sergeev S.A., Enaleev I.R.** Economic aspects birds of prey usage as bird control operation 275

LIFE SAFETY

- Mizgirev D.S., Zakharov V.N., Otdelkin N.S., Naumov V.S.** Current state of the problem of ship waste management 282

GEOECOLOGY

- Aleynikova A.M., Lipka O.N., Krylenko M.V.** Landscape structure of coastal cliffs of the Black Sea coast of the Caucasus 298
- Mamadzhanov R.Kh., Khaustov A.P., Redina M.M., Umarov M.U.** The influence of the abiotic factors on the *Tilia cordata Juss.*, growing on the RUDN University campus 307

ENVIRONMENTAL DEFENCE

- Volkova N.I., Naumov V.S., Plastinin A.E., Zakharov V.N.** Estimation of various factors impact on the area of oil patches in the Middle Volga region 325
- Kulakova E.S., Safarov A.M., Nasyrova L.A., Mizgirev D.S.** Obtaining and using data of operational monitoring of atmospheric air 337



DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-4-255-263
УДК 504.05/06

Научная статья

Принципы проектирования фито-очистных систем

К.Ю. Рыбка¹, Н.М. Щеголькова^{1,2}

¹Институт водных проблем РАН

Российская Федерация, 117971, Москва, ул. Губкина, 3

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12

Аннотация. Фито-очистные системы (ФОС) – неглубокие поверхностные или подземные водотоки, засаженные высшей растительностью и предназначенные для очистки сточных вод – в последние десятилетия активно применяются в мировой практике. Универсальных принципов проектирования таких систем не существует, так для каждой комбинации ландшафта (в котором расположена ФОС) и качества сточной воды подбирается индивидуальный тип ФОС. В статье приводится обзор принятых в мире принципов расчета основных технологических параметров ФОС (выбор типа ФОС, расчет площади ФОС, времени пребывания воды в системе, выбор фильтрующей среды и т. д.), разработанных на базе многочисленных функционирующих объектов. Приведенные в статье рекомендации применимы для малых и средних ФОС, предназначенных для очистки хозяйственно-бытовых, ливневых и сельскохозяйственных стоков.

Ключевые слова: очистка сточных вод, фито-очистные системы, проектирование ФОС

Введение

Фито-очистные системы (ФОС) являются адаптивной технологией, и корректирование тех или иных параметров проектирования или применение специальных технических приемов позволяет использовать ФОС для решения разноплановых задач. В статье приведены рекомендации по проектированию ФОС для эффективного удаления взвешенных веществ, биогенных элементов, органического вещества (в том числе ксенобиотиков) и обеззараживания в климатических условиях РФ (включая регионы с холодным климатом), разработанные на основе исследования функционирования ФОС в РФ, а также в результате анализа литературных данных, адаптированных для нашей страны с учетом существующих нормативов, состава сточных вод и климатических особенностей.

© Рыбка К.Ю., Щеголькова Н.М., 2019



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

Выбор типа ФОС

Системы открытого типа (с потоком воды над поверхностью воды) в общем случае рекомендуются для очистки ливневого стока, так как они обладают высокой устойчивостью к резким скачкам гидравлической нагрузки и не заиливаются в результате накопления взвешенных веществ, которыми обычно богаты ливневые стоки. При этом в начале и в конце ФОС рекомендуется расположить более глубокие зоны. Такая зона в начальной части ФОС будет способствовать более равномерному распределению потока и осаждению крупнодисперсных взвешенных веществ, а в конце ФОС – препятствовать попаданию донных отложений из ФОС в водоприемник.

Для хозяйственно-бытовых стоков наиболее эффективны, как правило, подповерхностные ФОС (для индивидуальных домохозяйств рекомендуются ФОС на основе «французской системы» – с подповерхностным вертикальным потоком [1]). Подповерхностные ФОС характеризуются большей площадью контакта сточных вод с загрузкой, которая является субстратом для развития прикрепленных микроорганизмов, осуществляющих микробиологические процессы очистки, присутствуют как аэробные (в верхней части), так и анаэробные условия (в нижней части ФОС), что способствует удалению азота за счет процессов нитрификации и денитрификации, а также очистке от ксенобиотиков.

Для сельскохозяйственных стоков возможно использование как открытых, так и подповерхностных ФОС (в случае, если содержание взвешенных веществ в стоках не приведет к кольматажу). Для решения более сложных задач применяются гибридные ФОС.

Предварительная очистка

В зависимости от конфигурации ФОС и состава поступающих стоков необходимо применение тех или иных технологий предварительной очистки. Если ФОС используется как единственная ступень очистки (например, при очистке ливневых стоков), то в рамках предварительной очистки достаточно пропустить сточные воды через решетки для удаления крупного мусора. Если же ФОС используется для доочистки (вторичной или третичной), то в качестве первичной очистки применяется септик, жируловитель, отстойник или эмшерский колодец.

Площадь ФОС

Существует несколько подходов к расчету площади ФОС. Наибольшее распространение получил метод, основанный на доведении воды до необходимого значения БПК [2]. Удаление органических веществ само по себе часто является основной задачей ФОС, кроме того, снижение БПК связано с удалением взвешенных веществ и азота.

При расчете *ФОС с открытой водной поверхностью* сначала рассчитывается время пребывания воды по формуле (1) или (2):

$$t = \frac{2,7(\ln C_i - \ln C_e + \ln F)}{1,1^{T-20}} \quad (1)$$

ИЛИ

$$t = \frac{\ln C_i - \ln C_e + \ln F}{65K_T}, \quad (2)$$

где t – время пребывания, сутки; C_i – концентрация БПК на входе в ФОС, мг/л; C_e – необходимая концентрация БПК на выходе из ФОС, мг/л; F – доля БПК, приходящаяся на водорастворимые соединения (не осаждающиеся в форме взвешенных веществ в начальной зоне ФОС), выраженная как отношение водорастворимого БПК к общему БПК, в долях единицы; T – температура воды, °С; K_T – константа скорости реакции (зависит от химического состава стоков и температуры), 1/сут.

C_i и F измеряются в надосадочной жидкости на выходе из блока предварительной очистки. Рекомендуется проводить изменения в разные сезоны и использовать максимальные значения C_i и F , а температуры – минимальные. Значения F обычно находятся в диапазоне от 0,5 для хозяйственно-бытовых до 0,9 для сельскохозяйственных стоков. Что касается K_T , то при температуре 20 °С для открытых ФОС часто используется значение 0,0057/сут., расчет при другой температуре производят по формуле (3):

$$K_T = K_{20} \Theta^{T-20}, \quad (3)$$

где K_{20} – константа скорости при температуре 20 °С, 1/сут.; Θ – температурный коэффициент, равный 1,056 при температуре ниже 20 °С и 1,047 при температуре выше 20 °С.

Далее, зная время пребывания, гидравлическую нагрузку и глубину воды в ФОС, можно рассчитать необходимую площадь ФОС по формуле (4):

$$A = \frac{t}{d \frac{n}{Q}}, \quad (4)$$

где A – площадь ФОС, м²; t – время пребывания, сут.; d – глубина воды в ФОС, м; n – порозность, доли единицы; Q – средняя гидравлическая нагрузка, м³/сут.

При расчете ФОС с открытой водной поверхностью порозность необходима для учета подводных частей растений (под порозностью здесь понимается отношение объема, занимаемого водой, к общему объему, занимаемому водой и растениями). Например, порозность системы, засаженной камышом, составляет около 0,86, а тростником – 0,98 [2].

При проектировании *подповерхностных ФОС* основная задача – избежать образования поверхностного потока. Фильтрация воды через загрузку ФОС в первом приближении описывается законом Дарси, который можно записать в виде (5):

$$q = k_s a s, \quad (5)$$

где q – скорость фильтрации, м³/сут.; k_s – гидравлическая проводимость единичной площади, перпендикулярной направлению потока, м³/м² в сут.; a –

площадь поперечного сечения, перпендикулярного направлению потока, m^2 ;
 s – напорный градиент (уклон уровня воды), м/м.

Во избежание заиливания системы предлагается использовать значения гидравлической проводимости, не превышающие 1/3 от расчетного, и значения напорного градиента, не превышающие 10 % от расчетного [2].

Площадь ФОС с подповерхностным потоком рассчитывается по формуле (6):

$$A = \frac{Q \ln \frac{c_e}{c_i}}{-K_T dn}. \quad (6)$$

Под n здесь подразумевается порозность загрузки, а K_T при температуре 20 °С для подповерхностных ФОС обычно составляет около 1,104 в сутки (в отличие от 0,0057 в сутки для ФОС с открытой водной поверхностью).

Время пребывания

Время пребывания является одним из основных параметров проектирования ФОС, так как от него зависит полнота протекания процессов очистки. В первом приближении уменьшение концентрации поллютантов в ФОС описывается кинетикой реакций первого порядка и экспоненциально зависит от времени пребывания. Минимальное время пребывания в ФОС составляет 24–36 ч, однако на практике часто проектируют системы с намного большим временем пребывания (до нескольких недель для крупных ФОС).

Расчет времени пребывания по БПК производят по формулам (1) и (2), а зная длину и ширину (или площадь) ФОС – по формуле (7):

$$t = \frac{nLWd}{Q}, \quad (7)$$

где L – длина ФОС, м; W – ширина ФОС, м; Q – средняя гидравлическая нагрузка, рассчитанная как среднее арифметическое между потоком на входе и на выходе, $m^3/сут.$

Геометрия ФОС

ФОС легко встраиваются в ландшафт и могут иметь как геометрически правильную (прямоугольник, квадрат, круг), так и неправильную форму. При выборе формы ФОС рекомендуется использовать естественные особенности топографии местности и избегать образования полностью застойных зон. Крупные ФОС можно разделять на несколько параллельных рукавов для более удобного регулирования потока и обслуживания системы.

Что касается отношения длины к ширине, то для ФОС с открытой водной поверхностью рекомендуется 3:1–4:1 (длина больше ширины). При этом в начале системы можно создать более широкую зону, которая будет способствовать равномерному распределению поступающего потока.

Для подповерхностных ФОС соотношение длины, ширины и глубины ФОС определяет напорный градиент, величина которого важна для сохранения потока внутри фильтрующей среды (избежания потока по поверхности).

Рекомендуемое отношение длины к ширине для подповерхностных систем – от 0,4:1 до 3:1. Если основной задачей ФОС является очистка от фосфора, то длина ФОС должна превышать ширину.

Для открытых ФОС рекомендуется создание сложного рельефа дна с целью увеличения площади подводных поверхностей. Сложная микротопография (чередование перекатов и плесов, создание искусственных островов, перегородок на дне ФОС, глубоководных лагун и т. д.) приводит к удлинению и усложнению линии тока, происходит интенсификация осаждения, адсорбции, микробиологической активности и поглощения поллютантов водорослями.

Глубина ФОС

Регулируя глубину, можно управлять содержанием кислорода и создавать аэробные и анаэробные зоны в ФОС. Кроме того, при углублении ФОС увеличивается время пребывания. В районах с теплым климатом ФОС проектируют таким образом, чтобы глубина загрузки соответствовала глубине распространения корней растений (несколько десятков сантиметров), а при наличии холодных зим глубину увеличивают до одного метра во избежание промерзания системы. Рекомендуется проектировать ФОС с различными по глубине зонами. Так, в более глубоких зонах (например, открытых лагунах без растительности) происходит денитрификация и анаэробное разложение органики, а на мелководье – аэрация, нитрификация и другие аэробные процессы.

Загрузка

Загрузка в ФОС выполняет две основные функции: во-первых, она является субстратом для роста макрофитов и микроорганизмов, а во-вторых, на поверхности частиц субстрата происходят реакции сорбции. Кроме того, загрузка влияет на гидравлическую проводимость системы. При высокой концентрации взвешенных веществ в поступающих стоках тонкодисперсная загрузка (например, почвы тяжелого гранулометрического состава) заиливается, происходит кольматаж и ФОС выходит из строя. Поэтому в качестве загрузки для бытовых, ливневых и сельскохозяйственных стоков рекомендуется гравий или крупный песок (или комбинация слоев гравия и песка). Такая загрузка практически не подвержена кольматажу и способствует поддержанию аэробных условий в верхней части ФОС. При этом лучше использовать сортированный гравий или камень округлой формы (например, речная галька), чтобы избежать чрезмерного уплотнения материала. Если основной целью проектирования ФОС является удаление фосфора, то можно использовать специальную загрузку с высокой сорбционной емкостью по фосфору (например, Filtralite-P® и Utelite®).

Растительность

Растительное сообщество ФОС ассимилирует загрязняющие вещества в биомассу, а также служит субстратом для развития микроорганизмов и влия-

ет на их метаболизм и гидравлические свойства загрузки. Растения уменьшают скорость потока, способствует осаждению взвешенных веществ и препятствует ресуспензированию осадка.

В ФОС рекомендуется использовать аборигенную влаголюбивую растительность, так как она уже адаптирована к местным условиям. В умеренном поясе это чаще всего тростник (*Phragmites spp.*) и рогоз (*Typha spp.*), а также ситник (*Juncus spp.*), камыш (*Scirpus spp.*), болотница (*Eleocharis spp.*) и другие осоковые, болотный ирис (*Iris pseudacorus*), болотный аир (*Acorus calamus*), канареечник (*Phalaris arundinacea*); в качестве плавающей растительности можно применять кувшинковые (*Nymphaeaceae spp.*), эйхорнию (*Eichhornia spp.*) и лотос (*Nelumbo spp.*) – в южных районах. При подборе макрофитов необходимо учитывать их влаголюбивость, теневыносливость и холодостойкость, устойчивость к содержащимся в сточных водах загрязняющим веществам и способность их аккумулировать. Простоту посадки (посева) и стоимость также нужно принимать во внимание. При создании крупных ФОС рекомендуется комбинировать несколько видов растений (два доминирующих и три минорных), например, основными видами могут быть рогоз и тростник, а дополнительными – водный гиацинт, болотный ирис и кубышка. Также рекомендуется комбинировать плавающие, полупогруженные и погруженные растения. Можно подбирать растения, ассоциированные с необходимыми для осуществления тех или иных процессов очистки микроорганизмов.

Вокруг ФОС рекомендуется высаживать кустарники и деревья, которые затеняют поверхность ФОС, сглаживают температурные колебания, ветер и волны, препятствуют активному развитию водорослей, а также сами ассимилируют загрязняющие вещества.

Дополнительные приемы

В зависимости от каждой конкретной ситуации могут использоваться дополнительные приемы и приспособления. Это может быть защита от холода (создание мульчирующего слоя), искусственная аэрация, рециркуляция воды и т. д.

Мониторинг и обслуживание ФОС

При проектировании ФОС необходимо разработать план мониторинга ФОС и регламентных мероприятий. Мониторинг необходимо проводить регулярно, особенно в течение первых нескольких лет работы. В рамках мониторинга проверяют гидравлическую нагрузку и нагрузку по загрязняющим веществам, гидравлическую проводимость (для подповерхностных ФОС), уровень воды в системе, количество осадка, растительность, корректность работы инженерных конструкций, а также эффективность очистки. Рекомендуется проведение инспекции минимум два раза в год в течение первых двух лет работы ФОС, затем – один раз в год.

Рекомендуемые значения перечисленных параметров приведены в таблице.

Таблица

Рекомендуемые параметры проектирования ФОС малой и средней производительности для очистки бытовых, сельскохозяйственных и ливневых стоков

Параметры проектирования	Рекомендуемые значения
Тип сточных вод	Бытовые, сельскохозяйственные, ливневые
Загрязняющие вещества	Взвешенные вещества, азот, фосфор, органическое вещество (в том числе ксенобиотики), патогенная микрофлора
Гидравлическая нагрузка	До 1000 м ³ /сут.
Тип ФОС	Подповерхностные – для бытовых и сельскохозяйственных. Открытые – для ливневых и сельскохозяйственных
Предварительная очистка	Механическая (решетки) – обязательно. Септик, жиросушитель, отстойник или эмшерский колодец – дополнительно
Площадь ФОС	Расчет по БПК
Время пребывания	Минимум 24 ч
Отношение длины к ширине	3:1–4:1 для открытых ФОС. 0,4:1–3:1 для подповерхностных ФОС
Глубина	Чередование глубоких и мелких зон, средняя глубина – 1 м
Загрузка	Гравий + песок
Уклон	Дно – 0,5–2°. Поверхность – без уклона
Устройства для впуска/выпуска воды	Впуск – несколько распределительных труб. Выпуск – дамба, переливной водослив, регулируемая вертикальная напорная труба или гибкий кольчатый шланг диаметром не менее 30 см
Растительность	Болотная, несколько видов (тростник, рогоз, ситник, камыш, болотница)
Дополнительные приемы	Искусственная аэрация, рециркуляция, защита от холода
Мониторинг и обслуживание	Первые два года – 2 раза в год. Затем – 1 раз в год

Table

Recommended design parameters for constructed wetlands of low and medium capacity for domestic, agricultural wastewater and runoff treatment

Design parameter	Recommended value
Type of wastewater	Domestic, agricultural, runoff
Pollutants	Suspended solids, N, P, organic compounds (including xenobiotics), pathogenic microorganisms
Hydraulic loading	Up to 1000 m ³ /d
Type of constructed wetland	Subsurface – for domestic and agricultural wastewater. Free water surface – for agricultural wastewater and runoff
Pre-treatment	Mechanical (screens) – mandatory. Septic tank, grease trap, sediment basin or Emscher tank – optional
Constructed wetland area	Calculation based on BOD
Retention time	Minimum 24 hours
Length to width ratio	3:1–4:1 for free water surface wetlands. 0,4:1–3:1 for subsurface wetlands
Depth	Alteration of deep and shallow areas, medium depth – 1 m
Substrate	Gravel + sand
Slope	Bed – 0,5–2°. Surface – level
Inlet/outlet structures	Inlet – several distributing pipes. Outlet – dam, overflow spillway, adjustable vertical discharge pipe or flexible ring hose with a diameter of at least 30 cm
Plants	Macrophytes, several species (reed, cattail, rush grass, reed, marshland)
Optional steps	Artificial aeration, recirculation, protection from cold
Monitoring and maintenance	During first two years – twice a year. Then – once a year

Заключение

Основным критерием расчета ФОС (после выбора типа системы) является время пребывания, которое рассчитывается, как правило, на основе БПК. Для достижения большей эффективности работы ФОС минимальное рекомендуемое время пребывания – 24 ч (а для очистки от ксенобиотиков – минимум 48 ч). Остальные же параметры проектирования (такие как глубина и форма ФОС, плотность растительного покрова, устройства для регулирования уровня воды и др.) предназначены в том числе для обеспечения необходимого времени пребывания.

С другой стороны, существует экономическая потребность сокращения площади очистного сооружения в расчете на одного жителя (особенно в регионах с высокой плотностью населения, недостатком земельных ресурсов или высокой стоимостью земли). В таких случаях применяют подповерхностные и гибридные ФОС, площадь которых составляет всего 1–2 м² на условного жителя.

Благодарности. Работа подготовлена при поддержке РФФИ, проект № 18-29-25027.

Список литературы

- [1] *Masi F., Bresciani R., Martinuzzi N., Cigarini G., Rizzo A.* Large scale application of French reed beds: Municipal wastewater treatment for a 20,000 inhabitant's town in Moldova // *Water Science & Technology*. 2017. No. 76 (1). Pp. 134–146.
- [2] *A Handbook of Constructed Wetlands. A guide for creating wetlands for: agricultural wastewater, domestic wastewater, coal mine drainage, stormwater in the Mid-Atlantic region / US EPA. Philadelphia, 1994. 53 p.*

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 01.08.2019

Дата принятия к печати: 15.12.2019

Для цитирования:

Рыбка К.Ю., Щеголькова Н.М. Принципы проектирования фито-очистных систем // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2019. Т. 27. № 4. С. 255–263. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-255-263>

Сведения об авторах:

Рыбка Ксения Юрьевна – аспирант, лаборатория охраны вод, Институт водных проблем РАН. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4141-0941>. E-mail: kseniarybka@gmail.com

Щеголькова Наталия Михайловна – ведущий научный сотрудник, лаборатория охраны вод, Институт водных проблем РАН; ведущий научный сотрудник, факультет почвоведения, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6274-058X>. E-mail: nshegolkova@mail.ru

Principles of constructed wetlands designing

Kseniia Y. Rybka¹, Nataliia M. Shchegolkova^{1,2}

¹Water Problems Institute of RAS

3 Gubkina St, Moscow, 117971, Russian Federation

²Lomonosov Moscow State University

1 Leninskiye Gory, bldg. 12, Moscow, 119991, Russian Federation

Abstract. Constructed wetlands (CW) – shallow surfaces or subsurface water bodies, planted with higher aquatic plants and designed to treat wastewater – have been actively used in world practice for the last decades. There are no universal principles for designing such systems, so for each combination of landscape (in which a CW is located) and the quality of wastewater, an individual type of CW is selected. The article provides an overview of the principles adopted in the world for calculating the main technological parameters of CWs (choice of the type of CW, calculation of the area of CW, the residence time of the water in the system, the choice of filtering medium, etc.) developed on the basis of numerous functioning objects. The recommendations given in the article are applicable for small and medium-sized CWs intended for the treatment of domestic, storm and agricultural wastewater.

Keywords: wastewater treatment, constructed wetlands, CWs design

Acknowledgments. The work has been prepared with the support of the RFBR, project no. 18-29-25027.

References

- [1] Masi F, Bresciani R, Martinuzzi N, Cigarini G, Rizzo A. Large scale application of French reed beds: Municipal wastewater treatment for a 20,000 inhabitant's town in Moldova. *Water Science & Technology*. 2017;76(1):134–146.
- [2] US EPA. *A Handbook of Constructed Wetlands. A guide for creating wetlands for: agricultural wastewater, domestic wastewater, coal mine drainage, stormwater in the Mid-Atlantic region*. Philadelphia; 1994.

Article history:

Received: 01.08.2019

Revised: 15.12.2019

For citation:

Rybka KY, Shchegolkova NM. Principles of constructed wetlands designing. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(4):255–263. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-255-263>

Bio notes:

Kseniia Y. Rybka – postgraduate student, Laboratory of Water Protection, Water Problems Institute of RAS. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4141-0941>. E-mail: kseniarybka@gmail.com

Nataliia M. Shchegolkova – leading researcher, Laboratory of Water Protection, Water Problems Institute of RAS; leading researcher, Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6274-058X>. E-mail: nshegolkova@mail.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-4-264-274
УДК 628.1:628.34

Научная статья

Влияние температуры обжига отхода водоочистки на сорбционные характеристики по нефтепродуктам

И.Г. Шайхиев¹, И.Н. Шумкова¹, С.В. Свергузова², Ж.А. Сапронова²

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет
Российская Федерация, 420015, Казань, ул. Карла Маркса, 68

²Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова
Российская Федерация, 308012, Белгород, ул. Костюкова, 46

Аннотация. В статье отражены результаты исследования влияния температуры обжига отхода водоочистки, образующегося в результате получения питьевой воды на станции очистки в Нижнекамске (Республика Татарстан), на сорбционные характеристики по нативным и отработанным нефтепродуктам – маслам марок 5W40, 15W40 и И-20А. Представлены методики инструментальных и расчетных способов проведенных исследований. Проведен дифференциальной термический анализ и дифференциально-сканирующая калориметрия отхода водоочистки; построены графики зависимости влияния температуры обжига на изменение рН водной вытяжки и величину максимальной маслосемкости и водопоглощения. Установлено, что при высоких температурах происходит разложение органических соединений с образованием технического углерода, способствующего увеличению максимальной маслосемкости в динамических и статических условиях и водопоглощения. Определено, что наилучшие адсорбционные показатели достигаются для образца отхода водоочистки, подвергнутого термообработке при 600 °С.

Ключевые слова: отход водоочистки, термическая модификация, маслосемкость, водопоглощение

Введение

В настоящее время проблема загрязнения гидросферы органическими токсикантами, такими как нефть и нефтепродукты (НП), выросла до мировых масштабов [1]. Большое количество органических веществ попадает в природные воды в результате некачественной очистки сточных вод (СВ) промышленными предприятиями, так как качественная очистка стоков требует больших материальных и финансовых затрат. Бывают случаи, когда СВ сбрасываются в природные водоемы без какой-либо предварительной очистки [2]. Такое «решение» проблемы наносит окружающей среде негативное воздействие, приводящее к необратимым последствиям.

Эффективным и широко применяемым способом очистки природных и СВ от нефти и НП является адсорбционный [3–6], единственный недостаток

которого – дороговизна некоторых высокоэффективных сорбентов, например активированных углей.

Выходом из создавшегося положение может служить использование в качестве сорбционных материалов (СМ) отходов промышленного и сельскохозяйственного производства [7]. В частности, в литературных источниках описано использование в качестве СМ для извлечения нефти и НП из водных сред отхода водоподготовки, образующегося при умягчении речной воды на ТЭЦ [8–14].

В связи с вышеизложенным проводились исследования отхода от водоочистки речной воды для получения питьевой воды в Нижнекамске (Республика Татарстан) в качестве СМ для удаления НП из водных сред. Следует отметить, что исследуемый отход водоочистки принципиально отличается от отходов водоподготовки ТЭЦ, так как он образован в результате химической очистки речной воды с использованием коагулянтов и флокулянтов и доочисткой на угольных и песчаных фильтрах. Отход водоподготовки образуется при использовании известкового молока и других технологических приемах при умягчении воды на ТЭЦ.

Объект и методы исследований

В качестве объекта исследования использовался отход водоочистки (ОВ), образующийся в результате подготовки питьевой воды для населения Нижнекамска, состоящий из оксидов алюминия (преимущественно), кремния, кальция и их комплексов, а также карбоната кальция и органических соединений. Перед проведением исследований ОВ предварительно помещался в сушильный шкаф на 8 ч при температуре 110 °С, а затем измельчался. Для проведения экспериментов использовалась фракция размерами 0,5–1,5 мм.

Термическая модификация проводилась путем прокаливании ОВ в муфельной печи при в течение 1 ч при температурах от 300 до 600 °С с шагом 50 °С.

Для определения максимальной маслосемкости в статических условиях в чашку Петри заливался исследуемый НП и помещалась латунная сеточка с размером ячеек 0,5 мм. Затем на поверхность НП насыпался 1 г СМ. Через определенные промежутки времени после начала опыта сеточка извлекалась вместе с СМ, насыщенным НП. После стекания избыточного количества последнего образец взвешивался на весах. Масса адсорбированного НП вычислялась по формуле:

$$a = \frac{m_{\text{погл}}}{m_{\text{сорб}}},$$

где $m_{\text{погл}}$ – масса поглощенного НП, г; $m_{\text{сорб}}$ – масса СМ, г; a – маслосемкость, г/г.

В качестве сорбатов использовались чистые и отработанные масла марок И-20А, 5W40 и 15W40.

Значение максимальной маслосемкости в динамических условиях определялось следующим образом: в стеклянную колонку загружалось 3 г образца СМ, через который пропусклось 6 г масла с расходом 1 капля в секунду.

Весовым методом определялась масса прошедшего через слой СМ НП, по разнице масс – количество поглощенного масла.

Определение влагопоглощения проводилось аналогично способу определения максимальной маслосъемности в статических условиях, только вместо масла в чашки Петри заливалась вода.

Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК) и термогравиметрический анализ (ТГА) проводились на приборе марки NETZSCH STA 499 F1 в интервале температур 20–1000 °С при скорости нагрева 25 °С/мин.

Результаты и обсуждение

Определен состав исследуемого ОВ. Установлено, что основными неорганическими компонентами данного отхода являются кварц (SiO_2), сепиолит ($\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{11}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$), кальцит (CaCO_3), каолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и анортит ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$).

Первоначально определялась максимальная маслосъемность исследуемого ОВ по НП в статических и динамических условиях (табл. 1).

Таблица 1

Значения максимальной маслосъемности исходного отхода водоочистки в статических и динамических условиях

Условия проведения эксперимента	Значения максимальной маслосъемности, г/г		
	5W40 _{чист/отраб}	15W40 _{чист/отраб}	И-20 _{чист/отраб}
Статические условия	1,55/1,50	1,49/1,46	1,52/1,49
Динамические условия	0,50/0,65	0,47/0,56	0,43/0,46

Table 1

Values of the maximum oil absorption of the initial waste of water treatment in static and dynamic conditions

Experiment's conditions	Values of the maximum oil absorption, g/g		
	5W40 _{clean/used}	15W40 _{clean/used}	И-20 _{clean/used}
Static conditions	1,55/1,50	1,49/1,46	1,52/1,49
Dynamic conditions	0,50/0,65	0,47/0,56	0,43/0,46

Как следует из приведенных в табл. 1 данных, максимальная сорбционная емкость ОВ по исследуемым сорбатам в статических условиях не превышает 1,55 г/г, причем для чистых НП данный показатель выше такового для отработанных масел. Значения максимальной маслосъемности в динамических условиях примерно в 3 раза ниже этого же показателя, определенно в статических условиях.

Для увеличения сорбционных характеристик СМ применяют различные методы – тепловую обработку, химическую и физико-химическую модификации. Для СМ, являющихся отходами производств и содержащих в своем составе органические и неорганические компоненты, перспективна термическая обработка. Так, ранее нами было показано, что термообработка сатурационного осадка, образующегося в сахарном производстве при температуре 600 °С, повышает сорбционные показатели по многим поллютантам [15; 16].

В связи с вышеизложенным для определения температурного интервала, при котором происходит наибольшее изменение масс и тепловых эффектов, проводились термическое воздействие на ОВ. Графики ДСК и ТГА представлены на рис. 1.

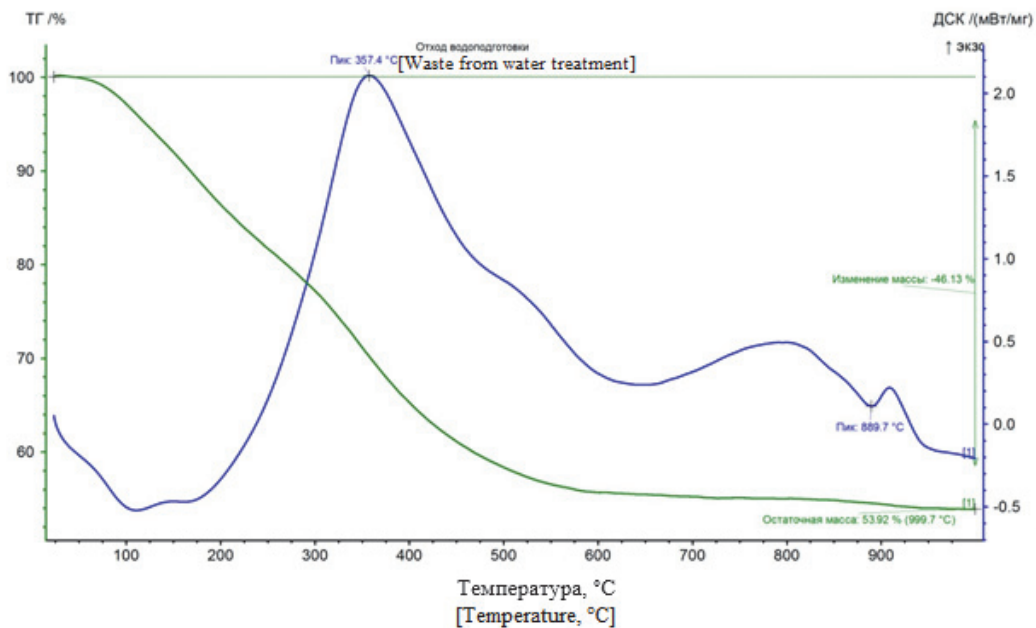


Рис. 1. Дифференциальный термический анализ отхода водоочистки
 [Figure 1. Differential thermal analysis of waste from water treatment]

По кривой ТГА видно, что масса исследуемого образца ОВ интенсивно снижается при увеличении температуры нагрева до 600 °С, дальнейшее увеличение температуры нагрева не приводит к значительному изменению массы. Данное обстоятельство объясняется разложением органической составляющей, входящей в состав ОВ. Остаточная масса (зольность) исследуемого образца составляет 53,92 %, соответственно, содержание влаги и органических веществ в исследуемом ОВ составляет 46,08 %.

Для получения термически модифицированных образцов отхода водоочистки (ТМОВ) исходный ОВ подвергался обжигу в муфельной печи при температуре от 300 до 600 °С с интервалом в 50 °С в течение 1 ч.

В результате обжига отмечается незначительное изменение окраски и уменьшение насыпной плотности образцов ТМОВ. Найдено, что ОВ, подвергнутый температурному воздействию при 100 °С, имеет насыпную плотность 0,97 г/см³, при 600 °С – 0,63 г/см³. ТМОВ, полученные при температурах более 400 °С, имеют черную окраску, обусловленную образованием углерода в процессе разложения органической составляющей ОВ.

рН среды – один из важнейших факторов, оказывающих влияние на эффективность очистки. В этой связи проводились исследования влияния массы ТМОВ и условий термообработки на значения рН водных вытяжек (рис. 2).

Как следует из приведенных на рис. 2 графических зависимостей, с увеличением массы ТМОВ в 100 см³ дистиллированной воды значения рН вод-

ных вытяжек увеличиваются. Данное обстоятельство, по всей видимости, обусловлено разложением кальцита и частичной диссоциацией продуктов разложения в водную среду.

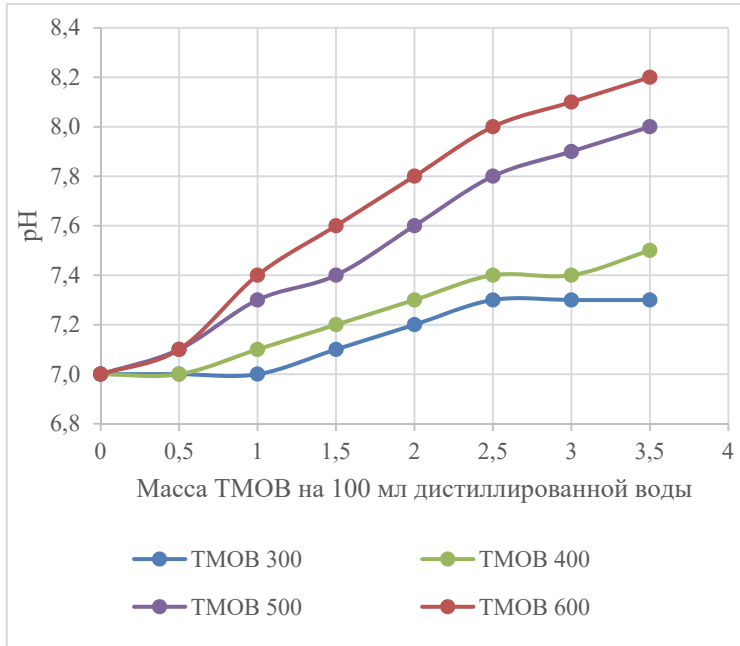


Рис. 2. Зависимость pH водной вытяжки от массы ТМОВ

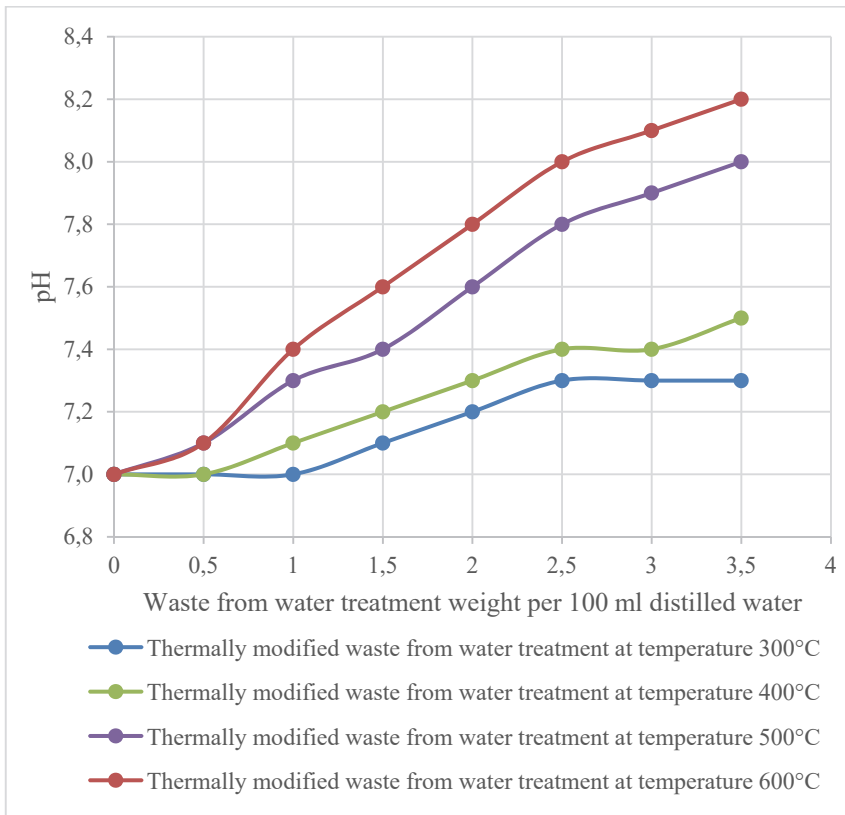
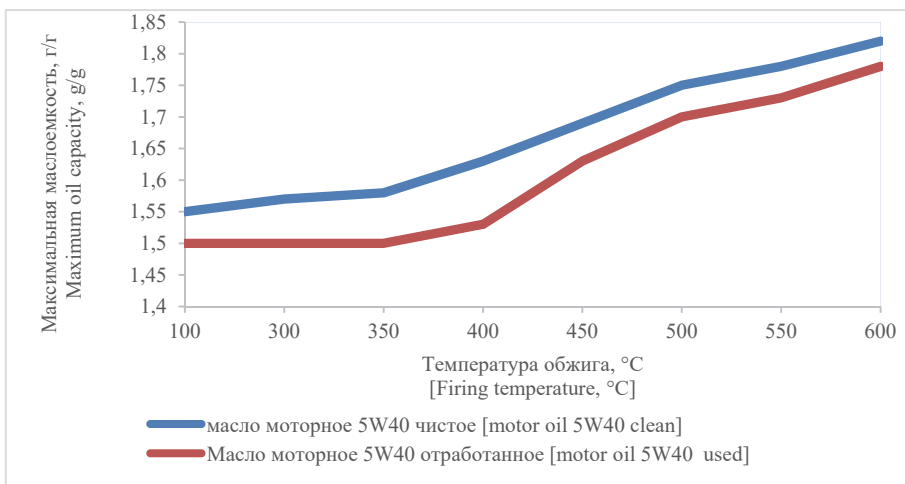
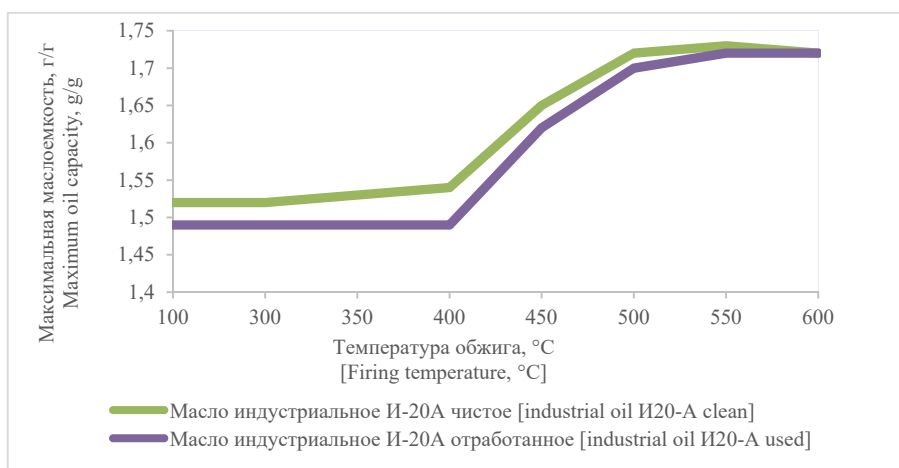


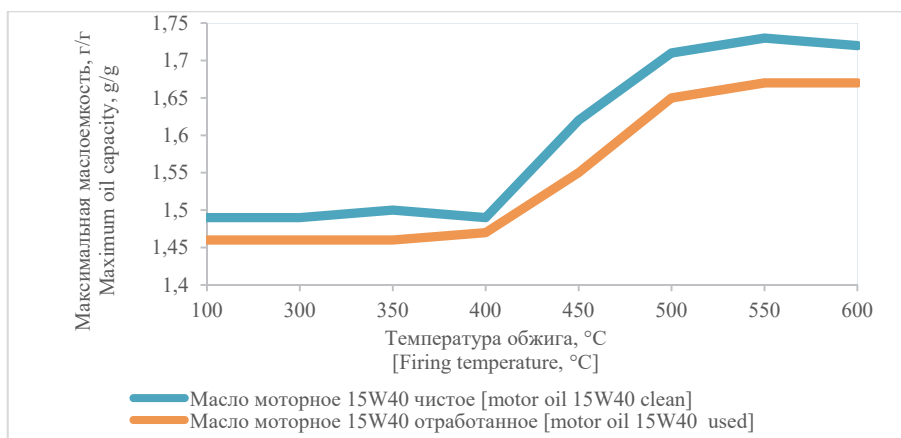
Figure 2. pH dependence of aqueous extract on the mass of thermally modified waste from water treatment



а



б



в

Рис. 3. Зависимость изменения максимальной маслосъемкости от температуры обжига ОВ при контактировании с:
 а – маслом моторным 5W40 (чистым и отработанным);
 б – маслом промышленным И20-А (чистым и отработанным);
 в – маслом моторным 15W40 (чистым и отработанным)

[Figure 3. The dependence of the maximum oil capacity of the firing temperature of the waste from water treatment in contact with:

a – motor oil 5W40 (clean and used); б – industrial oil И20-А (clean and used); в – motor oil 15W40 (clean and used)]

Далее определялось влияние температуры обжига ОВ на значения максимальной маслосъемкости в статических условиях. По полученным результатам построены графики зависимости максимальной маслосъемкости от температуры обжига отхода (рис. 3).

Как следует из графических зависимостей, приведенных на рис. 3, значения максимальной маслосъемкости образцов ТМОВ резко увеличиваются для образцов, подвергнутых термическому воздействию при температурах более 400 °С. Данное обстоятельство, как указывалось ранее, связано с наличием в составе СМ углерода, образованного в результате термообработки органической составляющей ОВ. Наибольшие значения маслосъемкости наблюдаются для образца ТМОВ₆₀₀.

Значения максимальной маслосъемкости, определенные в динамических условиях, с увеличением температуры обжига ОВ также увеличиваются. Среднее изменение результатов между ОВ и ТМОВ₆₀₀ составляет 28 %. Наибольшее значение маслосъемкости наблюдается для масла 5W40_{чист} – 0,77 г/г (табл. 4).

Таблица 2

Максимальные значения маслосъемкости в динамических условиях

	Максимальная маслосъемкость, г/г					
	5W40 _{чист}	5W40 _{отраб}	И20-А _{чист}	И20-А _{отраб}	10W40 _{чист}	10W40 _{отраб}
ОВ	0,50	0,65	0,43	0,46	0,47	0,56
ТМОВ ₆₀₀	0,77	0,67	0,68	0,73	0,69	0,74
Изменение результатов, %	36	3	37	37	32	24

Table2

The maximum values of oil absorption in dynamics

	Maximum values of oil absorption, g/g					
	5W40 _{clean}	5W40 _{used}	И20-А _{clean}	И20-А _{used}	15W40 _{clean}	15W40 _{used}
Original waste from water treatment	0,50	0,65	0,43	0,46	0,47	0,56
Thermally modified waste from water treatment at temperature 600 °C	0,42	0,44	0,36	0,37	0,57	0,49
Override the results, %	36	3	37	37	32	24

Заключение

Исследовано влияние температуры обжига ОВ на способность адсорбировать нефтепродукты. Установлено, что с увеличением температуры модификации максимальная маслосъемкость в статических и динамических условиях увеличивается.

Максимальное значение маслосъемкости наблюдается при температуре обжига ОВ 600 °С при использовании в качестве сорбата масла 5W40_{чист} –

1,82 г/г., а минимальное при этой же температуре у масла 15W40_{отраб} – 1,67 г/г; максимальное водопоглощение ТМОВ₆₀₀ составляет 2,05 г/г.

Температуры обжига ОБ также оказывает влияние на рН водной вытяжки при увеличении массы исследуемого вещества на 100 см³ – происходит окисление среды.

Благодарности. Работа выполнена в рамках реализации Программы развития опорного университета на базе БГТУ имени В.Г. Шухова с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий имени В.Г. Шухова.

Список литературы

- [1] *Пиковский Ю.И.* Природные и техногенные потоки углеводов в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1993. 206 с.
- [2] *Мухутдинов А.А., Борознов Н.И., Петров Б.Г., Мухутдинова Т.З., Шаяхметов Д.К.* Основы и менеджмент промышленной экологии. Казань: Магариф, 1998. 404 с.
- [3] *Собгайда Н.А.* Сорбционные материалы для очистки сточных и природных вод от нефтепродуктов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, 2011. Вып. 52. С. 120–125.
- [4] *Собгайда Н.А., Ольшанская Л.Н.* Сорбенты для очистки вод от нефтепродуктов. Саратов: СГТУ, 2010. 107с.
- [5] *Сироткина Е.Е., Новоселова Л.Ю.* Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. Т. 13. С. 359–377.
- [6] *Привалова Н.М., Двадненко М.В., Некрасова А.А., Попова О.С., Привалов Д.М.* Очистка нефтесодержащих сточных вод с помощью природных и искусственных сорбентов // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 113 (09). С. 297–306.
- [7] *Bhatnagar A., Sillanpää M.* Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment: a review // Chemical Engineering Journal. 2010. Vol. 157. Pp. 277–296.
- [8] *Николаева Л.А., Бородай Е.Н.* Ресурсосберегающая технология утилизации шлама водоподготовки на ТЭС: монография. Казань: КГЭУ, 2012. 110 с.
- [9] *Николаева Л.А., Хамзина Д.Л.* Очистка водных источников от нефтяных загрязнений гидрофобным карбонатным шламом // Вода: химия и экология. 2018. № 4–6. С. 92–100.
- [10] *Бородай Е.Н., Николаева Л.А., Голубчиков М.А.* Сорбционные свойства шлама осветлителей при очистке сточных вод электростанций от нефтепродуктов // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2011. № 1–2. С. 132–137.
- [11] *Николаева Л.А., Исхакова Р.Я.* Очистка оборотных и сточных вод ТЭС от нефтепродуктов модифицированным шламом водоподготовки // Теплоэнергетика. 2017. № 6. С. 72–78.
- [12] *Николаева Л.А., Голубчиков М.А.* Влияние природы гидрофобизатора на сорбционную емкость шлама осветлителей ТЭЦ // Вода: химия и экология. 2011. № 10. С. 54–57.
- [13] *Николаева Л.А., Голубчиков М.А.* Повышение сорбционных свойств шлама осветлителей при очистке сточных вод электростанций от нефтепродуктов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 3–4. С. 112–116.
- [14] *Николаева Л.А., Бородай Е.Н., Голубчиков М.А.* Изучение сорбционных свойств шлама осветлителей при очистке сточных вод ТЭС от нефтепродуктов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 1–2. С. 132–136.
- [15] *Ельников Д.А., Свергузова Ж.А., Свергузова С.В.* Влияние температурной обработки дефеката на эффективность очистки модельных растворов от красителей // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 144–147.
- [16] *Лупандина Н.С., Сапронова Ж.А., Свергузова С.В.* Очистка водных сред от ионов Mn(VII) термически модифицированным отходом производства сахарозы // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 17. С. 266–269.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 06.09.2019

Дата принятия к печати: 15.12.2019

Для цитирования:

Шайхиев И.Г., Шумкова И.Н., Свергузова С.В., Сапронова Ж.А. Влияние температуры обжига отхода водоочистки на сорбционные характеристики по нефтепродуктам // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 4. С. 264–274. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-264-274>

Сведения об авторах:

Шайхиев Ильдар Гильманович – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой инженерной экологии, Казанский национальный исследовательский технологический университет. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9160-0412>, eLIBRARY SPIN-код: 3547-6831. E-mail: ildars@inbox.ru

Шумкова Ирина Наилевна – соискатель кафедры инженерной экологии, Казанский национальный исследовательский технологический университет. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7413-1973>, eLIBRARY SPIN-код: 7509-7448 E-mail: daminova-i@mail.ru

Свергузова Светлана Васильевна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой промышленной экологии, Белгородский государственный технологический университет. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3845-8741>, eLIBRARY SPIN-код: 1596-2118. E-mail: pe@intbel.ru

Сапронова Жанна Ануаровна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры промышленной экологии, Белгородский государственный технологический университет. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1410-0179>, eLIBRARY SPIN-код: 7817-4790. E-mail: sapronova.2016@yandex.ru

Research article

Effect of firing temperature waste from water treatment on sorption characteristics of petroleum products

**Ildar G. Shaikhiev¹, Irina N. Shumkova¹,
Svetlana V. Sverguzova², Zhanna A. Sapronova²**

¹Kazan National Research Technological University
68 Karl Marks St, Kazan, 420015, Russian Federation

²Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov
46 Kostyukov St, Belgorod, 308012, Russian Federation

Abstract. The article reflects the results of research on the influence of roast temperature of water treatment waste obtained from drinking water generation (at the water treatment plant in Nizhnekamsk, Republic of Tatarstan) for sorption characteristics for native and used oil products – oils 5W40, 15W40 and И-20А. The methods of instrumental and computational means of research are presented. Differential thermal analysis and differential scanning calorimetry of water treatment waste were performed. The graphs of the influence of roast tem-

perature on the aqueous extract pH value, maximum oil capacity and water absorption were constructed. It was found that at high temperatures, the decomposition of organic compounds with formation of carbon black occurs. It increases the maximum oil capacity in dynamic and static conditions in water and water absorption. It is determined that the best adsorption indicators are achieved for a sample of water treatment waste subjected to heat treatment at 600 °C.

Keywords: waste from water treatment, thermal modification, oil absorption, water absorption

Acknowledgments. The work was carried in framework of implementation of the Development Program for flagship university on the basis of Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov using equipment based on the V.G. Shoukhov Center for High Technologies.

References

- [1] Pikovsky YuI. *Natural and man-made hydrocarbon flows in the environment*. Moscow: Moscow State University Publ.; 1993.
- [2] Mukhutdinov AA, Boroznov NI, Petrov BG, Mukhutdinova TZ, Shayakhmetov DK. *Fundamentals and management of industrial ecology*. Kazan: Magarif Publ.; 1998.
- [3] Sobgayda HA. Sorption materials for wastewater and natural water treatment from petroleum products. *Bulletin of the Kharkiv National Automobile University*. 2011;(52): 120–125.
- [4] Sobgayda NA, Olshanskaya LN. *Sorbents for water purification from oil products*. Saratov: SGTU Publ., 2010.
- [5] Sirotkina EE, Novoselova LYu. Materials for adsorption purification of water from oil and oil products. *Chemistry for sustainable development*. 2005;13:359–377.
- [6] Privalova NM, Dvadenko MV, Nekrasov AA, Popova OS, Privalov DM. *Treatment of oily wastewater with natural and artificial sorbents*. *Scientific Journal of KubGAU*. 2015;113(09):297–306.
- [7] Bhatnagar A, Sillanpää M. Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment: A review. *Chemical Engineering Journal*. 2010;157:277–296.
- [8] Nikolaeva LA, Boroday EN. *Resource-saving technology for utilization of water treatment sludge at thermal power plants: Monograph*. Kazan: Kazan State Power Engineering University; 2012.
- [9] Nikolaeva LA, Khamzina DL. Purification of water sources from oil pollution by hydrophobic carbonate sludge. *Water: chemistry and ecology*. 2018;(4–6):92–100.
- [10] Boroday EN, Nikolaev LA, Golubchikov MA. Sorption properties of sludge clarifiers in wastewater treatment of power plants from petroleum products. *Proceedings of the universities. Energy problem*. 2011;(1–2):132–137.
- [11] Nikolaev LA, Iskhakova RI. Purification of recycling and waste waters of thermal power plants from oil modified helmet water. *Teploenergetika*. 2017;(6):72–78.
- [12] Nikolaev LA, Golubchikov MA. The influence of the nature of water repellent on the sorption capacity of the sludge clarifiers TPP. *Water: chemistry and ecology*. 2011;(10):54–57.
- [13] Nikolaev LA, Golubchikov MA. Increase of sorption properties of sludge clarifiers in wastewater treatment of power plants from petroleum products. *Proceedings of higher educational institutions. Energy problem*. 2011;(3–4):112–116.
- [14] Nikolaeva LA, Boroday EN, Golubchikov MA. Study of sorption properties of sludge clarifiers in the treatment of waste water from TPP oil. *Proceedings of higher educational institutions. Energy problem*. 2011;(1–2):132–136.

- [15] Elnikov DA, Sverguzova AJ, Vergasova SV. The influence of heat treatment of lime on the efficiency of purification of model solutions of dyes. *Bulletin BSTU name after V.G. Shoukhov*. 2011;(2):144–147.
- [16] Lupandina NS, Saponova JA, Vergasova SV. Purification of water from ions Mn(VII) thermally modified waste production of sucrose. *Bulletin of Technological University*. 2015;18(17):266–269.

Article history:

Received: 06.09.2019

Revised: 15.12.2019

For citation:

Shaikhiev IG, Shumkova IN, Sverguzova SV, Saponova ZhA. Effect of firing temperature waste from water treatment on sorption characteristics of petroleum products. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(4):264–274. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-264-274>

Bio notes:

Ildar G. Shaikhiev – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Environmental Engineering, Kazan National Research Technological University. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9160-0412>, eLIBRARY SPIN-code: 3547-6831. E-mail: ildars@inbox.ru

Irina N. Shumkova – applicant, the Department of Environmental Engineering, Kazan National Research Technological University. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7413-1973>, eLIBRARY SPIN-code: 7509-7448. E-mail: daminova-i@mail.ru

Svetlana V. Sverguzova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Industrial Ecology, Belgorod State Technological University. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3845-8741>, eLIBRARY SPIN-code: 1596-2118. E-mail: pe@intbel.ru

Zhanna A. Saponova – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Department of Industrial Ecology, Belgorod State Technological University. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1410-0179>, eLIBRARY SPIN-code: 7817-4790. E-mail: saponova.2016@yandex.ru



DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-4-275-281
УДК 504.064.2

Научная статья

Экономические аспекты использования ловчих птиц в качестве биорепеллента

И.Н. Кузнецова¹, С.А. Сергеев², И.Р. Еналеев³

¹АНО «Союз сокольников Северо-Запада»

²Филиал АО «Управление отходами» в г. Новочебоксарске

³Союз любителей соколиной охоты и охраны хищных птиц «Русский сокол»

Аннотация. Птицы, которых привлекают городские свалки, представляют значительную опасность и создают дополнительные неудобства для людей. Необходимо понимать не только причины, по которым птицы попадают на данную территорию, но и экономические составляющие процесса отпугивания. В данной статье анализируются результаты биорепеллентных работ на нескольких объектах управления отходами. На основании этих расчетов можно определить уровень затрат и выбрать оптимальную модель для работы специалистов по отпугиванию птиц.

Ключевые слова: контроль численности, полигон отходов, отходы, экономические аспекты, биорепеллент

Во всем мире доля людей, живущих в городских районах, быстро растет и в некоторых странах в настоящее время превышает 90 %. Широкий спектр животных также успешно освоил городскую среду, и жизнедеятельность некоторых из них связана с порчей пищи, повреждением конструкций или сооружений, негативным воздействием на здоровье людей, а также прочими неприятностями. С каждым годом возрастает необходимость минимизации повреждающего воздействия жизни животных антропогенных ландшафтов максимально экологичными, эффективными и социально приемлемыми способами. К настоящему моменту пришло понимание того, что человечество как часть экосистемы обязано соблюдать и поддерживать равновесие, присущее естественному течению природных процессов, с максимальной бережливостью и вниманием, внедряя «блага цивилизации», прогнозируя варианты влияния и устанавливая реперные точки контроля. С другой стороны, люди инициируют все условия для неограниченного роста популяций синантропных птиц, создавая им огромные «кормушки» в виде полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО) и других объектов по переработке и размещению ТКО.

© Кузнецова И.Н., Сергеев С.А., Еналеев И.Р., 2019



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

Промежуточным элементом системы транспортировки твердых коммунальных отходов является мусороперегрузочная станция (МПС), как правило, располагающаяся в промышленных зонах или на окраинах, но непосредственно у городской черты. На МПС происходит частичная сортировка и ряд технологических операций, позволяющих оптимизировать дальнейший процесс утилизации отходов. Конечный пункт обращения с отходами – рабочие карты полигонов ТКО, где по специальной технологии отходы размещаются. Затем контролируется их захоронение и ведется мониторинг процессов утилизации.

Огромное количество отходов является привлекательным пищевым ресурсом для стайных видов птиц. Минимальный фактор беспокойства, отсутствие естественных врагов, доступность и обилие корма приводят к росту популяций, и это особенно заметно на примере колониальных видов, живущих в городской черте. В ряде случаев присутствие птиц по тем или иным причинам нежелательно, а следовательно, требуется ряд контролируемых мероприятий и использование различных репеллентных средств [1]. Однако стратегия и тактика использования должны оцениваться как с экологической, так и с экономической точки зрения.

В 2018–2019 гг. на территории полигона ТКО в Новочебоксарске и МПС в Санкт-Петербурге и Чебоксарах были начаты и продолжаются по текущий момент репеллентные работы с использованием специально тренированных ловчих хищных птиц для контроля численности нежелательных стайных видов, таких как врановые и чайковые [2; 3]. Характеристики объектов (табл. 1) и накопленные к данному моменту данные позволяют нам сделать первые выводы об экономической составляющей процесса биорепеллентных работ с использованием хищных птиц.

Методика работ по регулированию численности стайных видов птиц на анализируемых хозяйственных объектах схожа, невзирая на разницу доминантных видов нежелательных птиц. Сезонные и территориальные нюансы, а именно увеличение численности птиц вследствие скопления мигрирующих стай в период пролета и ограничения на определенные виды работ (использование свето-шумовых устройств и БАУ) в период проведения FIFA World Cup 2018 (май – август 2018) в Санкт-Петербурге не оказали заметного влияния на конечный результат работ.

Применение пассивных средств дает краткосрочный эффект. До начала биорепеллентных работ на территории МПС в Санкт-Петербурге в 2018 г. применялись БАУ (тревожные крики чаек) и визуальные отпугиватели (воздушные змеи, силуэты хищных птиц), эффект которых исчез через две недели. Выскажем предположение, что БАУ эффективны в краткосрочном применении в непродолжительные моменты, когда на МПС не работает техника и наиболее значимый отпугивающий эффект заметен в период сезонных миграций – кормовой ресурс пытаются использовать стайные мигрирующие птицы. Стайные птицы постоянной популяции довольно спокойно относятся к шумовым раздражителям подобного рода. Визуальные отпугиватели в виде силуэтов хищных птиц также эффективны в краткосрочном применении – от нескольких часов до 1–2 сут. – в периоды неблагоприятные с метеорологической точки зрения для патрулирования сокольника с ловчей птицей (шквалистый ветер, проливной дождь, температура выше +25 °С).

Таблица 1

Характеристика обслуживаемых объектов

	Полигон ТКО, Новочебоксарск	МПС, Санкт-Петербург	МПС, Чебоксары
Площадь*	28,99 га	3,60 га	2,56 га
Начало работ	январь 2018	май 2018	январь 2018
Годовой объем (2018)*	80 000 т	97 500 т	99 400 т
Ежемесячный объем (2018–2019)*	3000–7000 т	6000–8000 т	6000–11 000 т
Средний в день (2018–2019)*	219 т	267 т	272 т
Стоимость утилизации 1 т мусора (руб, без НДС) 2018 г.**	1181,00 руб.	2897,50 руб.	1181,00 руб.
Стоимость утилизации 1 т мусора (руб, без НДС) 2019 г.**	1786,00 руб.	3807,60 руб.	1786,00 руб.

Примечания: * – данные предоставлены заказчиками биорепеллентных услуг. ** – данные взяты из открытых источников административных ресурсов региона.

Table 1

Landfill and waste disposal station characteristics

	Landfill, Novocheboksarsk	Waste sorting station, Saint Petersburg	Waste sorting station, Cheboksary
Area*	28,99 hectare	3,60 hectare	2,56 hectare
Date of start	January 2018	May 2018	January 2018
Annual volume (2018)*	80 000 ton	97 500 ton	99 400 ton
Monthly volume (2018–2019)*	3000–7000 ton	6000–8000 ton	6000–11000 ton
Daily average (2018–2019)*	219 ton	267 ton	272 ton
Disposal costs for 1 ton of waste (rubles, without VAT) 2018**	1181,00 rubles	2897,50 rubles	1181,00 rubles
Disposal costs for 1 ton of waste (rubles, without VAT) 2019**	1786,00 rubles	3807,60 rubles	1786,00 rubles

Notes: * – data provided by customers of biorepellant services. ** – data taken from open sources of administrative resources in the region.

Шумовые отпугиватели (звуковые/светозвуковые патроны) эффективны не более трех недель применения – тестирование проводилось в июне 2019 г. в Санкт-Петербурге. В течение первой недели отпугивающий эффект явно визуально заметен: кормящиеся стайные птицы покидают территорию и уходят на безопасное расстояние, серией залпов возможно очистить территорию на 15–20 мин полностью. Во вторую неделю реакция резко снижается: птицы покидают территорию с наличием корма частично (до 70 % кормящейся поливидовой стаи), для наблюдения за территорией размещаются на ближайших возможных присадах и при первой же возможности спускаются для поиска корма. В третью неделю применения эффект практически отсутствовал: после выстрела птицы взлетают над площадкой с кормом на высоту 1–5 м, изредка делают ознакомительный круг над территорией и спускаются продолжать кормление. Аналогичные результаты получены и на площадках в Новочебоксарске и Чебоксарах.

Световые отпугиватели (лазерная указка) эффективны при наличии единичных особей врановых (грач, серая ворона) или чаек крупного размера (себребристая, большая морская). Луч лазера способен ненадолго спугнуть птиц с насиженного места, и при наличии беспокойства они будут перебираться в

более спокойное место. Использование лазера может быть признано эффективным в пасмурную погоду и в сумерках. Однако, поскольку большинство МПС расположено в непосредственной близости от зданий жилой застройки, необходимо вести работы с учетом минимального возможного ущерба людям.

Монтаж антиприсадного оборудования на крышах МПС в Санкт-Петербурге (март 2019 г.) был признан нерентабельным – ориентировочная стоимость работ и материалов около 300–350 тыс. руб. (без НДС). Таким образом, применение пассивных методов отпугивания можно рассматривать как дополнение к активным биорепеллентным работам или в периоды, неблагоприятные для работы ловчих птиц (дождь, шквалистый ветер, экстремальные температуры).

Биорепеллентные работы с применением ловчих птиц демонстрируют устойчивый эффект в долгосрочном периоде, позволяют наиболее оптимально выбирать методы работы с учетом изменения обстановки на объекте и оперативно реагировать на прочие важные факторы для отпугивания нежелательных птиц (табл. 2), снижая их численность в 3–5 раз. Подсчет численности стайных птиц на всех объектах происходил по методикам, аналогичным [4; 5].

На объектах в Санкт-Петербурге и Чувашии была применена разная система ценообразования: постоянная сумма ежемесячных расходов (Новочебоксарск, Чебоксары) и динамическое ценообразование с учетом сезонных нагрузок на обслуживаемый объект (Санкт-Петербург). На каждой из площадок специалисты применяли комплекс мер и комбинацию различных методов, учитывая как сезонные, так и территориальные факторы при планировании работ. Из приведенных данных (табл. 2) следует, что стоимость биорепеллентных работ с привлечением ловчих хищных птиц экономически эффективна, так как по данным экспериментального периода и с учетом описанных нюансов составляет около 1 % о стоимости утилизации 1 т отходов.

Таблица 2

Виды и стоимость биорепеллентных работ

	Полигон ТКО, Новочебоксарск	МПС, Санкт-Петербург	МПС, Чебоксары
Численность стайных видов птиц	доминантный вид – врановые	доминантный вид – чайковые	доминантный вид – врановые
2018	3500–4000 особей	2000–2500 особей	800–1000 особей
2019	1000–1500 особей	400–500 особей	100–200 особей
Репеллентные средства			
Ловчие птицы	Сокол балобан, ястреб-тетеревятник	Сокол балобан, сокол сапсан, ястреб-тетеревятник, ястреб Харриса	Сокол балобан ястреб-тетеревятник
Количество птиц	1–3	1–5	1–3
Пассивные средства	пиротехника, лазерная указка	свето-шумовые устройства (1 мес)	отсутствуют
Финансовые показатели			
Ценообразование, в 1 мес. (2018–2019)	140 000 руб.	80 000–200 000 руб.	20 000 руб.
Сумма годового контракта	1 680 000 руб.	1 500 000 руб.	240 000 руб.
Стоимость биорепеллентных работ на 1 т отходов	16,90 руб.	15,40 руб.	3, 00 руб.

Table 2

Types and cost of the flocking birds scavenging

	Landfill, Novocheboksarsk	Waste sorting station, Saint Petersburg	Waste sorting station, Cheboksary
Numbering of the flocking birds	Dominant species – corvidae	Dominant species – gulls	Dominant species – corvidae
2018	3500–4000 species	2000–2500 species	800–1000 species
2019	1000–1500 species	400–500 species	100–200 species
Applied means			
Birds of prey	Saker falcon, hawk (<i>A. gentilis</i>)	Saker falcon, peregrine falcon, hawk (<i>A. gentilis</i>), Harris hawk	Saker falcon, hawk (<i>A. gentilis</i>)
Working birds of prey	1–3	1– 5	1–3
Passive tools	Pyrotechnic, laser	Flash-acoustic device (one month)	Not applicable
Finance Data			
Monthly costs (2018–2019)	140 000 rubles per month	80 000 –200 000 rubles per month	20 000 rubles per month
Annual costs	1 680 000 rubles	1 500 000 rubles	240 000 rubles
Scavenging of the flocking birds cost in relation to 1 ton of waste	16,90 rubles	15,40 rubles	3, 00 rubles

Следует учесть, что в полученные данные не включены затраты на обучение специалистов по работе с ловчими птицами, амуницию сокольника и снаряжение ловчих птиц, стоимость самих ловчих птиц, а также корма и ветеринарное обслуживание. Для планирования расходов на биорепеллентные работы в долгосрочном периоде (более двух лет) следует принимать во внимание также затраты на логистику и амортизацию птиц, снаряжения и амуниции, которые в текущем периоде в анализируемых данных не учтены.

Полученные финансовые расчеты можно использовать как основу при планировании затрат в процессе утилизации с учетом современных экологических норм и требований в свете ответственного обращения с отходами, а также при выборе оптимальной модели для работы специалистов по отпугиванию птиц с учетом специфики объекта.

В заключение отметим, что применение специально обученных хищных птиц – экологичный, социально-приемлемый метод регулирования численности стайных видов синантропных птиц с *доказанной экономической эффективностью* в среднесрочном периоде.

Стоимость биорепеллентных работ с привлечением ловчих хищных птиц по данным экспериментального периода – *1 % о стоимости утилизации 1 т отходов*.

Эффективное снижение численности видов синантропных птиц наблюдается только *при продолжительном воздействии* (ежедневном – в начальный период).

Использование хищных птиц, *являющих собой постоянный фактор опасности*, в качестве биорепеллента усиливает, закрепляет, поддерживает реакцию на визуальные и акустические раздражители, применяемые для отпугивания стайных птиц.

Список литературы

- [1] *Звонов Б.М.* Стратегия защиты объектов народного хозяйства от птиц // Пест-менеджмент. 2006. № 4. С. 42–46.
- [2] *Еналеев И.Р., Сорокин А.Г., Сергеев С.А.* Применение ловчих птиц в качестве биорепеллента на полигоне ТБО в г. Новочебоксарск // WASTE'2018. Управление муниципальными отходами как важный фактор устойчивого развития мегаполиса: материалы международной конференции. СПб.: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина), 2018. С. 95–99.
- [3] *Кузнецова И.Н., Лыженков В.В., Жигилей О.Н., Глухов С.Ю.* Ловчие птицы как основа комплексной программы биорепеллентного обслуживания по регулированию численности стайных видов птиц на примере МПС г. Санкт-Петербург // WASTE'2018. Управление муниципальными отходами как важный фактор устойчивого развития мегаполиса: материалы международной конференции. СПб.: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина), 2018. С. 119–123.
- [4] *Понов Е.А.* Подсчет числа птиц в больших стаях: фотографический метод // Русский орнитологический журнал. 2016. Т. 25. Вып. 1349. С. 3855–3857.
- [5] *Bibby C., Jones M., Marsden S.* Birds survey. London: Royal Geographical Society, 1998.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 30.07.2019

Дата принятия к печати: 15.09.2019

Для цитирования:

Кузнецова И.Н., Сергеев С.А., Еналеев И.Р. Экономические аспекты использования ловчих птиц в качестве биорепеллента // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 4. С. 275–281. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-275-281>

Сведения об авторах:

Кузнецова Ирина Николаевна – президент АНО «Союз сокольников Северо-Запада». E-mail: dir@nwfur.ru

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

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

Research article

Economic aspects birds of prey usage as bird control operation

Irina N. Kuznetsova¹, Sergey A. Sergeev², Ildar R. Enaleev³

¹Union of Falconers of the North-West

²Branch of JSC “Waste Management” in Novocheboksarsk

³Union of Fans of Falconry and Conservation of Birds of Prey “Russian Falcon”

Abstract. Birds attracted to city’s waste landfills represent a significant hazard and additional inconvenience to people. It is necessary to understand not only the reasons for which birds enter the given territory, but also the economic components of the scaring process.

The article analyzes the results of bird control management work at several waste management facilities. Based on these calculations, it's possible to determine of costs level and select the optimal model for the work of specialists in bird scaring.

Keywords: bird control, landfill, waste, economic aspects, biorepellent

References

- [1] Zvonov BM. Bird protection strategy for the national economic enterprises. *Pest-Management*. 2006;(4):42–46.
- [2] Enaleev IR, Sorokin AG, Sergeev SA. Birds of Prey usage as a Biorepellent in the Novocheboksarsk Landfill. *WASTE'2018. Municipal waste management as an important factor of the sustainable urban development: Materials of the International Conference*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Electrotechnical University “LETI” named after V.I. Ulyanov (Lenin); 2018. p. 95–99.
- [3] Kuznetsova IN, Lyzhenkov VV, Zhigiley ON, Glukhov SYu. Birds of Prey as a basic of the complex program bird control services in the Saint Petersburg landfill. *WASTE'2018. Municipal waste management as an important factor of the sustainable urban development: Materials of the International Conference*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Electrotechnical University “LETI” named after V.I. Ulyanov (Lenin); 2018. p. 119–123
- [4] Popov EA. Birds quantification in the large flocks: the photographic method. *Russian ornithology magazine*. 2016;25(1349):3855–3857.
- [5] Bibby C, Jones M, Marsden S. *Birds survey*. London: Royal Geographical Society; 1998.

Article history:

Received: 30.07.2019

Revised: 15.09.2019

For citation:

Kuznetsova IN, Sergeev SA, Enaleev IR. Economic aspects birds of prey usage as bird control operation. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(4):275–281. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-275-281>

Bio notes:

Irina N. Kuznetsova – President of the Union of Falconers of the North-West. E-mail: dir@nwfu.ru

Sergey A. Sergeev – PhD candidate, environmental engineer of branch of JSC “Waste Management” in Novocheboksarsk. E-mail: Sergeev605@yandex

Ildar R. Enaleev – Doctor of Biological Sciences, member-correspondent of the Russian Academy of Natural Sciences, President of Union of Fans of Falconry and Conservation of Birds of Prey “Russian Falcon”. E-mail: krechet.65@mail.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-4-282-297
УДК 502.1/2:656.6

Научная статья

Современное состояние проблемы обращения с судовыми отходами

Д.С. Мизгирев, В.Н. Захаров, Н.С. Отделкин, В.С. Наумов

Волжский государственный университет водного транспорта
Российская Федерация, 603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Аннотация. Статья посвящена современному состоянию проблемы обращения с судовыми отходами. В работе рассмотрена проблема антропогенного воздействия на водоемы и прилегающие к ним территории, возникающего в результате судоходства, судоремонта и промышленного производства. Выполнена классификация опасных воздействий судов на окружающую среду в соответствии с российскими и международными нормативными документами. Обозначены применяющиеся в настоящее время основные способы решения проблемы судовых отходов, классифицировано оборудование инженерной защиты окружающей среды. Проведен сравнительный анализ российской (Правила Российского речного регистра) и международной (МАРПОЛ) нормативной документации по обозначенной проблематике, сделан вывод о более жестких требованиях к эмиссиям загрязняющих веществ на внутренних водных путях, предложено определение эксплуатационных судовых отходов, показана общая тенденция ужесточения правил и норм при обращении и утилизации судовых отходов.

Ключевые слова: классификация судовых отходов, инженерная защита окружающей среды, анализ нормативной документации, способы решения проблемы судовых отходов

Введение

Водные ресурсы как компонент окружающей среды наиболее подвержены негативному антропогенному влиянию. В настоящее время воды уже 2/3 поверхностных источников не отвечают требованиям качества. Особенно остро данная проблема стоит в европейской части Российской Федерации [1].

Наиболее загрязнены реки Центральной России (3–4 классы качества воды), реки и озера Кольского полуострова (3–4 классы), водоемы Свердловской области (4–5 классы). В частности, растет загрязнение Дона формальдегидом, нитритным азотом, солями меди, в Иртыше обнаружено значительное превышение ПДК по нефтепродуктам и солям железа, в Волге обнаружены соли меди (рис. 1), в водах Амура – соли цинка, никеля, хрома, в Кубани – соединения меди до (7...13) ПДК.

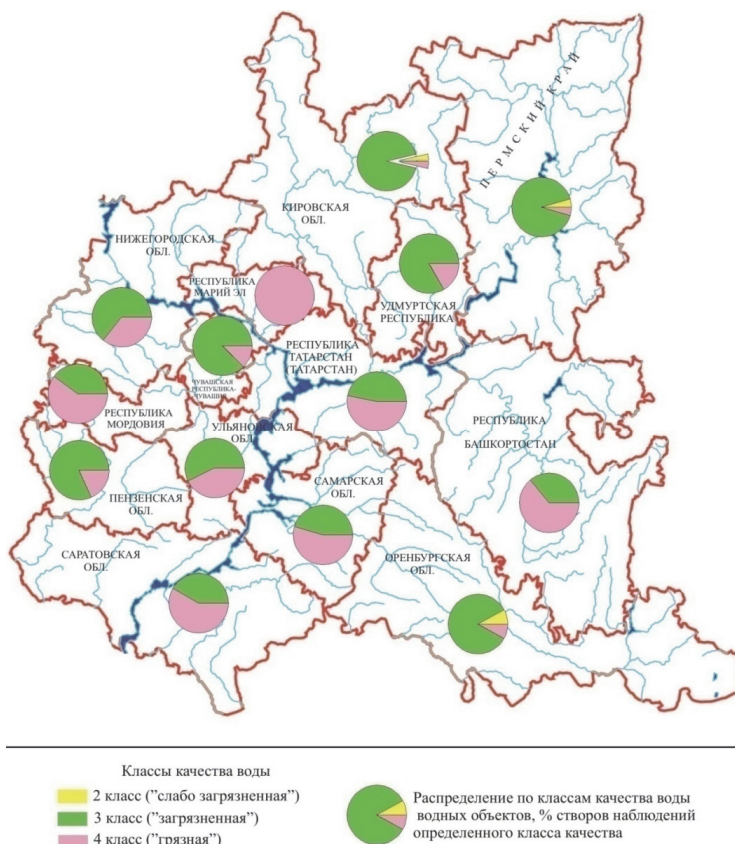


Рис. 1. Качество воды поверхностных источников Приволжского федерального округа

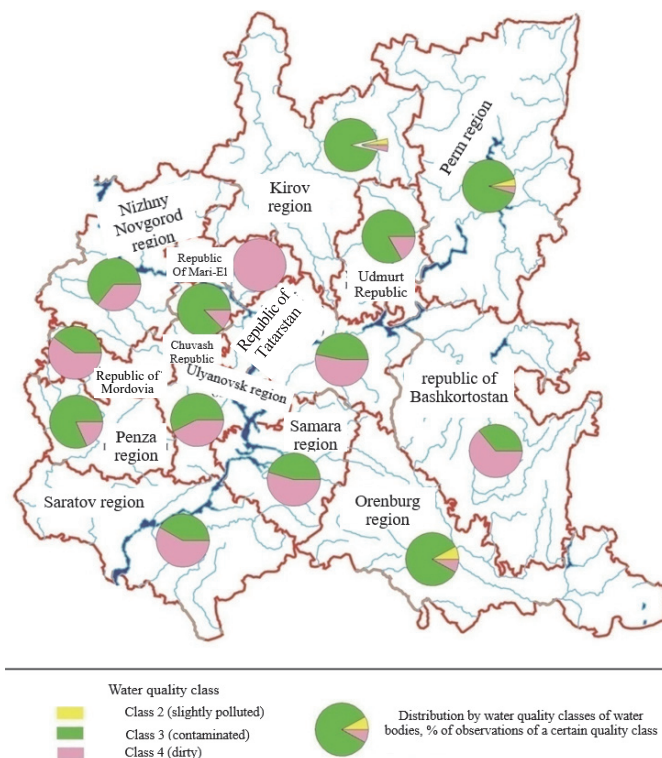


Figure 1. Water quality of surface sources of the Volga Federal District

Сильно чувствительны к загрязнению малые реки (длиной менее 100 км), собирающие до 1/3 многолетнего суммарного поверхностного стока. Вода некоторых из них загрязнена до 5 класса, что полностью исключает возможность использования их в качестве источников водоснабжения [1; 2].

Классификация опасных воздействий на окружающую среду, возникающих в результате судоходства и промышленной деятельности

Каждый водоем связан с окружающей его внешней средой. Качество воды в нем определяется естественным стоком поверхностных или подземных источников, природными явлениями, индустрией, хозяйственной и бытовой деятельностью человека. Результатом указанных воздействий является внесение в водную среду загрязняющих веществ [3].

В результате антропогенного влияния постоянно растет содержание в атмосфере вредных соединений. Судовые газовые выбросы, по оценкам [4], составляют до 14 % всей газовой эмиссии от ископаемых видов горючего и 16 % выделения серы от общего количества сжигаемых нефтяных топлив на транспорте.

Общую эмиссию дополняют пары топлив и сточных вод, образующиеся в системах вентиляции соответствующих танков и при утечках, масляные туманы картеров двигателей и редукторов, утечки хладагентов холодильных установок и систем пожаротушения, испарения растворителей лакокрасочных материалов и т. п. Данные выбросы образуются при нормальной эксплуатации флота, а также при его техническом обслуживании и ремонтах.

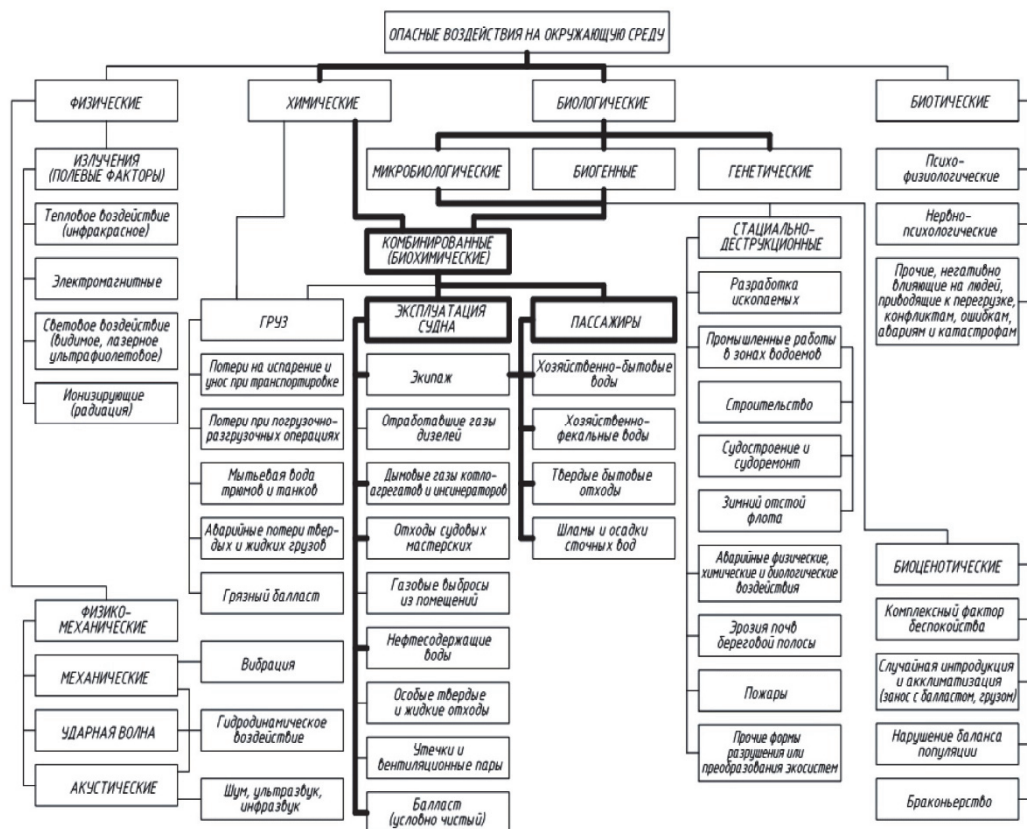


Рис. 2. Опасные воздействия судов на окружающую среду

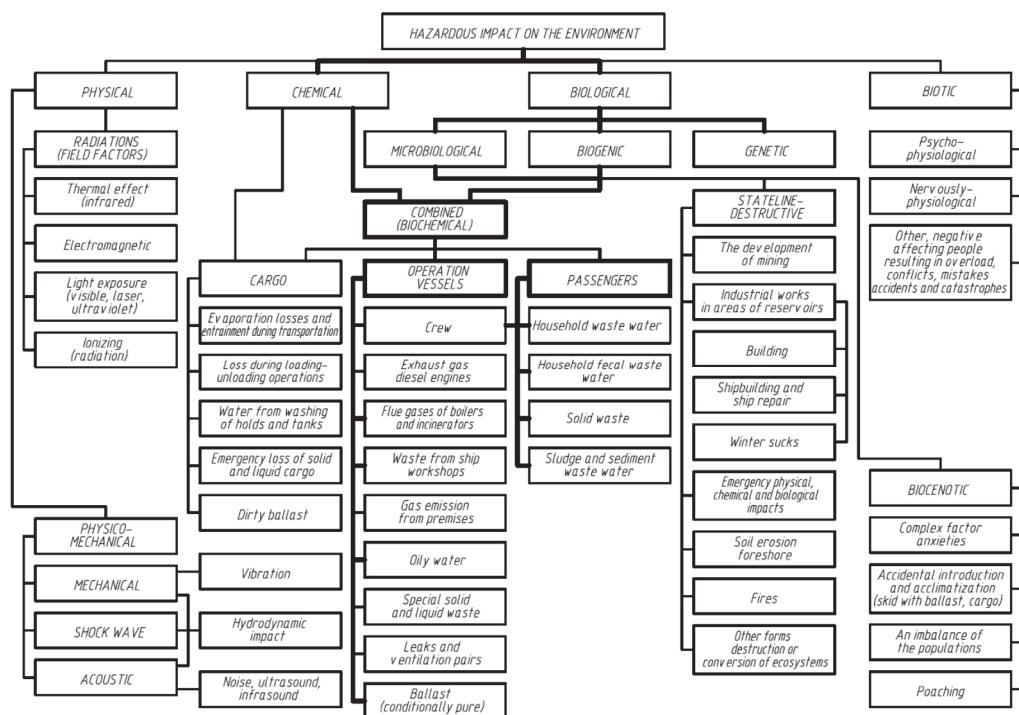


Figure 2. The impact of the courts on the environment

Косвенное влияние судоходства заключается в загрязнении почв свалками промышленных и бытовых отходов, различными сбросами предприятий судостроения и судоремонта и т. п. При этом образуется целый ряд загрязнителей: неорганических (минеральные соли, асбест, тяжелые металлы, неорганические кислоты, щелочи и др.), органических (фенолы, хлорорганические углеводороды, нефтепродукты, кислоты и др.), радиоактивных и биологических (патогенные микроорганизмы, бактерии и т. п.) [5].

Воздействия, оказываемые судоходством на окружающую среду, классифицируются по ГОСТ Р 14.03-2005 «Экологический менеджмент воздействующие факторы. Классификация» [6] по фасетной структуре. Авторами предложено графическое решение подобной классификации и выделены основные группы факторов, с которыми целесообразно бороться инженерными средствами защиты окружающей среды непосредственно на судах (рис. 2).

Классификация судовых отходов

Антропогенное воздействие на окружающую среду от использования конкретной единицы флота складывается из факторов каждой группы. Оно переменное во времени и обусловлено функциональным назначением, особенностями эксплуатации и техническим состоянием данного судна.

При эксплуатации флота на борту судов непрерывно образуются отходы различного состава и агрегатного состояния (твердые, жидкие и газообразные). Все они должны своевременно удаляться и не мешать осуществлению целевых производственных и общесудовых операций.

Международные нормативные документы [7] выделяют следующие группы судовых отходов:

- а) жидкие, состоящие из:
- сточных вод (СВ);
 - нефтесодержащих вод (НВ);
 - балластных вод (БВ);
 - загрязненных вод, требующих специальной очистки (радиационно- и химически загрязненных).
- б) твердые (мусор);
- в) газообразные (дымовые и отработавшие газы ДВС и котлоагрегатов различного назначения).

Образование перечисленных отходов вызвано особенностями эксплуатации, назначением судна, определяется грузом, пассажирами либо эксплуатацией технического средства.

Методы обращения с судовыми отходами

Применяются следующие основные способы обращения с судовыми отходами [8–10]:

- 1) раздельное накопление отходов по видам и последующая сдача на береговые предприятия для переработки;
- 2) переработка отходов непосредственно на борту судна при помощи специальных технических средств – систем очистки СВ (СОСВ) и НВ (СОНВ), инсинераторов.

Существующая в настоящее время инженерная защита окружающей среды от загрязнения судами классифицирована и представлена на рис. 3.

Все средства обработки судовых отходов можно разделить на две большие группы:

1. Судовые средства:

- локальные, включающие в себя СОСВ, СОНВ, системы сбора, хранения и переработки мусора;
- интегрированные системы комплексной переработки отходов.

2. Внесудовые средства составляют специальные причалы, баржи-амбары,

суда-сборщики, станции очистки НВ, суда комплексной переработки отходов (СКПО).

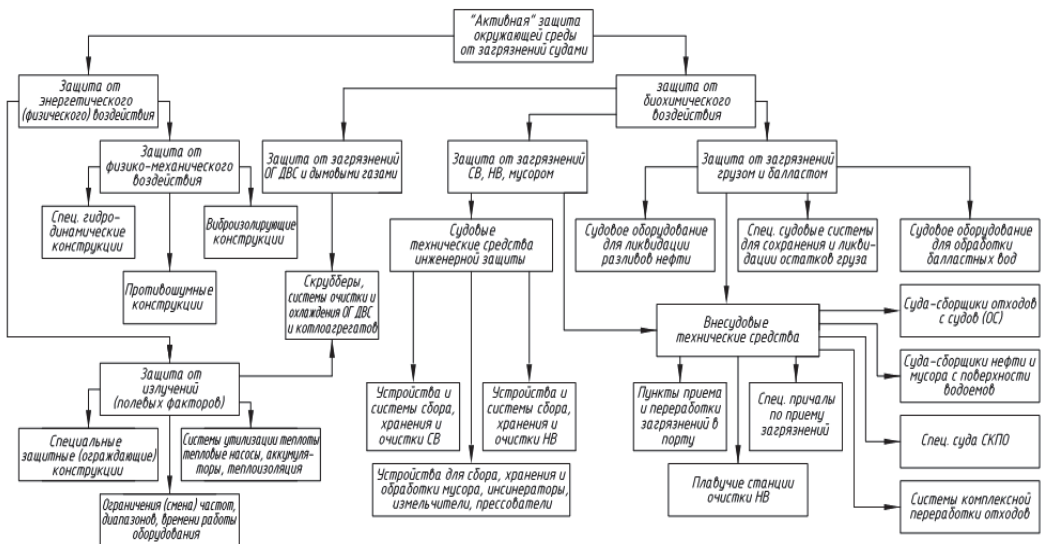


Рис. 3. Схема инженерной защиты окружающей среды от загрязнений судами

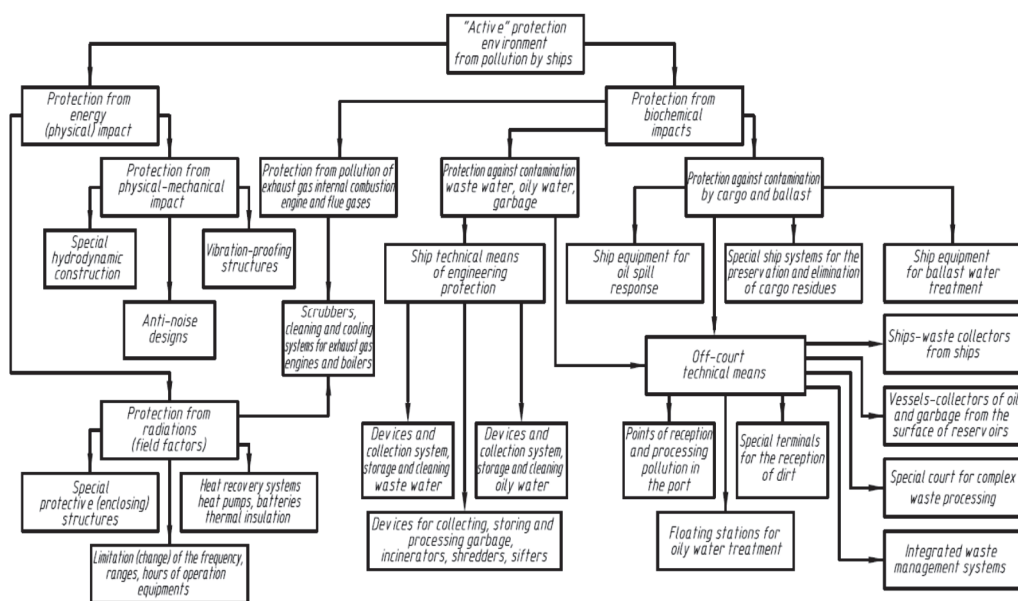


Figure 3. Scheme of engineering protection of the environment from pollution by ships

Анализ современной ситуации показывает, что выбор метода обращения с отходами зависит от ряда независимых факторов [11; 12].

Требования основной нормативной документации по защите окружающей среды от антропогенного воздействия водного транспорта

Защита окружающей среды от антропогенного воздействия водного транспорта нормируется иерархически построенной системой документации [12].

В обозначенной базе строго нормируются вопросы обращения, хранения и утилизации судовых отходов при нормальной эксплуатации судов и в аварийных ситуациях.

Следует отметить, что общее определение судовых отходов в действующей российской и международной нормативной документации отсутствует.

ГОСТ 30772-2001 устанавливает определение: «Отходы – остатки продуктов или дополнительные продукты, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью» [13]. Также, «отходы – это вещества (или смеси веществ), признанные непригодными для дальнейшего использования в рамках имеющихся технологий или после бытового использования продукции» [14].

МАРПОЛ [7] классифицирует отходы по группам. Выделены «Эксплуатационные отходы – это все отходы, связанные с грузом и с обслуживанием, а также грузовые остатки, если они не являются веществами, определяемыми или перечисленными в других приложениях конвенции. В состав эксплуатационных отходов входят зола и шлак, образуемые от судовых мусоросжигателей».

В отраслевых Правилах Российского речного регистра (ПРРР) [8] указано: «Эксплуатационные отходы – отходы, образующиеся в результате выполнения на судне различных производственных и ремонтных работ, а также все отходы, образующиеся в результате эксплуатации энергетической установки и прочего оборудования судна».

В свою очередь РД 31.06.01-79 [12] содержит определение: «Эксплуатационные отходы – вид мусора, образующийся в результате выполнения на судне или в порту различных производственных и ремонтных работ, а также все отходы, не содержащие нефть и нефтепродукты, образующиеся в результате обслуживания энергетических установок и прочего оборудования».

С учетом различной направленности и специфики приведенных выше определений предлагается объединить их в следующей формулировке: *эксплуатационные судовые отходы – это специфические сложные отходы, содержащие твердые (мусор), жидкие (СВ, НВ, требующие специальной очистки воды) и газообразные фракции (ОГ ДВС, газотурбинных установок, ДГ котлоагрегатов и печей-инсинераторов), признанные непригодными для дальнейшего использования на борту судна в рамках имеющихся технологий и определяемые особенностями функционального назначения, конструкцией, местом и условиями эксплуатации конкретного плавсредства или иного объекта водного транспорта.*

Таким образом, устанавливается связь между назначением, особенностями, местом и режимом эксплуатации судна и видами образующихся отходов. Это вызвано необходимостью учета международных норм экологической безопасности по морским районам плавания и значительным ужесточением требований при переходе в речные акватории.

Следует отметить, что отходы портов, причалов, эксплуатирующих предприятий водного транспорта также сходны с судовыми. Исключение составляют отходы судоремонтных и судостроительных заводов, а также плавмастерских [13].

Международная конвенция МАРПОЛ распространяет свои требования к сбросу НВ и СВ на суда, имеющие валовую вместимость более 400 рег. т, а также на все единицы флота с количеством людей на борту более 15 (по СВ). Приложения I и IV МАРПОЛ разрешают сброс СВ и НВ при соблюдении ряда строго определенных условий [7].

1 января 2013 г. вступил в силу МЕРС.201(62) [15]. В соответствии с данным документом отходы на судне должны разделяться по следующим категориям:

- бытовые (бумага и ее продукты, текстиль (ветошь), стеклянные изделия, металл, бутылки, глиняная посуда и т. п.);
- пищевые;
- эксплуатационные;
- кулинарный жир (растительного и животного происхождения);
- кости и туши животных;
- пластмассы и изделия из них;
- зола инсинераторов;
- грузовые остатки;
- рыболовные снасти и их остатки.

Разделение мусора вызвано разными требованиями по обращению с каждым из видов. Полностью запрещен сброс в море всех пластмасс, синтетических тросов, рыболовных сетей и пластиковых мешков для мусора. При смешении отходов различных групп при одновременном сбросе установлены наиболее жесткие требования [15–17].

Приложение VI МАРПОЛ с учетом требований энергоэффективности судов [18] ограничивает выброс оксидов азота (NO_x) и содержание серы в судовом топливе до 4,5 %. В установленных районах контроля выбросов оксидов серы (SO_x) регламентировано содержание серы в судовом жидком топливе, оно не должно превышать 0,1 %. Для снижения указанного показателя до величины 6,0 г $\text{SO}_x/\text{кВт}\cdot\text{ч}$ и менее рекомендовано применение систем очистки ОГ ДВС вспомогательных и главных энергетических установок. Стоки от использования такого оборудования также контролируются [7].

Предусмотрено применение систем сбора и контроля выброса паров во время грузовых и бункеровочных операций на судах и терминалах, ограничивающих эмиссию летучих органических соединений.

Преднамеренный выброс в атмосферу озоноразрушающих веществ запрещен. До 1 января 2020 г. разрешена эксплуатация установок, содержащих фреоны, однако предельные фторхлоруглероды (СFC) и галогены запрещены на всех судах.

Загрязненные упаковочные материалы и вещества, содержащие полихлорбифенилы запрещены к сжиганию в судовых инсинераторах.

В Единой европейской экономической зоне происходит постоянное ужесточение требований к газовым эмиссиям [19].

С целью контроля над переносом вредных и патогенных водных организмов БВ судов вступила в силу и ратифицирована Россией 8 сентября 2017 г. Международная конвенция «О контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими» [20]. Четко предписывается использование Плана контроля судовых БВ. Вновь разработанные «Правила предотвращения загрязнения нежелательными морскими организмами, содержащимися в водном балласте» включены в качестве Приложения VII в МАРПОЛ.

Для соблюдения требований конвенции предусмотрена полная замена БВ на глубине не менее 200 м в море и на расстоянии не менее 50 морских миль от ближайшего берега (правило D-1). Альтернативой станет обработка БВ до заданных уровней содержания нежелательных организмов (правило D-2). Однако требования конвенции не распространяются на суда, сдающие БВ на специализированные приемные сооружения. В настоящее время этому препятствует следующее: большинство портов не имеет дорогостоящего специализированного оборудования обработки БВ, ограничены территории и акватории портов, что вызывает трудности с размещением, отсутствуют необходимые коммуникации, проявляются логистические сложности.

ПРРР [8] в редакции 2019 г. учитывают требования МАРПОЛ: нормируются сбросы СВ, НВ, а также газовые эмиссии. Полностью запрещен сброс мусора и пищевых отходов. Условия хранения, прессования, измельчения отходов регламентированы. Для уничтожения твердых отходов разрешено использование инсинераторов. Для главных и вспомогательных ДВС судов внутреннего и смешанного плавания действуют требования по ограничению газовых эмиссий [8].

В таблице приведены сравнительные требования МАРПОЛ и ПРРР. Анализируя представленную информацию, можно сделать вывод о сравнительной жесткости требований к выбросам и сбросам загрязняющих веществ для внутреннего водного транспорта.

Таблица

Сравнительные требования МАРПОЛ и ПРРР в отношении основных групп судовых отходов

Вид отходов	Регламентируемый параметр	Требования регламентирующей документации	
		МАРПОЛ	ПРРР
СВ	Область распространения	СОСВ на всех судах морского флота с валовой вместимостью более 400 рег. т. и более 15 чел. на борту	СОСВ на специализированных очистных судах после 1997 г.
	Нормируемые показатели		
	БПК ₅ , мг O ₂ /дм ³	50	30
	Взвешенные вещества (ВВ), мг/дм ³	100 + x x – содержание ВВ в промывной воде, мг/дм ³	30
	Коли-индекс, шт/дм ³	2500	1000
	Остаточный хлор (в случае обеззараживания хлором), мг/дм ³	Не регламентируется	1,5...3,0
	Условия сброса:	– до 4 морских миль от берега сброс запрещен, кроме СВ, обработанных на одобренных СОСВ; – между 4 и 12 милями сброс разрешен после одобренных СОСВ; – более 12 морских миль – после обработки на одобренных СОСВ. Если СВ не измельчены и дезинфицированы сброс допустим при движении со скоростью не менее 4 узлов и с разрешенной интенсивностью; – вне «особых районов»; – не допускается появление видимых плавающих твердых частиц и изменение цвета окружающей воды	– должна быть исключена возможность сброса очищенных и обеззараженных СВ, а также необработанных СВ в районах, запрещенных для сброса
НВ	Область распространения	СОНВ на всех судах морского флота с валовой вместимостью более 400 рег. т.	СОНВ на специализированных очистных судах после 1997 г.
	Нормируемый показатель		
	Концентрация нефтепродуктов, мг/дм ³	100	8,0 (5,0 на специализированных очистных судах)
	Условия сброса:	с одновременным соблюдением всех следующих условий: – вне «особого района»; – более 12 морских миль от ближайшего берега; – судно находится в пути; – содержание нефти в стоке не превышено (для танкеров и других судов с валовой вместимостью 400 рег. т. и более – не более 30 л на морскую милю, если НВ не смешаны с грузом нефти); – действует система САЗРИУС, одобренное оборудование для нефтеводяной сепарации и система фильтрации. Условия можно не соблюдать, если концентрация нефти в НВ менее 15 мг/дм ³	– системы фильтрации НВ должны исключать возможность сброса вод с содержанием нефти, превышающим нормативное; – должен осуществляться после фильтрующего оборудования через систему сброса очищенных НВ под контролем САЗРИУС с устройством для автоматического прекращения сброса
Мусор	Область распространения	На всех судах морского флота	На всех судах речного и смешанного (река – море) плавания
	Условия сброса:	– вне «особых районов»; – материалы, не содержащие вредные для морской среды вещества, вместе с пищевыми отходами допустимы к сбросу в море не ближе 12 миль от ближайшего берега; – при измельчении (фрагменты диаметром не более 25 мм) – не менее 3 миль от берега. Запрещен сброс групп А и I. Сброс отходов Н на максимальном удалении от берега	– должна быть исключена возможность сброса мусора и пищевых отходов

Окончание табл.

Вид отходов	Регламентируемый параметр	Требования регламентирующей документации				
		МАРПОЛ			ПРРР	
Газовые выбросы	Область распространения	Для судов и ДВС, изготовленных или прошедших капитальный ремонт:			Главные и вспомогательные ДВС судов внутреннего и смешанного (река – море) плавания, изготовленные или прошедшие капитальный ремонт 01.01.2000 г. или позднее	
	Нормируемые показатели (n – частота вращения колечного вала, мин ⁻¹)	до 01.01.2000г.	после 01.01.2000г.	после 01.01.2016г.		
	Полный взвешенный выброс NO ₂ , г/(кВт·ч) при n	Менее 130	17,0	14,4	3,4	Не нормируется
		130...2000	$45 \cdot n^{-0.2}$	$44 \cdot n^{-0.23}$	$9 \cdot n^{-0.2}$	
		Равно и более 2000	9,8	7,7	2,0	
	Удельный средневзвешенный выброс NO _x в приводе к NO ₂ , г/(кВт·ч) при n	Менее 130	Не регламентируется			17,0
		130...2000				$45 \cdot n^{-0.2}$
		Равно и более 2000				9,8
Удельный средневзвешенный выброс CO, г/(кВт·ч)	Не регламентируется			3,0		
Удельный средневзвешенный выброс суммарных СН в пересчете на условный состав топлива, г/(кВт·ч)	Не регламентируется			1,0		

Table

The comparative requirements of MARPOL and PRRR in relation to the main groups of ship-generated waste

Type of waste	Regulated parameter	Requirements of regulatory documentation	
		MARPOL	The Rules of the Russian River Register
Waste-water	Range	Wastewater treatment plants (WTP) on all ships of the marine fleet with a gross capacity of more than 400 reg.T. and more than 15 people on board	WTP on specialized cleaning vessels after 1997
	Normalized indicators		
	Biochemical oxygen index 5, mg O ₂ /dm ³	50	30
	Suspended solids (SS), mg/dm ³	$100 + x$ x – the content of SS in the wash water, mg/dm ³	30
	Coli-index, PC _s /dm ³	2500	1000
	Residual chlorine (in the case of chlorine disinfection), mg/dm ³	Not regulated	1,5...3,0
	Reset conditions:	– up to 4 nautical miles from shore discharge is prohibited, except for wastewater processed on approved WTP; – between 4 and 12 miles dumping is permitted after approved WTP; – more than 12 nautical miles after treatment on approved WTP. If wastewater is not crushed and disinfected, it is permissible when driving at a speed of at least 4 knots and with the permitted intensity; – outside "special areas"; – visible floating solid particles and changes in the color of the surrounding water are not allowed.	

Table, ending

Type of waste	Regulated parameter	Requirements of regulatory documentation				
		MARPOL		The Rules of the Russian River Register		
Oily water	Range	Oil-containing water treatment plants (OWTP) on all vessels of the marine fleet with a gross capacity of more than 400 reg.T.		OWTP on specialized treatment vessels after 1997		
	Normalized indicators	100		8,0 (5,0 on specialized cleaning vessels)		
	Concentration of petroleum products, mg / dm ³	with simultaneous observance of all the following conditions: – outside the “special area”; – more than 12 nautical miles from the nearest shore; – the ship is on its way; – the oil content in the runoff is not exceeded (for tankers and other vessels with a gross capacity of 400 reg.T. not more than 30 l per nautical mile if the oil-containing waters are not mixed with the cargo of oil); – the system of SATRIUS approved equipment for oily-water separation and filtration system. The conditions may not be met if the concentration of oil in the HB is less than 15 mg/dm ³		– oil-containing water filtration systems should exclude the possibility of discharge of water with an oil content exceeding the standard; – should be carried out after the filtering equipment through the system of discharge of purified oil-containing water, under the control of SATRIUS with a device for automatic termination of discharge		
	Reset conditions:					
Garbage	Range	On all ships of the navy		On all vessels of river and mixed (river – sea) navigation		
	Reset conditions:	– outside “special areas”; – materials that do not contain harmful substances to the marine environment, together with food waste, are allowed to be dumped into the sea no closer than 12 miles from the nearest shore; – when grinding (fragments with a diameter of no more than 25 mm) – at least 3 miles from the shore. Dumping of groups A and I. Dumping of waste H at the maximum distance from the shore is prohibited		- the possibility of dumping garbage and food waste should be excluded		
Gas emission	Range	For ships and engines manufactured or overhauled:			Main and auxiliary internal combustion engines of vessels of internal and mixed (river – sea) navigation, manufactured or overhauled 01.01.2000 or later	
	Normalized indicators (<i>n</i> – speed of rotation of the crankshaft, rpm)	Up to 01.01.2000	After 01.01.2000	After 01.01.2016		
	Total weighted NO ₂ emission, g/(kWh) at <i>n</i>	less than 130	17,0	14,4	3,4	Not normalized
		130... 2000	45· <i>n</i> –0,2	44· <i>n</i> –0,23	9· <i>n</i> –0,2	
		Equal and more than 2000	9,8	7,7	2,0	
	Specific weighted average NO _x emission in reduction to NO ₂ , g/(kWh) at <i>n</i>	Less than 130	Not regulated			17,0
		130... 2000				45· <i>n</i> ^{-0,2}
Equal and more than 2000		9,8				
Specific weighted average CO emission, g/(kWh)	Not regulated			3,0		
Specific weighted average emission of total CH in terms of conventional fuel composition, g/(kWh)	Not regulated			1,0		

Технический регламент, вступивший в силу 12.08.2010 г. [10] дополняет приведенные выше требования следующими:

– все СВ следует сдавать на внесудовые водоохранные средства, береговые очистные сооружения или обрабатывать на борту судна с помощью автономных СОСВ;

– НВ следует накапливать в сборной цистерне и по мере ее заполнения сдавать на ближайшие внесудовые средства в районе эксплуатации судна;

– суда с динамическим принципом поддержания, скоростные водоизмещающие суда и суда длиной по конструктивной ватерлинии до 25 м и суммарной мощностью всех двигателей менее 220 кВт могут накапливать НВ под настилом машинных помещений;

– должны быть предусмотрены контейнеры для отдельного сбора и хранения твердых пищевых отходов и сухого бытового мусора.

В дополнение к вышесказанному СанПин 2.5.2-703-98 [9] запрещает попадание в водоемы при эксплуатации судов и их оборудования неочищенных и необеззараженных СВ, неочищенных НВ, пищевых отходов и мусора.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека при изменении санитарной обстановки на судоходном участке или ином локальном месте эксплуатации технических средств флота имеет право ограничивать и запрещать сброс обработанных СВ и НВ, эксплуатацию инсинераторов, стоянку при работающих на холостом ходу и под нагрузкой ДВС и т. п.

В 2012 г. Россия вступила во Всемирную торговую организацию (ВТО). Это привело к продолжающейся по настоящее время работе по пересмотру законодательства РФ в сторону соответствия общемировым требованиям. Наглядно проявляется общая политика по ужесточению и контролю всех эмиссий [10]. В частности, можно отметить:

– ограничение сбросов в водные объекты очищенных и обеззараженных с помощью СОСВ СВ. Сброс разрешен в исключительных случаях: при невозможности сдачи на внесудовые средства, за границами населенных пунктов, вне зон охраны источников водоснабжения, лечебно-оздоровительных местностей и курортов, рыбоохранных, рыбохозяйственных и заповедных зон;

– мусор и пищевые отходы также должны передаваться на внесудовые средства. Допустимо уничтожение на судах при условии, что не оказывается вредного воздействия на человека и окружающую среду;

– ограничены эмиссии загрязняющих веществ в атмосферу от главных и вспомогательных энергетических установок;

– должны контролироваться сбросы веществ и микроорганизмов в водные объекты.

Заключение

В настоящее время участились случаи, когда российские суда не допускают или сильно ограничивают при работе в зарубежных портах по экологическим параметрам. В частности, установлены санкции в городах Бордо, Гавр (Франция), Антверпен, Намюр (Бельгия), Амстердам, Роттердам (Нидерланды), Рейкьявик (Исландия), Лос-Анджелес, Лонг-Бич (США). Эта проблема приобретает наибольшую актуальность при дальних морских перевозках. В этом

случае «неэкологичное» судно вынуждают пользоваться услугами буксира с момента пересечения границы территориальных вод страны, что делает подобные перевозки не только бесприбыльными, но и даже убыточными.

Анализируя современную ситуацию, можно сделать вывод о том, что для сохранения конкурентных преимуществ судовладельцам необходимо использовать оборудование по предотвращению загрязнения окружающей среды качественно нового уровня.

Список литературы

- [1] Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». М.: НИА-Природа, 2018. 298 с.
- [2] СанПин 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.2000) (с изм. от 04.02.2011, с изм. от 25.09.2014).
- [3] Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник. Изд. 4-е, доп. и перераб. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. 702 с.
- [4] Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии: учебник для вузов. 2-е, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2001. 510 с.
- [5] Копылова Л.И. Введение в экологическую химию: учебное пособие. Иркутск: ИГПУ, 2000. 242 с.
- [6] ГОСТ Р 14.03-2005. Экологический менеджмент. Воздействующие факторы. Классификация. Введ. 01.01.2009. М.: Изд-во стандартов, 2009. 20 с.
- [7] Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г. (МАРПОЛ) и Протокол 1978 г. Введ. 02.10.1973: в 3 кн. Кн. 1. СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2012. 364 с.
- [8] Правила классификации и постройки судов смешанного (река – море) плавания (ПССП). Правила экологической безопасности судов (ПЭБ) // Российский речной регистр: правила: в 5 т. Т. 5. М., 2019. 317 с.
- [9] СанПин 2.5.2-703-98. Суда внутреннего и смешанного (река – море) плавания. Санитарные правила и нормы. М.: Минздрав России, 1998. 144 с.
- [10] Постановление Правительства РФ от 12.08.2010 г. № 623 «Технический регламент о безопасности объектов внутреннего водного транспорта» (в редакции 29.05.2018 г.). URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102140816> (дата обращения: 05.09.2019).
- [11] РД 152-011-00. Наставление по предотвращению загрязнения внутренних водных путей при эксплуатации судов. Введ. 15.04.2000 / Минтранс РФ. М.: 2000. 22 с.
- [12] Приказ № 50 Министерства Транспорта РФ от 7 мая 1998 г. «О нормативных актах по вопросам охраны морской среды». М.: НЦПИ, 1998. 8 с.
- [13] ГОСТ 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. Введ. 01.07.2002. М.: Изд-во стандартов, 2009. 12 с.
- [14] Приказ Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды от 27 ноября 1997 г. № 527 «О федеральном классификационном каталоге отходов» // Собр. законодательства РФ. 1997. № 47. Ст. 4217. 48 с.
- [15] Annex 13. Resolution MEPC.201(62). Amendments to the annex of the protocol of 1978 relating to the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973 (revised MARPOL Annex V). Adopted on 15 July 2011. 2012. 12 p.
- [16] Рекомендации, касающиеся согласованных на европейском уровне технических предписаний, применимых к судам внутреннего плавания. Пересмотр 1. Поправка 1. Резолюция № 61 // ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.1 / ЭЖ ООН. Нью-Йорк – Женева, 2011.
- [17] Рекомендации, касающиеся согласованных на европейском уровне технических предписаний, применимых к судам внутреннего плавания. Пересмотр 1. Поправка 2. Резолюция № 61 // ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.2 / ЭЖ ООН. Нью-Йорк – Женева, 2013.

- [18] Resolution MEPC.203(62). Amendments to the annex of the protocol of 1997 to amend the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto (inclusion of regulations on energy efficiency for ships in MARPOL Annex VI). Adopted on 15 July 2011. 2012. 16 p.
- [19] Осуществление Батумской инициативы по борьбе за чистый воздух: содействие прогрессу в деле улучшения качества воздуха. Европейская экономическая комиссия. Комитет по экологической политике. Двадцать четвертая сессия. Женева, 29–31 января 2019 года. URL: <https://www.unec.org>
- [20] Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими // Дипломатическая конференция, 2004. М.: Моркнига, 2005. 120 с.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 15.11.2019

Дата принятия к печати: 15.12.2019

Для цитирования:

Мизгирев Д.С., Захаров В.Н., Отделкин Н.С., Наумов В.С. Современное состояние проблемы обращения с судовыми отходами // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 4. С. 282–297. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-282-297>

Сведения об авторах:

Мизгирев Дмитрий Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта, Волжский государственный университет водного транспорта. eLIBRARY SPIN-код: 4787-0332. E-mail: mizgirevds@yandex.ru

Захаров Василий Николаевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Волжский государственный университет водного транспорта. eLIBRARY AuthorID: 4226. E-mail: nauka@vgavt-nn.ru

Отделкин Николай Станиславович – доктор технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта, Волжский государственный университет водного транспорта. eLIBRARY SPIN-код: 5456-1055. E-mail: pmpmtvvgavt@yandex.ru, nik-otdelkin@vgavt-nn.ru

Наумов Виктор Степанович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой охраны окружающей среды и производственной безопасности, Волжский государственный университет водного транспорта. eLIBRARY SPIN-код: 8233-4649, eLIBRARY AuthorID: 393288. E-mail: naumov1@vgavt-nn.ru

Research article

Current state of the problem of ship waste management

Dmitry S. Mizgirev, Vasily N. Zakharov,
Nikolay S. Otdelkin, Victor S. Naumov

Volga State University of Water Transport
5 Nesterova St, Nizhny Novgorod, 603951, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the current state of the problem of ship waste management. The paper deals with the problem of anthropogenic impact on water bodies and adjacent territories resulting from shipping, ship repair and industrial production. The classifica-

tion of hazardous impacts of ships on the environment in accordance with Russian and international regulations. The main methods of solving the problem of ship waste that are currently used are indicated, the main equipment of engineering environmental protection is classified. Comparative analysis of Russian regulatory documents (The Rules of Russian River Register) and international regulatory documents (MARPOL) was held. The conclusion was made about more stringent requirements for emissions of polluting substances on inland waterways. The definition of operational wastes from vessels was proposed. The general trend was shown for toughening of rules and regulations for handling and disposing of ship-generated waste.

Keywords: classification of ship waste, engineering environmental protection, analysis of regulatory documents, ways to solve the problem of ship waste

References

- [1] *Gosudarstvennyy doklad "O sostojanii i ispol'zovanii vodnyh resursov Rossijskoj Federacii v 2017 godu"*. Moscow: NIA-Priroda Publ.; 2018.
- [2] SanPin 2.1.5.980 00. *Gigienicheskie trebovaniya k ohrane poverhnostnyh vod. Sanitarnye pravila i normy* (utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 22.06.2000) (s izm. ot 04.02.2011, s izm. ot 25.09.2014).
- [3] Voronov JuV. *Vodootvedenie i ochistka stochnyh vod: textbook*. 4th ed. Moscow: Izd-vo Associacii stroitel'nyh vuzov Publ.; 2006.
- [4] Mazur II, Moldavanov OI. *Kurs inzhenernoj jekologii: textbook for universities*. 22nd ed. Moscow: Vysshaja shkola Publ.; 2001.
- [5] Kopylova LI. *Vvedenie v jekologicheskiju himiju: textbook*. Irkutsk: IGPU Publ.; 2000.
- [6] GOST R 14.03-2005. *Ekologicheskij menedzhment. Vozdeystviuyushchie factory. Klassifikatsiya*. Vved. 01.01.2009. Moscow: Izd-vo Standartov Publ.; 2009.
- [7] *Mezhdunarodnaja konvencija po predotvrashheniju zagryazneniya s sudov 1973 g. (MARPOL) i Protokol 1978 g.* Vved. 2.10.1973; in 3 books. Book 1. Saint Petersburg: ZAO CNIIMF Publ.; 2012.
- [8] *Pravila klassifikatsii i postroyki sudov smeshannogo (reka – more) plavaniya (PSSP). Pravila ekologicheskoy bezopasnosti sudov (PEB). Rossiyskiy rechnoy registr: pravila: in 5 vols. Vol. 5.* Moscow; 2019.
- [9] SanPin 2.5.2-703-98. *Suda vnutrennego i smeshannogo (reka – more) plavaniya. Sanitarnye pravila i normy*. Moscow: Minzdrav Rossii Pibl., 1998.
- [10] *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 12.08.2010 g. No. 623 "Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti ob"ektov vnutrennego vodnogo transporta"* (v redakcii 29.05.2018 g.). Available from: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102140816> (accessed: 05.09.2019).
- [11] RD 152-011-00. *Nastavlenie po predotvrashcheniyu zagryazneniya vnutrennikh vodnykh putey pri ekspluatatsii sudov*. Vved. 15.04.2000. Moscow; 2000.
- [12] *Prikaz No. 50 Ministerstva Transporta RF ot 7 mya 1998 g. "O normativnykh aktakh po voprosam okhrany morskoy sredy"*. Moscow: NTsPI Publ.; 1998.
- [13] GOST 30772-2001. *Resursosberezhenie. Obrashchenie s otkhodami. Terminy i opredeleniya*. Vved. 01.07.2002. Moscow: Izd-vo Standartov Publ.; 2009.
- [14] *Prikaz Gosudarstvennogo komiteta Rossiyskoj Federatsii po okhrane okruzhayushchey sredy ot 27 noyabrya 1997 g. No. 527. "O federal'nom klassifikatsionnom kataloge otkhodov"*. *Sobr. zakonodatel'stva RF*. 1997;(47):4217.
- [15] Annex 13. Resolution MEPC.201(62). *Amendments to the annex of the protocol of 1978 relating to the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973 (revised MARPOL Annex V)*. Adopted on 15 July 2011. 2012.
- [16] *Rekomendatsii, kasayushchiesya soglasovannykh na evropeyskom urovne tekhnicheskikh predpisaniy, primenimyykh k sudam vnutrennego plavaniya. Peresmotr 1. Popravka 1. Rezolyutsiya No. 61. ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.1*. New York, Geneva; 2011.

- [17] Rekomendatsii, kasayushchiesya soglasovannykh na evropeyskom urovne tekhnicheskikh predpisaniy, primenimyykh k sudam vnutrennego plavaniya. Peresmotr 1. Popravka 2. Rezolyutsiya No. 61. *ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.2*. New York, Geneva; 2013.
- [18] Resolution MEPC.203(62). *Amendments to the annex of the protocol of 1997 to amend the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto (inclusion of regulations on energy efficiency for ships in MARPOL Annex VI)*. Adopted on 15 July 2011. 2012.
- [19] *Osushhestvlenie Batumskoj iniciativy po bor'be za chistyj vozduh: sodejstvie progressu v dele uluchsheniya kachestva vozduha*. Evropejskaja jekonomicheskaja komissija. Komitet po jekologicheskoj politike. Dvadcat' chetvertaja sessija. Zheneva, 29–31 janvarja 2019 goda. Available from: <https://www.unece.org> ›
- [20] Mezhdunarodnaya konventsija o kontrole sudovykh ballastnykh vod i osadkov i upravlenii imi. *Diplomaticheskaya konferentsiya, 2004*. Moscow: Morkniga Publ., 2005.

Article history:

Received: 15.11.2019

Revised: 15.12.2019

For citation:

Mizgirev DS, Zakharov VN, Otdelkin NS, Naumov VS. Current state of the problem of ship waste management. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(4):282–297. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-282-297>

Bio notes:

Dmitry S. Mizgirev – Ph.D in Engineering Science, Professor, Department of Hoisting-and-Transport Machines and Machine Repair, Volga State University of Water Transport. eLIBRARY SPIN-code: 4787-0332. E-mail: mizgirevds@yandex.ru

Vasily N. Zakharov – Ph.D in Engineering Science, Professor, chief scientific researcher, Volga State University of Water Transport. eLIBRARY AuthorID: 4226. E-mail: nauka@vgavt-nn.ru

Nikolay S. Otdelkin – Ph.D in Engineering Science, Professor, Department of Hoisting-and-Transport Machines and Machine Repair, Volga State University of Water Transport. eLIBRARY SPIN-code: 5456-1055. E-mail: pmptmvgavt@yandex.ru, nik-otdelkin@vgavt-nn.ru

Victor S. Naumov – Ph.D in Engineering Science, Professor, Head of the Department of Environmental Protection and Industrial Safety, Volga State University of Water Transport. eLIBRARY SPIN-code: 8233-4649, eLIBRARY AuthorID: 393288. E-mail: naumov1@vgavt-nn.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-4-298-306
УДК 581.5

Научная статья

Ландшафтная структура береговых обрывов Черноморского побережья Кавказа

А.М. Алейникова¹, О.Н. Липка², М.В. Крыленко³

¹Российский университет дружбы народов
Российская Федерация, 113093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5

²Всемирный фонд природы (WWF России)
Российская Федерация, 109240, Москва, ул. Николаямская, д. 19, стр. 3

³Институт океанологии РАН имени П.П. Ширшова, Южное отделение
Российская Федерация, 353467, Геленджик, ул. Просторная, 1Г

Аннотация. Настоящая работа посвящена анализу ландшафтной структуры береговых обрывов Черноморского побережья Кавказа. В работе проанализированы растительность и ландшафтная структура обрывов массива Туапхат, предложена и обоснована классификация ландшафтов береговых обрывов, раскрыты особенности береговых ландшафтов. В ландшафтной структуре береговых обрывов массива Туапхат можно выделить: урочища по характеру видимого залегания геологических слоев; подурочища по величине крутизны склона; стрии, которые характеризуются более обильным произрастанием растительности, по трещинам в геологическом слое; фации, обычно территориально совпадающие с нано- и микроформами рельефа и, как правило, представленные одним видом растительности. Характерны распределение растительности стриями на мелкодисперсном щебне алевролита или аргиллита, отсутствие галофитов, но преобладание солевыносливых видов растений с широкой экологической амплитудой: петрофитов, космополитов и рудеральных.

Ключевые слова: ландшафтная структура, растительность, береговой обрыв массива Туапхат

Введение

Ландшафтная структура и растительность приморских обрывов исследована крайне незначительно [1; 3–5; 8; 9]. В зарубежной литературе также сравнительно небольшое количество работ посвящено биологическим особенностям растений клифов [11; 12], экосистемно-ландшафтные исследования крайне редки. Поэтому изучение ландшафтной структуры берегов и разработка классификации ландшафтов обрывов актуальны для научных исследований и дальнейшего составления ландшафтных карт.

Целью настоящей работы является изучение ландшафтной структуры берегового обрыва массива Туапхат.

Задачами исследования являлись анализ особенностей произрастания растительности, разработка классификации ландшафтов береговых обрывов, обоснование ландшафтных выделов, анализ ландшафтной структуры обрывов, составление тематического глоссария.

Основными *методами* исследования были анализ литературных данных и картографических материалов, полевые исследования, дистанционные исследования с помощью беспилотных летательных аппаратов, а также данные дистанционного зондирования спутниковых снимков для выделения и обоснования ландшафтных категорий.

Научная новизна. В работе впервые проанализированы особенности произрастания растительности и ландшафтная структура обрывов массива Туапхат, разработана и обоснована классификация ландшафтов береговых обрывов и раскрыты особенности береговых ландшафтов.

Результаты и обсуждение

Районом исследования явились береговые обрывы массива Туапхат. Массив Туапхат отделен от параллельно идущего хребта Маркотх, вытянутого с северо-запада на юго-восток параллельно побережью между Цемесской и Геленджикской бухтами Черного моря, выположенной межгорной долиной (рис. 1).



Рис. 1. Массив Туапхат на космическом снимке
[Figure 1. Tuaphat ridge in a satellite image]

Этот первый береговой хребет Кавказа сохранился фрагментарно [10]. Южные склоны массива Туапхат обрываются к морю. Средняя высота массива Туапхат составляет 300–400 м, крутизна склонов 10–45°. Высота абразионных обрывов колеблется от 20 до 100 м, крутизна склонов достигает 45–90°. Обрывы сложены флишем. Здесь чередуются хорошо выраженные слои мергеля, алевролита и аргиллита, хорошо видны геологические складки.

Береговая зона характеризуется наличием участков с выходами коренных пород, в ряде мест перекрываемых у уреза воды валунно-галечными мало-мощными накоплениями, протягивающимися по дну до глубины 3–5 м [6].

В вогнутостях берега образуются пляжи, сложенные материалами различной размерности: от крупно-песчаной до валунно-галечной. Ширина пляжей не является постоянной, а изменяется от года к году и от шторма к шторму от нескольких метров до полного исчезновения.

От Новороссийска до Туапсе вдоль побережья Черного моря протянулась полоса кавказских семиаридных средиземноморских и субсредиземноморских ландшафтов. Климат носит средиземноморские черты, хотя зимние температуры ниже, чем для самых северных районов Средиземноморья. Основные растительные формации имеют субсредиземноморский характер: разреженные леса из *Juniperus excelsa* и *Quercus pubescens*, зачастую замещенные зарослями типа шибляка на коричневых почвах. Для массива Туапхат, хребта Маркотх и следующего за ним Главного Кавказского хребта характерны группы видов ландшафтов складчатых предгорий на кайнозойских и мезозойских породах (верхнемеловые и палеогеновые флишевые мергели и известняки). Севернее и западнее на Навагирском хребте они сменяются складчатыми низкогорьями на верхнеюрских известняках [7]. Н.А. Гвоздецкий [2] относит ландшафты и южного макросклона массива Туапхат и хребта Маркотх, выходящие на берег Черного моря, к субсредиземноморским, а ландшафты северного макросклона – широколиственным горным южным.

В зависимости от крутизны и скорости денудации береговые обрывы массива Туапхат могут быть лишены растительности полностью, иметь разреженный травяной покров или же на них формируется сосняк фригановый с сосной пицундской (*Pinus pityusa*) в верхней части обрывов. Сосны низкие, высотой 8 м, диаметром 25–40 см, сомкнутостью 0,3. В подлеске: жасмин (*Jasminum fruticans*), скумпия (*Cotinus coggygria*), жимолость (*Lonicera etrusca*), сумах (*Rhus coriaria*). Метельник, или испанский дрок (*Spartium junceum*), активно используют в озеленении на Черноморском побережье Кавказа. Как следствие, он довольно часто встречается на приморских обрывах вблизи населенных пунктов. Сомкнутость травяного покрова при крутизне 60° составляет около 20 %, причем высоко обилие жабрицы понтийской (*Seseli ponticum*), в то время как остальные виды встречаются с меньшим обилием: левкой душистый (*Matthiola odoratissima*), резуха Жерара (*Arabis gerardii*), бурачок стенной (*Alyssum murale*), астраканта колючковидная (*Astracantha aracanthoides*), астрагал черкесский (*Astragalus circassicus*), капуста полевая (*Brassica campestris*). Вдоль пляжей в нижней части склонов в 2001–2006 гг. регулярно отмечались мачок желтый (*Glaucium flavum*) и одичавшие арбузы (*Citrullus lanatus*) [10], но в 2018 г. на пляжах массива Туапхат они обнаружены не были.

Классификация – это ранжированный набор признаков, многоступенчатая иерархия типологических таксонов, сверху вниз все более конкретизирующих геосистемы. Как правило, ландшафтная классификация проводится следующим образом: вначале отбираются классификационные признаки, затем определяют их относительную роль в ландшафтогенезе и структуре ландшафта. Основным классификационным признаком выделяемых геосистем послужили геологические особенности территории [7].

Весь исследуемый абразионный обрыв черноморского побережья можно отнести к местности – крупной морфологической части ландшафта, характе-

ризующейся особым вариантом сочетания основных урочищ. Ведущими признаками обособления местностей служат рельеф или характер его расчленения.

Далее по характеру видимого залегания геологических слоев выделяются урочища. Урочище – сопряженная система подурочищ, объединяемых общей направленностью физико-географических процессов и приуроченных к одной мезоформе рельефа на однородном субстрате. В районе исследования наблюдаются горизонтальное, субвертикальное и наклонное залегания геологических слоев.

Слои могут иметь простирание параллельно береговой линии, перпендикулярно береговой линии и угловое простирание (под углом к береговой линии) (рис. 2). Падение геологических слоев дает возможность выделить сильно наклонные ($60\text{--}90^\circ$), средненаклонные ($45\text{--}60^\circ$) и слабонаклонные ($10\text{--}45^\circ$) слои.

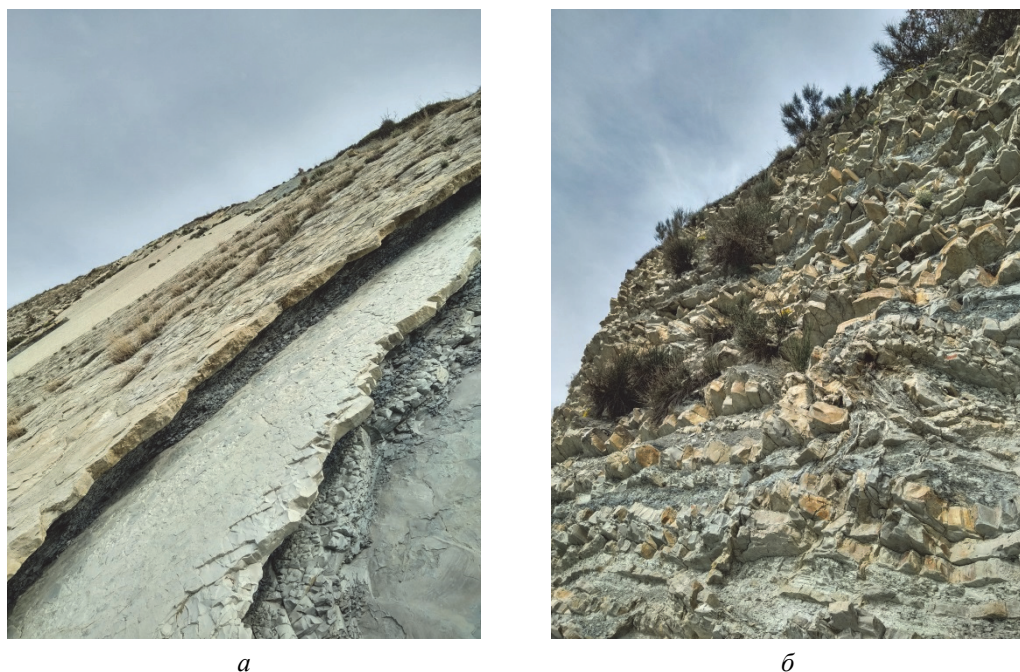


Рис. 2. Угловое (а) и параллельное (б) простирание слоев
[Figure 2. Angled (a) and parallel (b) strike of layers]

Помимо простирания геологических слоев, можно отметить характер их обнажения у береговой линии моря: моноклиальный клон – склон, сложенный на поверхности одним геологическим слоем (мергель); торцевое вскрытие слоев – геологические слои выходят к береговой линии самой узкой своей частью; полуторцевое вскрытие слоев – слои выходят к береговой линии самой узкой частью не перпендикулярно, а немного отклонены.

Смена характера простирания и обнажения слоев говорит о смене урочища.

Подурочища выделялись в районе исследования по величине крутизны склона (см. таблицу). Подурочище характеризуется положением на одном элементе мезоформы рельефа, сходством в отношении поступления солнечного тепла и света, одинаковым отношением мощностей наносов, однотипным режимом почвенно-грунтового увлажнения, сочетанием биоценозов [7].

Подурочища являются основными элементами ландшафтного картирования обрыва массива Туапхат. Часто та или иная крутизна склона обусловлена осыпными, обвальными и оползневыми процессами.

Таблица

Ландшафтная структура обрыва
[Table. Cliff landscape structure]

Урочище	Подурочище	Стрии	Растительные сообщества
Со средненаклонным залеганием слоев мергеля и аргилита	Склон крутизной 70° с (полурцовым) вскрыванием слоев	Поверхностные травянистые стрии по аргилитовым породам	Единичные травянистые (подушечные) сообщества (фации)
		Фронтальные травянистые стрии по аргилитовым породам	Единичные травянистые (подушечные) сообщества (фации)
	Склон крутизной 45° с оползневым шлейфом	Не выражены	Сосновое редколесье злаково-разнотравное (п.п. 15 %)
	Склон крутизной 30–50° с оползневым шлейфом	Не выражены	Переходная растительность от водораздельной к склоновой (гребенщик, скумпия, дуб, граб, можжевельник)
	Моноклиальный склон крутизной 70° с абразионными нишами в нижней части	Кустарниковая стрия по горизонтальному разлому	Единичные кустарниковые и травянистые сообщества (фации) (п.п. 3 %)
	Коллювиально-осыпные конусы выноса крутизной 30–60° с мелкообломочным материалом	Не выражены	Кустарниковая злаково-разнотравные (сурепка, мытник и т. д.)
	Более стабильный в процессах, выветрелый с полурцовым вскрыванием слоев, крутизной 50–70°	Травянистые многочисленные стрии по трещинам	Горно-луговые сообщества с подростом граба (орешник)
	Оползневой шлейфовый склон крутизной 40–50°	Отсутствуют	Единичные травянистые сообщества (фации) (п.п. 5 %)
	Склон крутизной 70° с (полурцовым) вскрыванием слоев	Сосновые травянистые	Переходная растительность от водораздельной к склоновой (гребенщик, скумпия, дуб, граб, можжевельник)

Также в ландшафтной структуре обрыва массива Туапхат четко выделяются стрии. Стрия располагается в виде более или менее четко выраженных полос, обусловленных структурно-литологической зональностью [7]. В данном контексте стрии точно определяются произрастанием растительности по трещинам в геологическом слое. Стоит выделить поверхностные (по основной поверхности слоя) и торцевые (расположенные на торце) стрии. Трещины также различаются. Это могут быть трещины выветривания, тектонические, контактные трещины, литологические жилы (иные породы) и т. д.

В ходе исследований при составлении геоботанических описаний учитывалось не только проективное покрытие для сообщества в целом, но и отдельно: для стрий и пространств между ними. Если для скал проективное покрытие, как правило, составляло 0-5(15) %, то для стрий оно могло достигать 40-60 % и более.

Наиболее мелкие ландшафтные выделы на обрыве – ландшафтная фация. Это предельная категория геосистемной иерархии, характеризующаяся

полной однородностью; элементарная морфологическая единица. Фации обычно территориально совпадают с нано- и микроформами рельефа.

В результате работы сделаны следующие выводы об особенностях ландшафтов обрывов:

– ландшафты отличаются постоянной молодостью и динамичностью в связи с активными экзогенными процессами;

– на наблюдаемых комплексах мало отражается засоленность путем переноса морской влаги на склон: в ходе полевых исследований галофиты обнаружены не были. Петрофиты, виды-космополиты и рудеральные обладают большой экологической амплитудой, что позволяет им легко переносить засоление в зоне заплеска. Характерная для берегов и обрывов сосна пицундская по мере удаления от побережья замещается лесами из дуба пушистого, который для береговых клифов не характерен. Необходимы дальнейшие исследования для выявления закономерности изменений видового состава сообществ в зависимости от высоты над уровнем моря и экспозиции;

– для большей части исследуемых комплексов характерна концентрация растений по стриям, на мелкодисперсном щебне алевролита или аргиллита, а не на мергелях и песчаниках. Этот субстрат более удобен для проникновения корней растений. Кроме того, по нему часто наблюдаются выходы грунтовых вод, которые обеспечивают влагой растения;

– происходит постоянный транзит растений прибрежной части обрывов вниз по склону за счет обвально-осыпных процессов. Благодаря оползанию в нижней части склона или на промежуточных стриях-террасах можно обнаружить совершенно нехарактерные для береговых обрывов виды растений;

– помимо транзита отмечаются абсолютно не характерные виды растений (лещина и др.), которые могут здесь оказаться случайно, благодаря переносу семян волнами, ветром, птицами или человеком;

– характер растительности может говорить о тех или иных экзогенных процессах, которые происходили в этом месте, их скорости и возрасте. Для проведения корреляции между типами растительных сообществ и экзогенными процессами нужны дополнительные исследования, а также учет субстрата, крутизны, высоты и экспозиции склонов;

– с одной стороны, растительность появляется на более рыхлом субстрате, с другой – корни древесной растительности удерживают от разрушения торцевые части геологических слоев и этим способствуют сохранению сосновых массивов на обрывах.

Заключение

В ландшафтной структуре береговых обрывов массива Туапхат можно выделить урочища по характеру видимого залегания геологических слоев; подурочища по величине крутизны склона; стрии, которые характеризуются более обильным произрастанием растительности по трещинам в геологическом слое; фации, обычно территориально совпадающие с нано- и микроформами рельефа.

Характерные особенности ландшафтов береговых обрывов массива Туапхат:

- постоянная молодость и динамичность в связи с экзогенными процессами;
- отсутствие галофитов, но преобладание солевыхосливых видов с широкой экологической амплитудой: петрофитов, космополитов и рудеральных;
- распределение растительности стриями на мелкодисперсном щебне алевролита или аргиллита. Этот субстрат более удобен для проникновения корней растений и часто по нему наблюдаются выходы грунтовых вод, которые обеспечивают влагой растения;
- постоянный транзит растений прирвочной части обрывов вниз по склону за счет обвально-осыпных процессов;
- наличие абсолютно не характерных видов растений, которые могут здесь оказаться случайно, благодаря переносу семян волнами, ветром, птицами или человеком;
- корни древесной растительности удерживают от разрушения торцевые части геологических слоев и этим способствуют сохранению сосновых массивов на обрывах.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-05-00716).

Список литературы

- [1] Алейникова А.М., Крыленко В.В., Липка О.Н. Сукцессионные смены растительности гаревых лесов из сосны пицундской на западной оконечности Черноморского побережья Кавказа // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2012. № 3. С. 26–31.
- [2] Гвоздецкий Н.А. Физическая география Кавказа. М.: Изд-во МГУ, 1954. 208 с.
- [3] Голуб В.Б. и др. Растительные сообщества на каменистых обнажениях северо-западной части Черноморского побережья Кавказа // Растительность России. 2009. № 14. С. 3–14.
- [4] Гречушкина Н.А. Сообщества с доминированием *Rhus coriaria* на береговых обрывах северо-западного побережья Кавказа // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2008. Т. 10. № 2. С. 400–406.
- [5] Едигарян А.А. Структура флоры приморских ландшафтов абразионных берегов Крымского полуострова // Бюллетень Никитского ботанического сада. 2008. Вып. 96. С. 5–8.
- [6] Зенкович В.П. Берега Черного и Азовского морей. М.: Географгиз, 1958. 374 с.
- [7] Исаченко А.Г. Ландшафты СССР. Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. 320 с.
- [8] Корженевский В.В. Растительность клифа Азовского побережья Крыма // Бюллетень Никитского ботанического сада. Ялта, 1987. Вып. 62. С. 5–10.
- [9] Корженевский В.В., Ключин А.А. Растительность абразионных и аккумулятивных форм рельефа морских побережий Крыма / Гос. Никитск. ботан. сад. Ялта, 1990. 109 с.
- [10] Липка О.Н. Ботаническое разнообразие и современное состояние растительности хребта Маркотх (Северо-Западный Кавказ): дис. ... канд. геогр. наук. М., 2006.
- [11] Ciccarelli D., Picciarelli P., Bedini G., Sorce C. Mediterranean Sea cliff plants: morphological and physiological responses to environmental conditions // Journal of Plant Ecology. 2016, April. Vol. 9. Issue 2. Pp. 153–164. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtv042>
- [12] Malloch A.J.C. Vegetation of the maritime cliff-tops of the lizard and land's end peninsulas, West Cornwall // New Phytologist. 1971, November. Vol. 70. Issue 6. Pp. 1155–1197.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 20.10.2019

Дата принятия к печати: 10.12.2019

Для цитирования:

Алейникова А.М., Липка О.Н., Крыленко М.В. Ландшафтная структура береговых обрывов Черноморского побережья Кавказа // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 4. С. 298–306. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-298-306>

Сведения об авторах:

Алейникова Анна Михайловна – кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии, Российский университет дружбы народов. E-mail: aleinikova-am@rudn.ru

Липка Оксана Николаевна – кандидат географических наук, старший администратор, Всемирный фонд природы (WWF России). IстинаResearcherID (IRID): 3443650. E-mail: olipka@wwf.ru

Крыленко Марина Владимировна – кандидат географических наук, Институт океанологии РАН имени П.П. Ширшова, Южное отделение. eLIBRARY SPIN-код: 4376-3410, AuthorID: 62600, IстинаResearcherID (IRID): 150734487, Scopus Author ID: 7801545144.

Research article

Landscape structure of coastal cliffs of the Black Sea coast of the Caucasus

Anna M. Aleynikova¹, Oksana N. Lipka², Marina V. Krylenko³

¹Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
8 Podolskoye Highway, bldg. 5, Moscow, 113093, Russian Federation

²World Wide Fund for Nature (WWF Russia)
19 Nikoloyamskaya St, bldg. 3, Moscow, 109240, Russian Federation
P.P. Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Southern Branch
1G Prostornaya St, Gelendzhik, 353467, Russian Federation

Abstract. This work is devoted to the analysis of the landscape structure of the coastal cliffs of the Black Sea coast of the Caucasus. The paper analyzes the features of vegetation growth and the landscape structure of the cliffs of the Tuaphat massif, proposes and substantiates the classification of landscapes of coastal cliffs, reveals the features of coastal landscapes. In the landscape structure of the coastal cliffs of the Tuaphat massif, natural boundaries can be distinguished by: the nature of the apparent occurrence of geological layers; substates by the steepness of the slope; striae, which are characterized by more abundant growth of vegetation along cracks in the geological layer; facies usually coincide geographically with nano- and microforms of the relief and are usually represented by one type of vegetation (for example, a pillow rock form). The distribution of vegetation by striae on fine crushed stone of siltstone or mudstone, the absence of halophytes, but the predominance of salt-tolerant plant species with a wide ecological amplitude (petrophytes, cosmopolitans and ruderal) are typical.

Keywords: landscape structure, vegetation, coastal cliff, array Tuaphat

Acknowledgments. The work was carried out with the financial support of the RFBR (project no. 19 05 00716).

References

- [1] Aleinikova AM, Krylenko VV, Lipka ON. Succession changes in the vegetation of cindery forests from Pitsunda pine on the western tip of the Black Sea coast of the Caucasus. *Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and Life Safety*. 2012;(3):26–31.
- [2] Gvozdetsky N. *Physical geography of the Caucasus*. Moscow: Publishing House of Moscow State University; 1954.
- [3] Golub VB et al. Plant communities on stony outcrops of the northwestern part of the Black Sea coast of the Caucasus. *Vegetation of Russia*. 2009;(14):3–14.
- [4] Grechushkina NA. Communities dominated by *Rhus coriaria* on the coastal cliffs of the northwest coast of the Caucasus. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2008;10(2):400–406.
- [5] Edigaryan AA. Flora structure of coastal landscapes of the abrasive coast of the Crimean peninsula. *Bulletin of the Nikitsky Botanical Garden*. 2008;(96):5–8.
- [6] Zenkovich VP. *Shores of the Black and Azov Seas*. Moscow: Geografiz Publ.; 1958.
- [7] Isachenko AG. *Landscapes of the USSR*. Leningrad: Publishing House of Leningrad State University; 1985.
- [8] Korzhenevsky VV. Vegetation of the cliff of the Azov coast of Crimea. *Bulletin of Nikitsky Botanical Garden*. 1987;62:5–10.
- [9] Korzhenevsky VV, Klyukin AA. *Vegetation of abrasive and accumulative landforms of the Crimean sea coasts*. Yalta; 1990.
- [10] Lipka ON. *Botanical diversity and the current state of vegetation on the Markotkh Range (Northwest Caucasus)* (the dissertation for the degree of Candidate of Geographical sciences). Moscow; 2006.
- [11] Ciccarelli D, Picciarelli P, Bedini G, Sorce C. Mediterranean Sea cliff plants: morphological and physiological responses to environmental conditions. *Journal of Plant Ecology*. 2016;9(2):153–164. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtv042>
- [12] Malloch AJC. Vegetation of the maritime cliff-tops of the lizard and land's end peninsulas, West Cornwall. *New Phytologist*. 1971;70(6):1155–1197.

Article history:

Received: 20.10.2019

Revised: 10.12.2019

For citation:

Aleynikova AM, Lipka ON, Krylenko MV. Landscape structure of coastal cliffs of the Black Sea coast of the Caucasus. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019; 27(4):298–306. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-298-306>

Bio notes:

Anna M. Aleynikova – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geocology, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: aleinikova-am@rudn.ru

Oksana N. Lipka – PhD, senior administrator, World Wide Fund for Nature (WWF Russia). IstinaResearcherID (IRID): 3443650. E-mail: olipka@wwf.ru

Marina V. Krylenko – Candidate of Geographical Sciences, Institute of Oceanology of the RAS named after P.P. Shirshova, Southern Branch. eLIBRARY SPIN-code: 4376-3410, AuthorID: 62600, IstinaResearcherID (IRID): 150734487, Scopus Author ID: 7801545144.



DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-4-307-324
УДК 58.01/.07

Научная статья

Влияние абиотических факторов на растения *Tilia cordata* Juss., произрастающие на территории кампуса РУДН

Р.Х. Мамаджанов¹, А.П. Хаустов¹, М.М. Редина¹, М.У. Умаров²

¹Российский университет дружбы народов

Российская Федерация, 113093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5

²Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова РАН

Российская Федерация, 364051, Чеченская Республика,

Грозный, Старопромысловское шоссе, 21

Аннотация. В работе выявлены основные абиотические факторы, оказывающие воздействие на компоненты антропогенной экосистемы – растения *Tilia cordata* Juss., произрастающие на территории кампуса Российского университета дружбы народов (РУДН). Определены морфологические параметры и индексы асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на трех исследуемых площадках кампуса. По показателям асимметрии листьев у растений *Tilia cordata* Juss. изучено влияние абиотических факторов воздействия. Выявлены достоверные различия в функциях распределения индексов асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на трех площадках кампуса, расположенных вблизи и за пределами антропогенных объектов – автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая соответственно.

Ключевые слова: экологический мониторинг, окружающая среда, абиотические факторы, экосистема, антропогенное воздействие, биомониторинг, флуктуирующая асимметрия, зеленые растения

Введение

Одними из наиболее чувствительных к антропогенному воздействию организмов являются зеленые растения, поскольку именно они выполняют важнейшие функции для поддержания любой экосистемы: обеспечивают газообмен с окружающей средой и являются главными поставщиками первичной биологической продукции [1–4].

Идеи о влиянии абиотических факторов на рост и развитие зеленых растений высказывались еще много тысячелетий назад. Например, в трудах древнегреческого ученого Теофраста (371–286 гг. до н. э.) имеются сведения о влиянии климатических факторов на рост и развитие растений. В древних писаниях – Зендавесте (VII–VI в. до н. э.), Библии (I в. н. э.), Махабхарате



(VI–II в. до н. э.) – описываются фенологические особенности растений в весенний период, в частности указывается период цветения и плодоношения по мере увеличения температуры на земной поверхности [5].

По мере становления и развития современного человеческого общества внимание к изучению влияния абиотических факторов на живые организмы только усилилось.

В период средневековья Альберт Великий (XIII в.) высказал идею о том, что изменение морфологических параметров растений напрямую зависит от климатических факторов, а именно от количества солнечной радиации, поступающей на земную поверхность [5].

В эпоху индустриализации выдающиеся ученые В.В. Докучаев (1846–1903), К.А. Тимирязев (1843–1920), В.И. Вернадский (1863–1945) и другие, подчеркнув важность изучения воздействия на живой организм не только конкретного фактора, но также совокупности внешних (антропогенных) и внутренних (межвидовых, межпопуляционных) факторов, открыли абсолютно новый, системный, подход в изучении живых систем [5].

Антропогенные факторы, относящиеся к абиотическим факторам воздействия, в настоящее время по масштабам и ущербу приобрели глобальный характер [6]. Последствия от их воздействия проявляются на всех уровнях организации живых систем и могут обнаруживаться в любой точке земного шара. Все это делает их одной из проблем для жизни и функционирования любой экосистемы [7; 8].

В нашем исследовании мы изучили влияние абиотических (в том числе и антропогенных) факторов воздействия на растения *Tilia cordata* Juss., произрастающие в пределах антропогенной экосистемы – кампуса Российского университета дружбы народов (РУДН).

Материалы и методы

Объектом исследования являются листья растений липы мелколистной (*Tilia cordata* Juss.), произрастающей на территории антропогенной экосистемы – кампуса РУДН.

Выбор объекта исследования обусловлен в первую очередь численностью и характером распределения вида, а также его использованием в качестве деревообразующей породы при озеленении дорог, промышленных зон, улиц, садов, парков.

Исследования (полевые, лабораторные и кабинетные) проводили в летне-осенний период с 2017 по 2019 г. Схема проведения исследований представлена на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что полевые наблюдения состояли из ботанических и экологических исследований. Ботанические, в свою очередь, включали выделение пробных площадок, описание исследуемых растений, сбор их листьев на трех пробных площадках.

Первая пробная площадка расположена в лесопарковой зоне кампуса, на расстоянии более 300 м от автомобильной дороги Ленинского проспекта и 100 м от автомобильной дороги улицы Миклухо-Маклая – единственных антропогенных объектов, прилегающих к территории кампуса; вторая проб-

ная площадка – в непосредственной близости (50 м) от автомобильной дороги улицы Миклухо-Маклая; третья – в пределах 50 м от автомобильной дороги Ленинского проспекта (рис. 2).

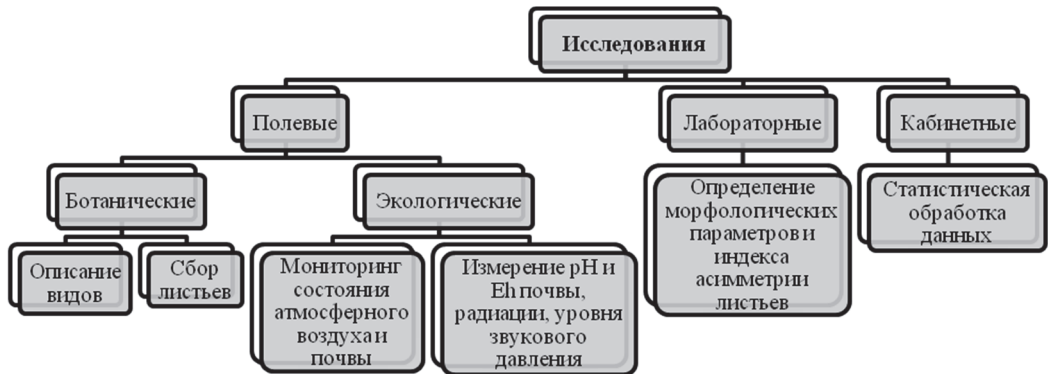


Рис. 1. Схема проведения исследований на территории антропогенной экосистемы – кампуса РУДН [Figure 1. Research scheme on the territory of the anthropogenic ecosystem – the RUDN University campus]

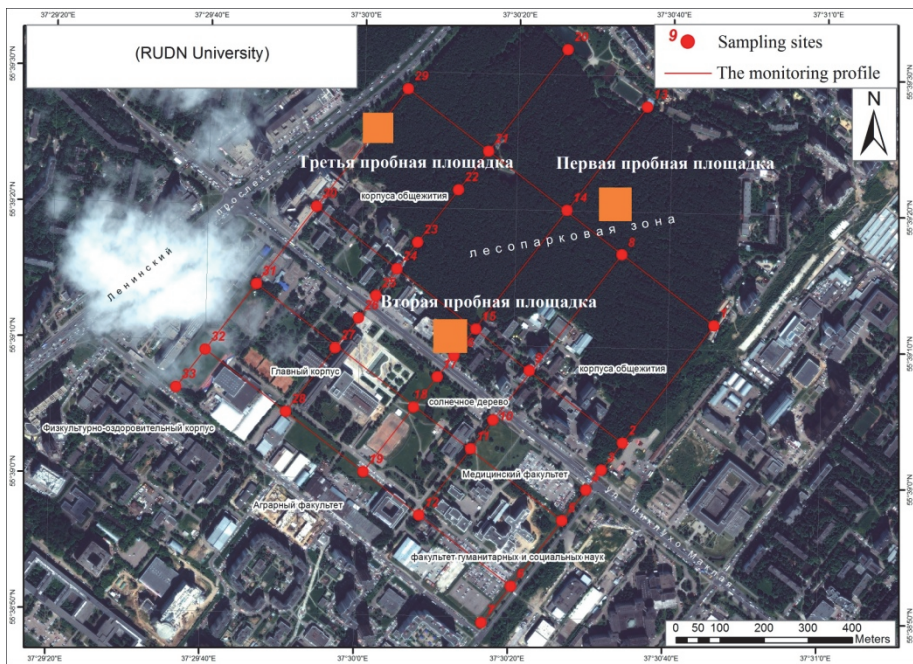


Рис. 2. Карта-схема отбора проб листьев растений и проведения замеров исследуемых параметров на территории антропогенной экосистемы – кампуса РУДН (масштаб 1 см : 400 м): --- маршрут проведения экологического мониторинга, • – точки отбора проб для проведения экологических исследований, ■ – площадки отбора проб для проведения ботанических исследований [Figure 2. Sampling sites in the RUDN University campus (scale 1 cm : 400 m): --- the boundary of the environmental monitoring in the RUDN University campus; • – sampling sites of the environmental monitoring in the RUDN University campus; ■ – sampling sites for the bioindication by plant]

При выборе площадок учитывали географическое расположение, расстояние до антропогенных объектов, почвенные и климатические условия.

При описании видов деревьев руководствовались определителем Ю.В. Рычина и С.С. Станкова [9]. Так, на первой площадке выделили три дерева *Tilia cordata* Juss., на второй – два, на третьей – четыре.

Сбор листьев проводили на трех пробных площадках по методу А.С. Боголюбова и Н.С. Лазаревой [10], согласно которому на каждом дереве собирали по 10 листьев с разных сторон света и частей кроны. В общей сложности было собрано 90 листьев *Tilia cordata* Juss.

Экологические исследования включали:

– мониторинг состояния окружающей среды на содержание оксида углерода (CO), диоксида азота (NO₂), сероводорода (H₂S), сажи в атмосферном воздухе и в поверхностном слое почвы;

– определение кислотности (pH) и окислительно-восстановительного потенциала (Eh) почв, уровня звукового давления и радиации.

Мониторинг состояния атмосферного воздуха и почвы проводили согласно методикам [11] и [12] соответственно. Замеры pH и Eh – согласно общим положениям [13]. Уровень радиации определяли по показателю мощности эквивалентной дозы (МЭД, мкЗв/ч) – по методу [14], уровень звукового давления в трех диапазонах «звук», «ультразвук» и «инфразвук» – по методу, изложенному в работе А.П. Хаустова и М.М. Рединой [15].

Карта-схема точек отбора проб представлена на рис. 2. В каждой точке проводили по три замера по каждому из исследуемых параметров. В общей сложности было проведено 1386 замеров.

Из морфологических параметров листьев *Tilia cordata* Juss. учитывались длина (см), ширина (см) и площадь листовой пластинки (см²), длины первой и второй жилок слева и справа (см), расстояние от верхушки листа до конца четвертой жилки слева и справа (см), длины правой и левой сторон листа от главной жилки (см), ширины левой и правой половинок листа от главной жилки (см), расстояния между концами 1-ой и 2-ой жилок слева и справа (см), угол между главной и второй жилкой слева и справа (°). Измерения проводили при помощи линейки и штангенциркуля по методике [16; 17].

Индексы асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. рассчитывали по семи морфологическим параметрам: длина первой и второй жилок ($As_{1,2}$), расстояние от верхушки листа до конца четвертой жилки (As_3), длины сторон листа от главной жилки (As_4), ширина листа (As_5), расстояние между концами 1-ой и 2-ой жилок (As_6), угол между второй и главной жилками (As_7) по формуле (1) [16].

$$As_{1,2,3...7} = \frac{(x - y)}{(x + y)}, \quad (1)$$

где x – морфологический параметр слева; y – морфологический параметр справа (x – the morphological parameter of leaf in the left side; y – the morphological parameter of leaf in the right side).

После этого, вычисляли суммарный индекс асимметрии (2):

$$As_{total} = \frac{\sum As_{1,2,3...7}}{N}, \quad (2)$$

где N – общее количество индексов асимметрии (N – the total numbers of the asymmetry indexes of leaves).

Статистическая обработка данных включала применение методов кластерного и однофакторного дисперсионного анализа, сравнение выборок с помощью непараметрических критериев согласия Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка [18].

С целью выделения однородных и неоднородных участков опробования в отдельные кластеры по влиянию абиотических факторов воздействия, а именно по климатическим параметрам (температура и влажность атмосферного воздуха и почвы) и антропогенным факторам (содержание загрязняющих веществ, уровень звукового давления и радиация, рН и Eh в почве), использовали кластерный анализ по методу Варда [18]. Так, объединение кластеров происходило по наименьшему значению квадратов расстояний (SS) между отдельными переменными, входящими в состав кластера, и средним значением для этого кластера.

Непараметрические критерии согласия Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка [18; 19] использовали для описания функций распределения индексов асимметрии листьев на каждой из пробных площадок. Так, по уровню асимптотической значимости (p) определяли характер распределения функций (при $p > 0,05$ распределение функции считалось нормальным, нулевая гипотеза не отвергалась).

При проведении однофакторного дисперсионного анализа [18] использовали Post Hoc тест (при разных степенях свободы k) для выявления достоверных отличий в функциях распределения индексов асимметрии на трех площадках. При уровне значимости $p > 0,05$ функции распределения индексов асимметрии на исследуемых площадках достоверно не отличались друг от друга.

Однофакторный дисперсионный анализ использовали для выявления абиотических факторов воздействия – исследуемых параметров, на результативный признак – индекс асимметрии листьев зеленых растений. Так, по каждому из факторов сперва рассчитывали фактические значения F_{ϕ} (критерия Фишера), затем полученные данные сравнивали с теоретическими значениями (F_{st}) [18]. При неравенстве $F_{\phi} > F_{st}$ и уровне значимости $p = 0,5$ исследуемый абиотический фактор среды оказывал достоверное влияние на индекс асимметрии, и, наоборот, при $F_{\phi} < F_{st}$ и $p = 0,5$ влияние отсутствовало.

Результаты и их обсуждение

Результаты кластерного анализа абиотических факторов воздействия на компоненты антропогенной экосистемы – кампуса РУДН приведены на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что наполняемость кластеров различна в зависимости от факторов воздействия. Так, по каждому из факторов можно выделить от четырех (уровень радиации, влажность почвы, загрязняющие вещества и температура почвы и атмосферного воздуха) до пяти (влажность атмосферного воздуха, уровень звукового давления) кластеров. По рН и Eh в почве выделено три кластера.

Разное число кластеров можно объяснить значительным разбросом значений относительно среднего по каждому из рассматриваемых факторов воздействия.

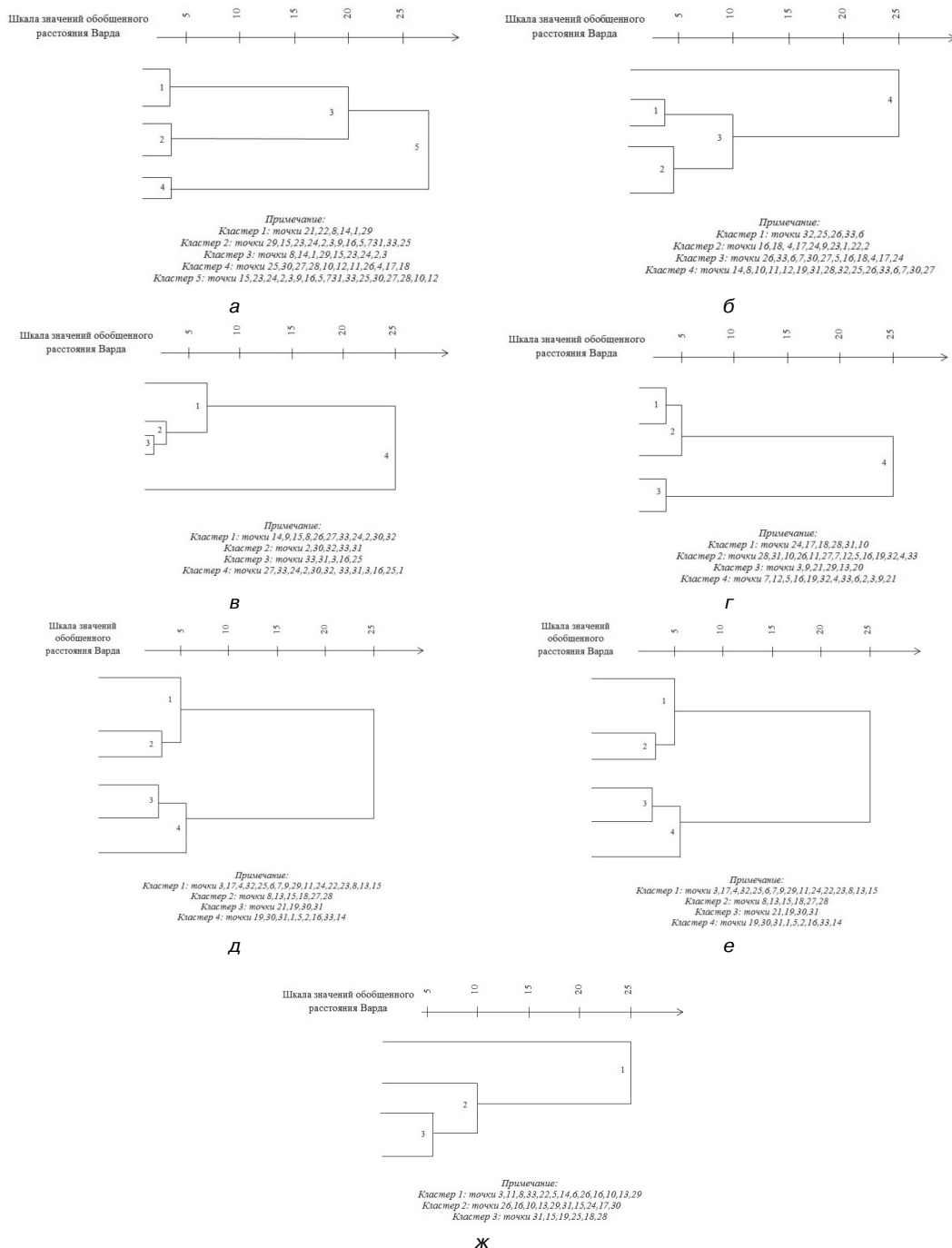


Рис. 3. Дендрограммы объединения точек опробования по исследуемым показателям на территории кампуса РУДН:

- а – дендрограмма объединения точек опробования по показателю «влажность атмосферного воздуха»;
 - б – дендрограмма объединения точек опробования по показателю «влажность почвы»;
 - в – дендрограмма объединения точек опробования по показателю «загрязняющие вещества»;
 - г – дендрограмма объединения точек опробования по показателю «температура»;
 - д – дендрограмма объединения точек опробования по показателю «уровень звукового давления»;
 - е – дендрограмма объединения точек опробования по показателю «уровень радиация»;
 - ж – дендрограмма объединения точек по показателю «рН и Eh»
- [Figure 3.** Dendrograms of spreading the abiotic components in the RUDN University campus:
 а – dendrogram of combining sampling points by the indicator “atmospheric humidity”; б – dendrogram of combining sampling points by the indicator “soil moisture”; в – dendrogram of the association of sampling points in terms of “pollutants”; г – dendrogram of the union of sampling points by the indicator “temperature”; д – dendrogram combining the sampling points in terms of “sound pressure level”; е – dendrogram of the association of sampling points on the indicator “radiation level”;
 ж – dendrogram of combining sampling points by the indicator “pH and Eh”]

Необходимо отметить, что наполняемость кластеров по содержанию загрязняющих веществ, температуре в атмосферном воздухе и почве практически не отличалась, поскольку значения квадратов расстояний между отдельными переменными (SS), входящих в состав кластеров, и средним значением для этих кластеров были схожими. Следовательно, мы посчитали нужным объединить каждый из рассматриваемых факторов для атмосферного воздуха и почвы в одну общую дендрограмму (рис. 1, в, г).

Из рис. 3 также видно, что наполняемость кластеров (по точкам опробования, входящим в состав кластеров) в зависимости от факторов воздействия существенно различалась. Такие различия, а следовательно, и неоднородность участков опробования можно объяснить, во-первых, сложностью природных процессов, протекающих в антропогенной экосистеме – кампусе РУДН, во-вторых, эмерджентными свойствами [2] абиотических факторов воздействия на окружающую среду кампуса, в-третьих, депонирующей способностью почвы и зеленых растений к загрязняющим веществам, радиации и шумовому воздействию.

Несмотря на это, мы видим (рис. 3), что значения по каждому из факторов воздействия в точках 29–33, располагающихся в 50 м от автомобильной дороги Ленинского проспекта, и в точках 8–14, расположенных более чем в 300 м от автомобильной дороги в лесопарковой зоне кампуса, объединялись в два противоположных кластера на расстоянии $r = 25$. Такое объединение говорит о том, что сумма квадратов расстояний между каждой точкой и средней по кластеру для каждого из показателей существенно отличаются, что приводит к максимальному увеличению целевой функции.

Точки опробования 3, 4, 15, 16, 24, 25 по каждому из факторов поочередно входили в состав отдельного (промежуточного) кластера. Данная область расположена в пределах второй пробной площадки, пролегающей вдоль автомобильной дороги улицы Миклухо-Маклая на расстоянии более 300 м от Ленинского проспекта. Такую область можно назвать промежуточной зоной, или зоной рассеяния, через которую выделившиеся загрязняющие вещества рассеиваются на большие расстояния.

Необходимо отметить, что в точках 29–33 зафиксированы максимальные значения содержания загрязняющих веществ, уровня звукового давления и радиации, в то время как в точках 8–14 наблюдалась обратная картина. Следовательно, характер и функции распределения в этих точках могут существенно различаться.

Таким образом, точки опробования 29–33 располагаются в пределах третьей пробной площадки, в непосредственной близости от автомобильной дороги Ленинского проспекта, которая, в свою очередь, является основным источником антропогенного воздействия на территорию кампуса РУДН. Точки 8–14 расположены в пределах первой пробной площадки, на расстоянии более 300 м, в лесопарковой зоне кампуса.

С учетом вышесказанного в дальнейшем при анализе структурных элементов (листьев зеленых растений) антропогенной экосистемы – кампуса РУДН необходим целостный подход, позволяющий учесть максимальное число абиотических факторов воздействия.

Поскольку одним из чувствительных компонентов к изменению состояния экосистемы являются зеленые растения, целесообразно определить их морфометрические параметры и оценить жизненное состояние на каждой из пробных площадок.

Одним из основных показателей при оценке жизненного состояния зеленых растений является индекс асимметрии листовой пластинки [20; 21].

Используя непараметрические критерии согласия Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка, охарактеризуем функции распределения индекса асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на трех пробных площадках кампуса РУДН (табл. 1).

Таблица 1

Распределение функций по показателям асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на трех исследуемых площадках кампуса РУДН
 [Table 1. The asymmetry index function distribution of the *Tilia cordata* Juss. in the three sampling sites in the RUDN University campus]

Уровень значимости по критерию Колмогорова – Смирнова (p) [The Kolmogorov – Smirnov test – p -value]			
Асимметрия [Asymmetry index]	Площадка [Sampling sites]		
	1	2	3
Первая жилка	0,200	0,200	0,200
Вторая жилка	0,105	0,200	0,002
Вершина листа	0,200	0,200	0,200
Длина листа	0,030	0,111	0,200
Ширина листа	0,004	0,200	0,092
Концы жилок	0,200	0,200	0,200
Углы	0,028	0,106	0,001
Суммарная	0,200	0,200	0,170
Уровень значимости по критерию Шапиро – Уилка (p) [The Shapiro – Wilk test – p -value]			
Асимметрия [Asymmetry index]	Площадка [Sampling sites]		
	1	2	3
Первая жилка	0,593	0,264	0,208
Вторая жилка	0,120	0,773	0,000
Вершина листа	0,795	0,969	0,993
Длина листа	0,019	0,140	0,285
Ширина листа	0,013	0,571	0,005
Концы жилок	0,954	0,997	0,457
Углы	0,026	0,158	0,004
Суммарная	0,877	0,954	0,118

Примечание: распределение функции считается нормальным и нулевая гипотеза не отвергается при уровне значимости $p > 0,05$ (по критериям Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка), где p – асимптотическая значимость.

Note: the distribution of the function is considered normal and the null hypothesis is not rejected at a significance level $p > 0.05$ (according to the Kolmogorov – Smirnov and Shapiro – Wilk criteria), where p -value is the asymptotic significance.

Из табл. 1 видно, что на трех площадках нормальному распределению, по критериям Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка, соответствуют функции асимметрии (первой жилки, вершины листа, концов жилок), а также суммарный индекс асимметрии листьев (при $p > 0,05$). На первой и второй площадках закону нормального распределения также подчиняются функции распределения асимметрии второй жилки.

Распределение функций асимметрии на третьей площадке по показателям асимметрии второй жилки и угла между главной и второй жилками существенно отличается и не удовлетворяет критерию нормальности (при $p < 0,05$).

При помощи однофакторного дисперсионного анализа определим достоверные различия в функциях распределения индексов асимметрии на первой, второй и третьей площадках (табл. 2).

Таблица 2

Достоверность различий показателей асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на исследуемых площадках кампуса РУДН
 [Table 2. Differences between means of the asymmetry indexes of leaves *Tilia cordata* Juss. in the RUDN campus]

Площадка [Sampling sites]	Асимметрия первой жилки [The asymmetry of the first vein of leaf]		
1	0,000	0,002	0,005
2	0,002	0,000	0,733
3	0,005	0,733	0,000
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия второй жилки [The asymmetry of the second vein of leaf]		
1	0,000	0,001	0,002
2	0,001	0,000	0,001
3	0,002	0,001	0,000
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия вершины листа [The asymmetry of the end of leaf]		
1	0,000	0,723	0,001
2	0,723	0,000	0,01
3	0,001	0,01	0,000
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия длины листа [The asymmetry of the length of leaf]		
1	0,000	0,698	0,003
2	0,698	0,000	0,005
3	0,003	0,005	0,000
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия ширины листа [The asymmetry of the width of leaf]		
1	0,000	0,002	0,872
2	0,002	0,000	0,569
3	0,872	0,569	0,000
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия концов жилок [The asymmetry of the end of the first and the second vein of leaf]		
1	0,000	0,005	0,001
2	0,005	0,000	0,020
3	0,001	0,020	0,000
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия углов [The asymmetry of the angles of leaf]		
1	0,000	0,001	0,000
2	0,001	0,000	0,078
3	0,000	0,078	0,000
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия суммарная [The total asymmetry index]		
1	0,000	0,092	0,001
2	0,092	0,000	0,003
3	0,001	0,003	0,000

Примечание: при уровне значимости $p > 0,05$ функции распределения в выборках достоверно не отличаются друг от друга.

Note: if the p -value $> 0,05$, the differences between each of these parameters are not significant.

При сравнении разных площадок между собой выявляются достоверные различия между ними по следующим показателям (табл. 2):

– первая и вторая площадки – по функции асимметрии первой и второй жилок, ширины листа, концов жилок, асимметрии угла между главной и второй жилками ($p < 0,05$);

– первая и третья площадки – по асимметрии первой и второй жилок, вершины листа, длины листа, концов жилок и угла между главной и второй жилками, а также по функции суммарного индекса асимметрии ($p < 0,05$);

– вторая и третья площадки – по асимметрии второй жилки, вершины листа, длины листа, концов жилок и по суммарному индексу асимметрии ($p < 0,05$).

Также необходимо отметить, что по средним и максимальным значениям показатели асимметрии листьев (*Tilia cordata* Juss.) на первой, второй и третьей площадках существенно отличались.

Так, асимметрия первой и второй жилок слева и справа (X_{\max} и $X_{\text{ср}}$) на третьей площадке была больше, чем на первой и второй, расположенных на расстоянии более 300 м от автомобильной дороги Ленинского проспекта; аналогичная ситуация наблюдалась и при расчете асимметрии угла между главной и второй жилками.

Таким образом, изменение в функциях распределения индексов асимметрии в сторону больших значений на третьей площадке может быть связано с негативным воздействием автомобильной дороги Ленинского проспекта, пролегающей в непосредственной близости от нее.

С помощью F -критерия Фишера оценим силу влияния фактора X (исследуемый абиотический фактор воздействия) на результативный признак Y (индекс асимметрии листьев) (табл. 3).

Таблица 3

Влияние абиотического фактора воздействия (F_{a}) на показатели асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на трех исследуемых площадках кампуса РУДН
 [Table 3. The influence of the anthropogenic parameters on the asymmetry indexes of *Tilia cordata* Juss. in the RUDN campus]

Признак (Y)	Фактор (X)				
	Лето 2017	Осень 2017	Лето 2018	Осень 2018	Лето 2019
Содержание CO в атмосферном воздухе (при $p = 0,05$)					
Первая жилка	4,850	1198	1,650	1,330	41,10
Вторая жилка	3,220	12,06	0,460	0,340	0,960
Вершина листа	0,740	6,750	0,560	0,450	0,960
Длина листа	1317	7357	0,100	1200	493,9
Ширина листа	21,13	69,04	0,440	3,900	13,42
Концы жилок	155,5	13,49	0,510	202,5	148,2
Углы	3175	2300	0,120	76,75	368,5
Суммарная	1,660	0,560	1,640	0,440	6,380
Содержание CO в почве (при $p = 0,05$)					
Первая жилка	1,450	0,330	1,740	0,620	1,990
Вторая жилка	0,600	32,71	8,530	18,31	12,74
Вершина листа	0,900	0,380	0,380	1,130	1507
Длина листа	24,90	159,0	94,68	2366	1,950
Ширина листа	2,090	4259	0,230	4,940	0,660
Концы жилок	0,440	350,4	23,96	65,45	0,100
Углы	24,38	101,9	55,88	290,6	2,260
Суммарная	0,570	1,120	1,140	1,580	8,030

Продолжение табл. 3

Признак (Y)	Фактор (X)				
	Лето 2017	Осень 2017	Лето 2018	Осень 2018	Лето 2019
Содержание NO ₂ в атмосферном воздухе (при $p = 0,05$)					
Первая жилка	40,38	0,400	4,790	0,360	61,12
Вторая жилка	0,660	674,4	0,270	4,970	0,720
Вершина листа	7,010	4,850	0,430	8,860	5,510
Длина листа	166,9	594,7	474,4	424,5	13,38
Ширина листа	3,070	9,680	3,310	59,95	0,380
Концы жилок	192,2	445,8	422,8	3,620	0,120
Углы	625,7	310,2	533,8	34,19	13,60
Суммарная	0,270	1,360	0,490	0,930	0,300
Содержание NO ₂ в почве (при $p = 0,05$)					
Первая жилка	2,040	1197,2	1,440	2,890	10,81
Вторая жилка	0,100	240,3	5,120	30,17	813,1
Вершина листа	4,960	1,200	0,380	0,400	21,02
Длина листа	5484,4	95,04	137,9	796,7	7,640
Ширина листа	164,5	2,510	0,240	4,750	0,700
Концы жилок	309,9	292,4	20,83	391,5	0,160
Углы	740,4	179,6	54,45	804,1	9,880
Суммарная	2,950	0,510	2,060	2,370	1,830
Содержание H ₂ S в атмосфере (при $p = 0,05$)					
Первая жилка	10,81	4,280	0,720	1,550	0,840
Вторая жилка	813,1	1,390	0,470	2,330	2,440
Вершина листа	21,02	0,360	0,180	0,690	0,360
Длина листа	7,650	151,0	0,180	0,470	30,98
Ширина листа	0,710	0,360	0,210	0,210	0,230
Концы жилок	0,160	5,340	0,720	0,490	0,430
Углы	9,890	58,42	0,230	0,500	24,91
Суммарная	1,830	1,093	0,960	0,510	0,980
Содержание H ₂ S в почве (при $p = 0,05$)					
Первая жилка	1,760	3,510	0,840	2,750	3,970
Вторая жилка	0,180	19,52	0,620	0,270	10,58
Вершина листа	0,200	17,21	4,260	0,120	0,880
Длина листа	0,150	3,920	0,420	330,1	0,150
Ширина листа	0,400	1,500	0,710	1,370	3,300
Концы жилок	1,230	0,190	1,150	175,05	0,430
Углы	0,170	4,100	0,420	13,99	0,150
Суммарная	0,740	0,990	1,590	4,780	25,31
Содержание сажи в атмосфере (при $p = 0,05$)					
Первая жилка	0,670	0,620	2,700	1,710	3,400
Вторая жилка	1,240	1,500	1,030	0,270	0,560
Вершина листа	0,570	2,500	1,350	0,120	0,680
Длина листа	0,420	0,210	17,40	0,150	0,170
Ширина листа	1,150	1,900	0,510	0,250	1,030
Концы жилок	1,130	0,210	1,010	8,510	13,57
Углы	0,440	0,210	17,44	0,170	0,180
Суммарная	1,060	0,910	0,960	0,900	0,580

Признак (Y)	Фактор (X)				
	Лето 2017	Осень 2017	Лето 2018	Осень 2018	Лето 2019
Содержание сажи в почве (при $p = 0,05$)					
Первая жилка	0,930	0,510	688,9	320,0	150,7
Вторая жилка	0,420	0,970	111,3	0,850	0,240
Вершина листа	1,410	0,790	1,150	0,540	1,230
Длина листа	124,9	0,290	1,740	10,06	1544
Ширина листа	5,190	0,730	0,570	0,330	231,1
Концы жилок	1,870	0,310	0,110	0,130	795,0
Углы	53,62	0,230	2,180	9,910	1867
Суммарная	0,490	0,940	12,78	0,770	4,930

Примечание: при $X_{\text{Солетоатм}2017}$ $F_{st} = 3,35$; при $X_{\text{Соосеньатм}2017}$ $F_{st} = 4,20$; при $X_{\text{Солетоатм}2018}$ $F_{st} = 2,62$; при $X_{\text{Соосеньатм}2018}$ $F_{st} = 2,98$; при $X_{\text{Солетоатм}2019}$ $F_{st} = 3,35$.

При $X_{\text{Солетопочва}2017}$ $F_{st} = 2,98$; при $X_{\text{Соосеньпочва}2017}$ $F_{st} = 4,20$; при $X_{\text{Солетопочва}2018}$ $F_{st} = 2,98$; при $X_{\text{Соосеньпочва}2018}$ $F_{st} = 3,35$; при $X_{\text{Солетопочва}2019}$ $F_{st} = 4,20$.

При $X_{\text{NO}_2\text{летоатм}2017}$ $F_{st} = 4,20$; при $X_{\text{NO}_2\text{осеньатм}2017}$ $F_{st} = 4,20$; при $X_{\text{NO}_2\text{летоатм}2018}$ $F_{st} = 2,98$; при $X_{\text{NO}_2\text{осеньатм}2018}$ $F_{st} = 4,20$; при $X_{\text{NO}_2\text{летоатм}2019}$ $F_{st} = 4,20$.

При $X_{\text{NO}_2\text{летопочва}2017}$ $F_{st} = 4,20$; при $X_{\text{NO}_2\text{осеньпочва}2017}$ $F_{st} = 4,20$; при $X_{\text{NO}_2\text{летопочва}2018}$ $F_{st} = 2,98$; при $X_{\text{NO}_2\text{осеньпочва}2018}$ $F_{st} = 3,35$; при $X_{\text{NO}_2\text{летопочва}2019}$ $F_{st} = 4,20$.

При $X_{\text{H}_2\text{Слетоатм}2017}$ $F_{st} = 4,20$; при $X_{\text{H}_2\text{Сосеньатм}2017}$ $F_{st} = 2,62$; при $X_{\text{H}_2\text{Слетоатм}2018}$ $F_{st} = 2,38$; при $X_{\text{H}_2\text{Сосеньатм}2018}$ $F_{st} = 2,38$; при $X_{\text{H}_2\text{Слетоатм}2019}$ $F_{st} = 2,62$.

При $X_{\text{H}_2\text{Слетопочва}2017}$ $F_{st} = 2,94$; при $X_{\text{H}_2\text{Сосеньпочва}2017}$ $F_{st} = 3,35$; при $X_{\text{H}_2\text{Слетопочва}2018}$ $F_{st} = 2,62$; при $X_{\text{H}_2\text{Сосеньпочва}2018}$ $F_{st} = 4,20$; при $X_{\text{H}_2\text{Слетопочва}2019}$ $F_{st} = 3,35$.

При $X_{\text{сажалетоатм}2017}$ $F_{st} = 2,39$; при $X_{\text{сажаосеньатм}2017}$ $F_{st} = 2,38$; при $X_{\text{сажалетоатм}2018}$ $F_{st} = 2,42$; при $X_{\text{сажаосеньатм}2018}$ $F_{st} = 2,76$; при $X_{\text{сажалетоатм}2019}$ $F_{st} = 2,76$.

При $X_{\text{сажалетопочва}2017}$ $F_{st} = 2,38$; при $X_{\text{сажаосеньпочва}2017}$ $F_{st} = 2,42$; при $X_{\text{сажалетопочва}2018}$ $F_{st} = 4,20$; при $X_{\text{сажаосеньпочва}2018}$ $F_{st} = 4,20$; при $X_{\text{сажалетопочва}2019}$ $F_{st} = 4,20$.

Из табл. 3 видно, что в период с 2017 по 2019 г. среди факторов (X – содержание загрязняющих веществ) достоверное влияние на результативный признак (Y – индекс асимметрии листьев) оказывают: оксид углерода (CO), диоксид азота (NO₂), сероводород (H₂S), сажа в атмосферном воздухе и поверхностном слое почвы (при $F_{\phi} > F_{st}$ и $p = 0,5$). В то время как по остальным факторам (уровень звукового давления, радиация, рН и Eh почвы, температура и влажность атмосферного воздуха и почвы) значимого влияния на распределение индексов асимметрии листьев зафиксировано не было ($F_{\phi} < F_{st}$ при $p = 0,5$ более чем в 80 % случаев).

Из табл. 3 также видно, что максимальное воздействие концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и поверхностном слое почвы на индекс асимметрии листьев отмечено летом 2017 и 2019 гг. ($F_{\phi} > F_{st}$ при $p = 0,5$) – более чем в 25 случаях из 64; осенью 2017–2018 гг. ($F_{\phi} > F_{st}$ при $p = 0,5$) – менее чем в 15 случаях.

Следует отметить, что в период с 2017 по 2019 г. наибольшее влияние ($F_{\phi} > F_{st}$ при $p = 0,05$) на распределение индексов асимметрии листьев оказывают концентрации CO и NO₂. По этим веществам отмечено достоверное влияние более чем на три индекса вне зависимости от времени года.

В то время как концентрации сероводорода (H₂S) и сажи в зависимости от сезона года оказывают воздействие избирательно (при $F_{\phi} > F_{st}$ при $p = 0,5$), преимущественно на асимметрию первой и второй жилок, длины листа, углов между главной и второй жилками и на суммарный индекс асимметрии.

В зависимости от времени года (лето или осень) наибольшее влияние распределения концентраций CO и NO₂ испытывают индексы асимметрии длины листа и угла между главной и второй жилками (при $F_{\phi} > F_{st}$ и $p = 0,5$). Такие значения были отмечены в четырех из пяти случаев при распределении искомых концентраций в атмосферном воздухе и в пяти случаях – при распределении в почве. При распределении H₂S и сажи достоверное влияние (при $F_{\phi} > F_{st}$ и $p = 0,5$) испытывали такие признаки, как асимметрия первой и второй жилок.

Заключение и практические рекомендации

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Влияние абиотических факторов воздействия в пределах антропогенной экосистемы – кампуса РУДН проявляется на третьей пробной площадке. Это подтверждается результатами кластерного анализа, согласно которым точки 29–33, расположенные в пределах третьей пробной площадки, в 50 м от автомобильной дороги Ленинского проспекта, по влиянию абиотических факторов (содержание загрязняющих веществ, влажность, температура, уровень радиации и звукового давления, кислотность рН и окислительно-восстановительный потенциал Eh в почве) чаще всего входили в состав одного кластера, объединяясь между собой на расстоянии $r \approx 5$.

Точки 8–14, расположенные в пределах первой пробной площадки, на расстоянии более 300 м от автомобильной дороги Ленинского проспекта, по влиянию абиотических факторов также схожи между собой, поскольку их объединение в один кластер происходило на расстоянии $r \approx 5$.

Отметим, что в этих точках значения по каждому из исследуемых абиотических факторов отличались от значений в точках 29–33, что подтверждается объединением кластеров 29–33 и 8–14 на расстоянии $r = 25$.

Таким образом, третья пробная площадка по праву может считаться антропогенно-измененной, и живые организмы, населяющие ее, несомненно будут испытывать воздействие абиотических факторов. В свою очередь, первая площадка характеризуется как относительно чистая и благоприятная для жизнедеятельности растений и животных.

Точки 3, 4, 15, 16, 24, 25, расположенные в пределах второй пробной площадки, в 50 м от автомобильной дороги улицы Миклухо-Маклая и 300 м от Ленинского проспекта, по каждому из факторов поочередно входили в состав отдельного (промежуточного) кластера. Такое объединение позволяет считать эту область промежуточной, или зоной рассеяния абиотических факторов воздействия.

Изучение функций распределения асимметрии листьев растений *Tilia cordata* Juss. на трех пробных площадках, размещенных в пределах антропогенной экосистемы – кампуса РУДН, показало, что распределение функций асимметрии на третьей площадке по показателям асимметрии второй жилки и угла между главной и второй жилками существенно отличается и не удовлетворяет критерию нормальности (при $p < 0,05$). Следовательно, такие показатели могут наиболее точно отражать влияние абиотических факторов.

При исследовании влияния абиотических факторов на индексы асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на трех пробных площадках выявлено, что достоверное влияние на индексы асимметрии листьев оказывают концентрации оксида углерода (CO), диоксида азота (NO₂), сероводорода (H₂S), сажи в атмосферном воздухе и поверхностном слое почвы (при $F_{\phi} > F_{st}$ и $p = 0,5$). Повышенные концентрации перечисленных загрязняющих веществ были отмечены преимущественно в летний период 2017–2019 гг.

Также следует отметить, что в период с 2017 по 2019 г. наибольшее влияние на распределение индексов асимметрии листьев оказывают концентрации CO и NO₂ ($F_{\phi} > F_{st}$ при $p = 0,05$). По этим веществам отмечено достоверное влияние более чем на три индекса вне зависимости от сезона года. В то время как концентрации сероводорода (H₂S) и сажи в зависимости от сезона года оказывают воздействие избирательно (при $F_{\phi} > F_{st}$ при $p = 0,5$), в основном на асимметрию первой и второй жилок, длины листа, углов между главной и второй жилками, а также на суммарный индекс асимметрии.

В зависимости от времени года (лето или осень) наибольшее влияние распределения концентраций CO и NO₂ испытывают индексы асимметрии длины листа и угла между главной и второй жилками (при $F_{\phi} > F_{st}$ и $p = 0,5$).

В процессе дальнейших исследований рекомендуется:

- вычислить и сравнить исследуемые абиотические факторы воздействия, индексы асимметрии листьев на разных участках: загрязненных и размещенных в благоприятных экологических условиях (выявить фоновые участки);
- проводить непрерывный ежеквартальный мониторинг содержания CO и NO₂ в атмосферном воздухе и поверхностном слое почвы территории антропогенной экосистемы – кампуса РУДН;
- вычислить и сравнить с полученными данными индексы асимметрии листьев у других видов растений, произрастающих в пределах антропогенной экосистемы – кампуса РУДН;
- дополнить перечень исследуемых загрязняющих веществ такими соединениями, как метан (CH₄), озон (O₃), бензапирен (C₂₀H₁₂) и другими органическими веществами, изучение которых позволяет максимально точно вычислить углеродный след и количественно оценить вклад автотранспорта в загрязнение окружающей среды как основного источника загрязнения антропогенной экосистемы – кампуса РУДН.

Список литературы

- [1] *Тимирязев К.А.* Жизнь растения / под ред. Л.М. Берцинской. М.: Юрайт, 2018. 249 с.
- [2] *Одум Ю., Одум Г.* Основы экологии. М.: Мир, 1975. 741 с.
- [3] *Никольский А.А.* Великие идеи великих экологов: история ключевых концепций в экологии. М.: ГЕОС, 2014. 190 с.
- [4] *Умаров М.У., Тайсумов М.А., Астамирова М.А.-М., Гадаева Т.З.* Ассортимент интродуцированных и перспективных деревьев и кустарников г. Грозный. Грозный, 2012. 276 с.
- [5] Краткая история развития экологической науки. URL: <http://msu.ru> (дата обращения: 15.08.2019).
- [6] *Вернадский В.И.* Биосфера. М.: Мысль, 1967. 367 с.

- [7] *Цветкова Л.И., Алексеева М.И.* и др. Экология: учебник для технических вузов / под ред. Л.И. Цветковой. М.: АСВ, 1999. 488 с.
- [8] *Хаустов А.П., Редина М.М.* Экологический мониторинг: учебник для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2016. 489 с.
- [9] *Рычин Ю.В., Станков С.С.* Деревья и кустарники лесов, парков, садов и защитных лесонасаждений средней полосы европейской части СССР: определитель / под ред. проф. С.С. Станкова. М.: Государственное учебно-педагогическое издательство Министерства Просвещения РСФСР, 1950. 188 с.
- [10] *Боголюбов А.С.* Изучение вертикальной структуры леса. URL: <http://karpolya.ru> (дата обращения: 14.08.2019).
- [11] РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (части II, III, приложения к части I): разработан и внесен Государственным комитетом СССР по гидрометеорологии и Министерством здравоохранения СССР. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200037440> (дата обращения: 16.08.2019).
- [12] ГОСТ Р 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: утвержден Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19 декабря 1984 г. № 4731 (дата введения установлена 01.01.86). URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-4-4-02-84> (дата обращения 19.08.2019).
- [13] ГОСТ Р 56062-2014. Производственный экологический контроль. Общие положения: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09 июля 2014 г. № 711-ст. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111620> (дата обращения: 16.08.2019).
- [14] Р. 52.18.863-2017. Методика определения радиационного фона по данным мониторинга радиационной обстановки: разработана Федеральным государственным бюджетным учреждением «Научно-производственное объединение «Тайфун» (ФГБУ «НПО «Тайфун») и утверждена Руководителем Росгидромета 29 мая 2017 г. URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/P%2052.18.863-2017.pdf> (дата обращения 15.08.2019).
- [15] *Хаустов А.П., Редина М.М.* Нормирование антропогенных воздействий и оценки природоёмкости территорий. М.: РУДН, 2008. 282 с.
- [16] *Мамаджанов Р.Х.* Оценка жизненного состояния древесных растений по индексу асимметрии листьев на территории кампуса // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 335–345.
- [17] *Криволицкий Д.А.* Биоиндикация и биомониторинг. М.: Наука, 1991. 288 с.
- [18] *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
- [19] *Розенберг Г.С.* Введение в теоретическую экологию. Тольятти: Кассандра, 2013. Т. 1. 585 с.
- [20] *Гиляров М.С.* О функциональном значении симметрии организмов // Зоологический журнал. 1944. Т. 23. № 5. С. 213–215.
- [21] *Мамаджанов Р.Х., Латушкина Е.Н.* Проектирование фитоценозов на закрытых полигонах твердых бытовых отходов: монография. М.: УЦ Перспектива, 2016. 192 с.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 25.11.2019

Дата принятия к печати: 08.12.2019

Для цитирования:

Мамаджанов Р.Х., Хаустов А.П., Редина М.М., Умаров М.У. Влияние абиотических факторов на растения *Tilia cordata* Juss., произрастающие на территории кампуса РУДН // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и

безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 4. С. 307–324. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-307-324>

Сведения об авторах:

Мамаджанов Роман Хасанович – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры прикладной экологии, Российский университет дружбы народов. E-mail: mamadzhanov-rkh@rudn.ru

Хаустов Александр Петрович – заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры прикладной экологии, Российский университет дружбы народов. eLIBRARY SPIN-код: 7358-5798, AuthorID: 65823, IstinaresearcherID (IRID): 11610477, ResearcherID: G-4029-2014, Scopus Author ID: 15837185200, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5338-3960>. E-mail: khaustov-ap@rudn.ru

Редина Маргарита Михайловна – доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой прикладной экологии, Российский университет дружбы народов. IstinaresearcherID (IRID): 425375, Scopus Author ID: 36640654900, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3169-0142>. E-mail: redina-mm@rudn.ru

Умаров Мухади Умарович – доктор биологических наук, профессор, академик Академии наук Чеченской Республики, заведующий отделом биологии и экологии, Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова РАН.

Research article

The influence of the abiotic factors on the *Tilia cordata* Juss., growing on the RUDN University campus

Roman Kh. Mamadzhanov¹, Alexander P. Khaustov¹,
Margarita M. Redina¹, Muhadi U. Umarov²

¹Peoples Friendship University of Russia (RUDN University)

8 Podolskoe Highway, bldg. 5, Moscow, 113093, Russian Federation

²Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences

12 Staropromyslovskoe Highway, Grozny, 364051, Chechen Republic, Russian Federation

Abstract. The article presents the main abiotic factors, which influence could be affect the ecosystems components – plant community (*Tilia cordata* Juss.) growing in the RUDN University campus. The abiotic factors which as wet, temperature, the concentration of the CO₂, NO₂, H₂S and soot in the atmosphere and the topsoil, sounds value, radiation in the environment, the pH and Eh in the topsoil have been measured. The morphological parameters and the asymmetry indexes of leaves of the *Tilia cordata* Juss. have been revealed. Based on these data set the influences of the main abiotic factors has been identified. The distribution of the asymmetry indexes of leaves of *Tilia cordata* Juss. growing near Miklykho-Maklaya Street and Leninskii Prospekt Highway and far away from here has been described.

Keywords: ecosystem, environment, plant community, environmental monitoring, campus, pollution, abiotic factors, asymmetry index of leaves

References

- [1] Timiryazev KA. *Plant Life*. Moscow: Yurayt Publ.; 2018.
- [2] Odum E, Odum G. *Fundamentals of ecology*. Moscow: Mir Publ.; 1975.
- [3] Nikolsky AA. *The great ideas of great ecologists: history of the key concepts in ecology*. Moscow: GEOS Publ.; 2014.
- [4] Umarov MU, Taisumov MA, Astamirova MA-M, Gadaeva TZ. *The list of the introduced and perspective trees and bushes of the Grozny*. Grozny; 2012.
- [5] *The history of the environmental science*. Available from: <http://msu.ru> (accessed: 15.08.2019).
- [6] Vernadsky VI. *The Biosphere*. Moscow: Mysl Publ.; 1967.
- [7] Tsvetkova LI, Alekseev MI et al. *Ecology: textbook for technical universities*. Moscow: DIA Publ.; 1999.
- [8] Khaustov AP, Redina MM. *Environmental monitoring: textbook for bachelors*. Moscow: Yurayt Publ.; 2016.
- [9] Rychin YuV., Stankov SS. *Trees and shrubs of forests, parks, gardens and protective forest plantations in the middle zone of the USSR*. Moscow: State educational and pedagogical publishing house of the Ministry of Education of the RSFSR; 1950.
- [10] Bogolyubov AS. *The vertical structure of the forest*. Available from: <http://karpolya.ru> (accessed: 14.08.2019).
- [11] RD 52.04.186-89. *Manual on control of air pollution (parts II, III, annexes to part I)*: developed and submitted by the USSR State Committee on Hydrometeorology and the Ministry of Health of the USSR. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200037440> (accessed: 16.08.2019).
- [12] GOST R 17.4.4.02-84. *Nature protection. Soils. The methods of the selection and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis*: approved by the Resolution of the state Committee of the USSR on standards of December 19, 1984 No. 4731 (date of introduction is established 01.01.86). Available from: <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-4-4-02-84> (accessed: 19.08.2019).
- [13] GOST R 56062-2014. *Industrial environmental control. General provisions*: approved and put into effect by the Order of Federal Agency for the technical regulation and metrology of July 09, 2014 No. 711-art. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200111620> (accessed: 16.08.2019).
- [14] P. 52.18. 863 – 2017. *Methodology for determining the radiation background according to radiation monitoring*: developed by the Federal state budgetary institution «Typhoon», and approved by the Head of Russian hydrometeorological institute. URL.: <http://www.meteorf.ru/> (date of accessed 15.08.2019).
- [15] Khaustov AP, Redina MM. *The monitoring of the anthropogenic impacts on the environment and assessment of the natural capacity of the territories*. Moscow: RUDN University Publ.; 2008.
- [16] Mamadzhanov RH. Plants life assessment by the indexes of the asymmetry of leaves on the RUDN campus. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3):335–345.
- [17] Krivolutsky DA. *Bioindication and biomonitoring*. Moscow: Nauka Publ.; 1991.
- [18] *Lakin GF*. Biometrics. Moscow: Vysshaya shkola Publ.; 1990.
- [19] Rosenberg GS. *Introduction to the theoretical ecology* (vol. 1). Togliatti: Cassandra Publ.; 2013.
- [20] Gilyarov MS. The significantly differences of the symmetry of the organisms. *Zoologicheskii zhurnal*. 1944;23(5):213–215.
- [21] Mamadzhanov RH, Latushkina EN. *The design of the phytocenoses on the closed MSW landfills*: Monograph. Moscow: UTS Perspektiva Publ.; 2016.

Article history:

Received: 25.11.2019

Revised: 08.12.2019

For citation:

Mamadzhanov RKh, Khaustov AP, Redina MM, Umarov MU. The influence of the abiotic factors on the *Tilia cordata* Juss., growing on the RUDN University campus. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(4):307–324. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-307-324>

Bio notes:

Roman Kh. Mamadzhanov – Candidate of Biological Sciences, senior lecturer of the Department of Applied Ecology, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: mamadzhanov-rkh@rudn.ru

Alexander P. Khaustov – Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Applied Ecology, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). eLIBRARY SPIN-code: 7358-5798, AuthorID: 65823, IstinaresearcherID (IRID): 11610477, ResearcherID: G-4029-2014, Scopus Author ID: 15837185200, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5338-3960>. E-mail: khaustov-ap@rudn.ru

Margarita M. Redina – Doctor of Economics Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Applied Ecology, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). IstinaresearcherID (IRID): 425375, Scopus Author ID: 36640654900, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3169-0142>. E-mail: redina-mm@rudn.ru

Muhadi U. Umarov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Academy of Sciences of the Chechen Republic, Head of the Department of Biology and Ecology, Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences.



DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-4-325-336
УДК 502.51(282.247.41):504.5:665.6

Научная статья

Оценка влияния различных факторов на площадь нефтяных пятен в районе Средней Волги

Н.И. Волкова, В.С. Наумов, А.Е. Пластинин, В.Н. Захаров

Волжский государственный университет водного транспорта
Российская Федерация, 603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Аннотация. В работе проведена оценка влияния различных факторов на площадь нефтяного загрязнения для решения задач прогнозирования при разливах нефтепродуктов с судов на внутренних водных путях (на примере района Средней Волги). В качестве факторов рассматривались скорость течения, температура воздуха, температура воды, объем и тип разлитого нефтепродукта, высота волны, извилистость берега, скорость и направление ветра, тип берега, ширина реки. Разработан дробный двухуровневый факторный план Бокса и Хантера для тестирования значимости исследуемых факторов. Выполнено математическое моделирование группы сценариев разливов нефти в районе Средней Волги. Установлено, что наибольшее влияние на площадь нефтяного пятна оказывает объем разлитого нефтепродукта, высота волны и извилистость берега. Исходя из полученных результатов предложен порядок ранжирования факторов на четыре группы по степени влияния на площадь пятна в зависимости от установленной величины эффекта: чрезвычайно значимые, особо значимые, высоко значимые и умеренно значимые. Результаты исследований применены при разработке более 30 объектовых планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти организаций, осуществляющих транспортировку и перегрузку нефти, бункеровку судов топливом в районе Средней Волги, а также плана по предупреждению и ликвидации разливов нефти в Волжском бассейне внутренних водных путей.

Ключевые слова: площадь нефтяного пятна, разлив нефти, оценка влияния, факторы, Средняя Волга

Введение

При разработке мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти на водных объектах ключевое значение имеет прогнозирование площадей нефтяного загрязнения при различных, в том числе неблагоприятных, гидрометеорологических условиях, способствующих максимально возможному распространению разлива нефти, что является одним из основных требований как в России, так и за рубежом [1; 2].

Оценки площадей нефтяного загрязнения необходимы для построения и дальнейшего анализа карт чрезвычайных ситуаций, оценки вреда основным

© Волкова Н.И., Наумов В.С., Пластинин А.Е., Захаров В.Н., 2019



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

компонентам природной среды, расчета типа и количества боновых заграждений и способа их постановки, схем применения нефтесборных устройств, оценки поражающих факторов при пожарах разлития нефти на водной поверхности [3; 4].

Площадь нефтяного загрязнения определяется в результате совместного моделирования сложных физических процессов: растекания, эмульгирования, диспергирования, испарения, взаимодействия с берегом, ветром и течением. При этом первые два процесса способствуют увеличению площади пятна, последующие два процесса приводят к уменьшению площади и имеют в научной литературе устойчивое название – процессы выветривания. Взаимодействие с берегом, ветром и течением может приводить как к увеличению площади нефтяного загрязнения, так и к уменьшению в зависимости от конкретных условий (факторов), которые определяют характер протекания всех вышеперечисленных процессов [5; 6].

На площадь нефтяного пятна влияет целый ряд факторов, которые можно разделить на три группы – географические, гидрометеорологические и характеристики нефтепродукта. К географическим факторам относят характеристики водного объекта – ширину, извилистость, тип грунта берега и др. Указанные характеристики можно считать неизменными (квазиконстантами) для конкретных потенциальных источников разлива нефти и гидрологического режима водного объекта – межени, паводка (река), прилива, отлива (море) [7; 8].

Необходимость учета всех перечисленных факторов, обработки большого количества информации и создания баз данных для автоматизации расчетных процедур определяет цель данной работы: оценка значимости влияния различных факторов на площадь нефтяных пятен при прогнозировании чрезвычайных ситуаций на водном транспорте [9; 10].

Материалы и методы

В качестве источников аналитических материалов по исследуемым факторам в работе использовались данные электронных картографических систем и атласов Единой глубоководной системы Российской Федерации [11; 12].

Для определения ширины водного объекта применялась электронная картографическая система *Pisces 2*. В условиях внутренних водных путей принято деление акваторий по этому признаку на три группы: речные участки с шириной преимущественно от 100 до 1000 м; озерно-речные участки с шириной водного объекта от 1000 до 2000 м; озерные участки с шириной более 2000 м [11]. На исследуемом участке реки Волги ширина водного объекта варьируется в диапазоне от 600 до 5000 м.

Извилистость водного объекта характеризуется коэффициентом извилистости, который определяется как отношение длины водного объекта, измеренной по карте, к сумме отрезков прямых, соединяющих начало и конец однообразно ориентированных участков водного объекта. В зависимости от диапазонов изменения этого коэффициента выделяют четыре группы акваторий: очень извилистые (более 1,8); извилистые (1,6–1,8); слабо извилистые (1,2–1,6) и очень слабо извилистые (менее 1,2) [8]. В данной работе рассматривались водные объекты с коэффициентом извилистости более 1,8 и менее 1,2.

Тип берега определяется материалом, из которого состоит береговая черта: ил, песок, галька, бетон и др. На исследуемых участках в местах разлива нефти преимущественным типом берега является песок и бетон (причальные сооружения и берегоукрепления).

Гидрометеорологические факторы – это поля скоростей течений и ветра, температуры воздуха и воды, высота волны. Перечисленные факторы всегда имеют существенный диапазон изменения и могут принимать большое количество значений в зависимости от места дислокации моделируемого источника разлива.

Базы данных по полям скоростей течений, как правило, встроены в состав программно-аппаратных комплексов по моделированию разлива нефти или могут быть импортированы из специальных гидродинамических компьютерных программ. Для исследуемого участка реки Волги поле скоростей течений задавалось с помощью базовых векторов и триангуляции Делоне в системе *Pisces 2*.

Информацию по другим гидрометеорологическим факторам получают по данным мониторинга окружающей среды за репрезентативный период наблюдения (не менее 10 лет), а также из навигационных очерков.

Основными моделируемыми характеристиками нефтепродукта являются плотность, вязкость, масса, а также объем и тип нефтепродукта, значения которых варьируются для каждого потенциального источника разлива.

Прогнозируемые объемы разлива изменяются в широком диапазоне от нескольких тонн (для яхт и маломерного флота) до нескольких десятков тысяч тонн (морские танкеры и нефтедобывающие платформы). В данной работе рассматривались две моды объемов разлива нефти 100 и 1000 т соответственно [1].

Наиболее распространенными типами нефтепродуктов на внутренних водных путях являются дизельное топливо, мазут, сырая нефть, вакуумный газойль. На исследуемом участке преимущественно перевозятся мазут и дизельное топливо.

При моделировании сценариев чрезвычайных ситуаций, связанных с разливами нефти, необходимо учитывать все перечисленные факторы, поэтому возникает задача оценки значимости факторов, влияющих на площадь нефтяного загрязнения, для решения которой наиболее целесообразно использовать метод планирования эксперимента с применением для выбора плана эксперимента и анализа полученных данных в компьютерной программе *STATISTICA 8.0* [7–8].

Результаты и обсуждение

Для исследования разработан дробный двухуровневый факторный план Бокса и Хантера, который обеспечивает тестирование значимости влияния рассматриваемых факторов, зафиксированных на минимальном и максимальном уровнях, на площадь нефтяного пятна [7; 8].

План многофакторного эксперимента представлен в табл. 1 и 2.

Вместо параметра «направление ветра» применялся параметр «сонаправленность векторов скорости течения и ветра», который принимает два значе-

ния: *да* (векторы сонаправлены, ветер способствует распространению нефти) и *нет* (векторы перпендикулярны, ветер направлен к берегу). Два значения также принимает параметр «извилистость русла»: *да* (извилистый) и *нет* (слабо извилистый).

В качестве источников опасности рассматривались четыре потенциальных источника разлива нефти в районе Средней Волги: 886 км; 985,4 км (Нижегородская область); 1304 км; 1313,1 км (республика Татарстан), которые являются очагами аварийности транспортных судов.

Таблица 1

План дробного двухфакторного эксперимента (часть 1)

№	Скорость течения	Скорость ветра, м/с	Сонаправленность векторов скоростей течения и ветра	Высота волны, м	Температура воды, °
1	минимальная	0	да	0	5
2	максимальная	0	да	0	25
3	минимальная	15	да	0	25
4	максимальная	15	да	0	5
5	минимальная	0	нет	0	25
6	максимальная	0	нет	0	5
7	минимальная	15	нет	0	5
8	максимальная	15	нет	0	25
9	минимальная	0	да	1	5
10	максимальная	0	да	1	25
11	минимальная	15	да	1	25
12	максимальная	15	да	1	5
13	минимальная	0	нет	1	25
14	максимальная	0	нет	1	5
15	минимальная	15	нет	1	5
16	максимальная	15	нет	1	25

Table 1

Fractional two-factor experiment plan (part 1)

No.	Current velocity	Wind speed, m/s	Co-directivity of the current and wind velocity vectors	Wave height, m	Water temperature, °
1	minimal	0	yes	0	5
2	maximum	0	yes	0	25
3	minimal	15	yes	0	25
4	maximum	15	yes	0	5
5	minimal	0	no	0	25
6	maximum	0	no	0	5
7	minimal	15	no	0	5
8	maximum	15	no	0	25
9	minimal	0	yes	1	5
10	maximum	0	yes	1	25
11	minimal	15	yes	1	25
12	maximum	15	yes	1	5
13	minimal	0	no	1	25
14	maximum	0	no	1	5
15	minimal	15	no	1	5
16	maximum	15	no	1	25

Таблица 2

План дробного двухфакторного эксперимента (часть 2)

№	Температура воздуха, °	Тип нефтепродукта	Извилистость русла	Ширина реки	Объем разлива, т	Тип берега
1	0	дизтопливо	нет	озерный	1000	бетон
2	0	мазут	да	речной	100	песок
3	30	дизтопливо	да	речной	100	бетон
4	30	мазут	нет	озерный	1000	песок
5	30	мазут	нет	речной	1000	песок
6	30	дизтопливо	да	озерный	100	бетон
7	0	мазут	да	озерный	100	песок
8	0	дизтопливо	нет	речной	1000	бетон
9	30	мазут	да	речной	1000	бетон
10	30	дизтопливо	нет	озерный	100	песок
11	0	мазут	нет	озерный	100	бетон
12	0	дизтопливо	да	речной	1000	песок
13	0	дизтопливо	да	озерный	1000	песок
14	0	мазут	нет	речной	100	бетон
15	30	дизтопливо	нет	речной	100	песок
16	30	мазут	да	озерный	1000	бетон

Table 2

Fractional two-factor experiment plan (part 2)

No.	Air temperature, °	Oil product type	Riverbed tortuosity	River width	Spill volume, t	River bank type
1	0	diesel fuel	no	lake	1000	concrete
2	0	fuel oil	yes	river	100	sand
3	30	diesel fuel	yes	river	100	concrete
4	30	fuel oil	no	lake	1000	sand
5	30	fuel oil	no	river	1000	sand
6	30	diesel fuel	yes	lake	100	concrete
7	0	fuel oil	yes	lake	100	sand
8	0	diesel fuel	no	river	1000	concrete
9	30	fuel oil	yes	river	1000	concrete
10	30	diesel fuel	no	lake	100	sand
11	0	fuel oil	no	lake	100	concrete
12	0	diesel fuel	yes	river	1000	sand
13	0	diesel fuel	yes	lake	1000	sand
14	0	fuel oil	no	river	100	concrete
15	30	diesel fuel	no	river	100	sand
16	30	fuel oil	yes	lake	1000	concrete

Прогнозирование площадей нефтяного загрязнения осуществляется разработчиками планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти с применением специальных компьютерных программ для математического моделирования разливов нефти. Наибольшее распространение в мире получили следующие программно-аппаратные комплексы: OILMAP (RPS, Великобритания), CRISIS (Шип Аналитикс, США), OPC (National Oceanic and Atmospheric Administration, США), Pisces 2 (ЗАО «ТРАНЗАС», Россия) Seatrack Web (Шведский институт метеорологии и гидрологии, Швеция) МРСТ (Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering, Южная Корея), Arctic oil

spill response system (консалтинговая инженерная группа RAMBOL, Дания), OilMARS (Арктический и антарктический НИИ, Россия) [2; 13].

В данной работе моделирование выполнялось в системе Pisces 2. На рис. 1 в качестве примера показана карта чрезвычайной ситуации на четыре часа для 1313,1 км, в табл. 3 приведены результаты моделирования площади нефтяного пятна.

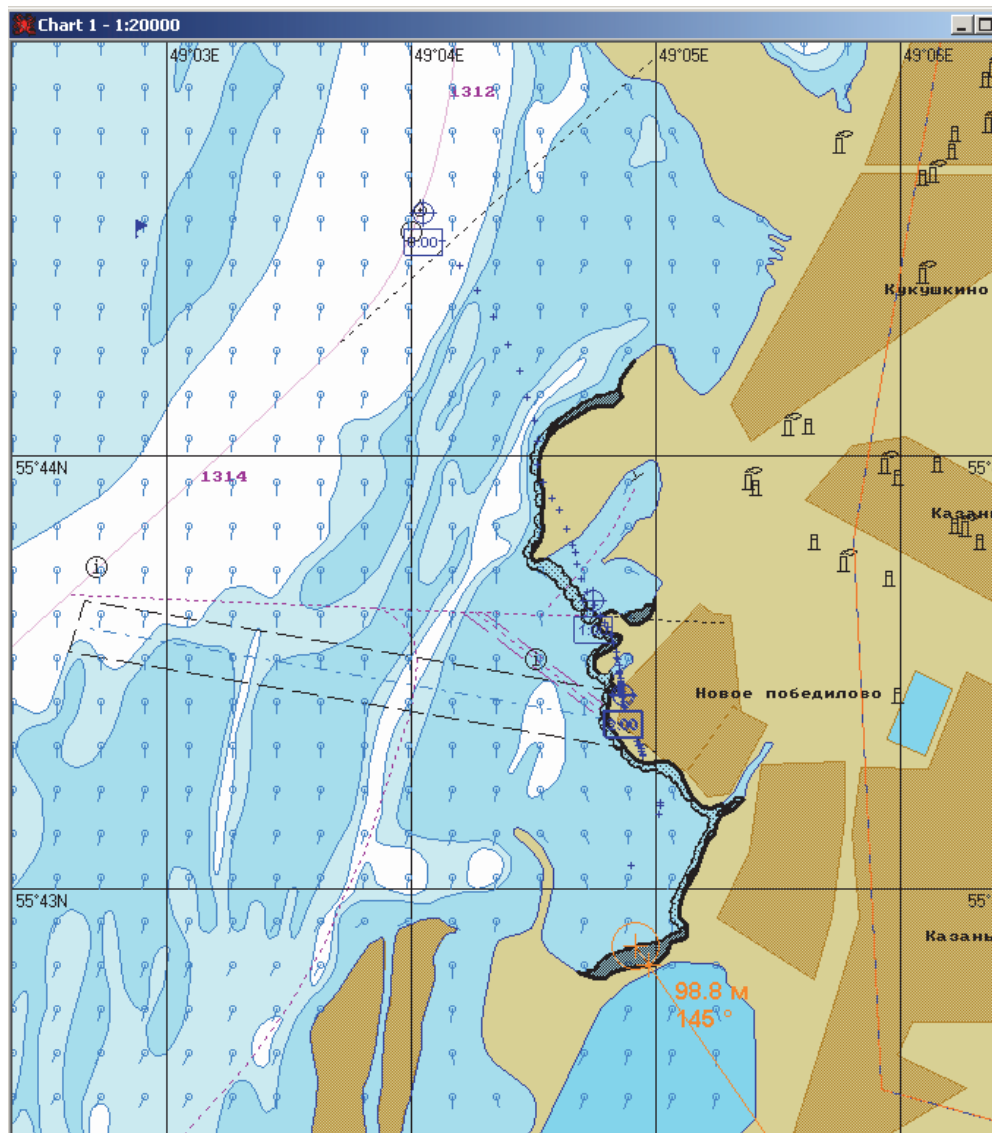


Рис. 1. Карта чрезвычайной ситуации
 [Figure 1. Emergency situation map]

Таблица 3

Результаты моделирования площади нефтяного пятна

№	Площадь, м ²	№	Площадь, м ²	№	Площадь, м ²	№	Площадь, м ²
1	219465	5	192116	9	617203	13	243224
2	2603	6	49188	10	52396	14	38911
3	3093	7	3332	11	73224	15	21818
4	442585	8	112359	12	480953	16	558117

Table 3

Oil patch area simulation results

No.	Area, m ²	No.	Area, m ²	No.	Area, m ²	No.	Area, m ²
1	219465	5	192116	9	617203	13	243224
2	2603	6	49188	10	52396	14	38911
3	3093	7	3332	11	73224	15	21818
4	442585	8	112359	12	480953	16	558117

Оценка влияния факторов в проведенном эксперименте определялась при уровне значимости $p \leq 0,05$ [7; 8].

Анализ результатов моделирования дробного двухуровневого факторного плана Бокса и Хантера представлен в табл. 4.

Таблица 4

Результаты численного эксперимента

Показатель	Стандартная ошибка	t	p	-95,00 %, доверительный интервал	+95,00 %, доверительный интервал	Бета
Свободный член	2373936	-12,0259	0,000274	-35139806	-21957602	-
Скорость течения	7396	6,1458	0,003555	24920	65989	0,109897
Скорость ветра	7396	4,7386	0,009046	14512	55581	0,084734
Направление ветра	7396	-11,3652	0,000342	-104592	-63523	-0,203227
Высота волны	7396	17,9337	0,000057	112104	153173	0,320683
Температура воды	7396	-10,7545	0,000424	-100075	-59006	-0,192307
Температура воздуха	7396	12,8861	0,000209	74771	115840	0,230423
Нефтепродукт	7396	12,6013	0,000228	72665	113734	0,225331
Извилистость русла	7396	13,6026	0,000169	80070	121139	0,243235
Ширина реки	7396	-2,9150	0,043460	-42094	-1025	-0,052125
Объем	7396	-44,3052	0,000002	-348217	-307148	-0,792247
Тип берега	7396	-3,9300	0,017102	-49601	-8532	-0,070275

Table 4

Results of a numerical experiment

Indicator	Standard error	t	p	-95,00%, confidence interval	+95,00%, confidence interval	Beta
Absolute term	2373936	-12,0259	0,000274	-35139806	-21957602	-
Current velocity	7396	6,1458	0,003555	24920	65989	0,109897
Wind speed	7396	4,7386	0,009046	14512	55581	0,084734
Wind direction	7396	-11,3652	0,000342	-104592	-63523	-0,203227
Wave height	7396	17,9337	0,000057	112104	153173	0,320683
Water temperature	7396	-10,7545	0,000424	-100075	-59006	-0,192307
Air temperature	7396	12,8861	0,000209	74771	115840	0,230423
Oil product	7396	12,6013	0,000228	72665	113734	0,225331
Riverbed tortuosity	7396	13,6026	0,000169	80070	121139	0,243235
River width	7396	-2,9150	0,043460	-42094	-1025	-0,052125
Volume	7396	-44,3052	0,000002	-348217	-307148	-0,792247
River bank type	7396	-3,9300	0,017102	-49601	-8532	-0,070275

Для иллюстрации результатов анализа целесообразно применять карту Парето, которая показывает оценки эффектов, отсортированные по своей абсолютной величине [7; 8]. Вертикальная линия, используя критерий статистической значимости, обозначает минимальную величину статистически значимых эффектов при заданной текущей модели (рис. 2).

Как видно из рис. 2, все факторы пересекает критерий статистической значимости. Наибольшее влияние на площадь оказывает объем разлитого нефтепродукта, что соответствует современным представлениям о процессах растекания нефти [2]; на втором месте по влиянию находится высота волны, что объясняется влиянием этого фактора на процессы выветривания и изменения количества нефти на плаву; фактор «извилистость берега» занимает третье место, что обусловлено влиянием этого фактора на процесс загрязнения береговой черты с последующим изменением площади пятна [7].

Выполненное исследование подтверждает высокую чувствительность нефтяной модели и возможность применения программно-аппаратного комплекса *Riscos 2* для выполнения работ по математическому моделированию разливов нефти.

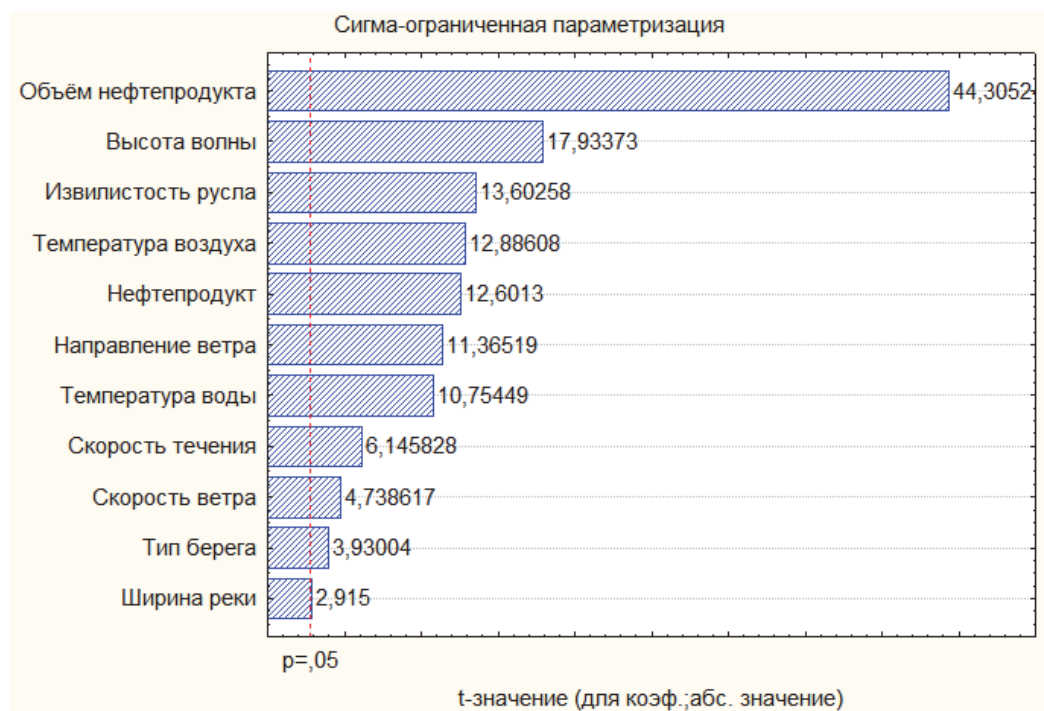


Рис. 2. Карта Парето
[Figure 2. Pareto map]

Исходя из полученных результатов, целесообразно разделить факторы на четыре группы по степени влияния на площадь пятна в зависимости от установленной величины эффекта: чрезвычайно значимые (объем разлитого нефтепродукта), особо значимые (высота волны), высоко значимые (извилистость берега, тип нефтепродукта, направление ветра, температура воды и воздуха) и умеренно значимые (тип берега, скорость течения, скорость ветра и ширина реки).

Заключение

На основании полученных результатов можно сформулировать следующие рекомендации и выводы.

1. Чем выше оценка влияния фактора, тем более жесткие требования необходимо предъявлять к качеству (оценке репрезентативности) баз данных при формировании перечня сценариев чрезвычайных ситуаций и задании исходных данных при прогнозировании разливов нефти.

2. Важной особенностью бассейновых планов является учет всех источников разлива нефти региона, что обеспечивает прогнозирование нескольких объемов разлива нефти на одном участке и фактически нивелирует недостатки объектовых планов, в которых в соответствии с действующим законодательством рассматривается только один максимально возможный объем, имеющий малую частоту практической реализации [14; 15].

Результаты исследований применены при разработке более 30 объектовых планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти организаций, осуществляющих транспортировку и перегрузку нефти, бункеровку судов топливом в районе Средней Волги, а также плана по предупреждению и ликвидации разливов нефти в Волжском бассейне внутренних водных путей.

Список литературы

- [1] *Наумов В.С., Пластинин А.Е., Волкова Н.И., Отделкин Н.С.* Особенности прогнозирования в бассейновых планах по предупреждению и ликвидации разливов нефти // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2018. № 57. С. 41–51.
- [2] *Toz A.C., Huber M.* Performance evaluation of oil spill software systems in early fate and trajectory of oil spill: comparison analysis of OILMAP and PISCES 2 in Mersin bay spill // Environmental monitoring and assessment. 2018. Vol. 190. No. 9. Article number: 551. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6872-3>
- [3] *Решняк В.И.* Опыт организации и использования технических средств для ликвидации аварийных разливов нефти // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2018. Т. 10. № 2. С. 287–299.
- [4] *Ничипорук А.О., Гончарова Н.В.* Анализ требований, предъявляемых к качеству перевозок участниками транспортного процесса // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2012. № 33. С. 154–162.
- [5] *Mizgiriyov D., Kurnikov A., Katraeva I., Moralova E., Mikheeva E.* Using hydrodynamic cavitators for wastewater post-treatment and disinfection // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Ecology, Economics, Education and Legislation. 2017. Pp. 1071–1076.
- [6] *Coppini G., De Dominicis M., Zodiatis G., Lardner R., Pinardi N., Santoleri R., Colella S., Bignami F., Hayes D.R., Soloviev D., Georgiou G., Kallos G.* Hindcast of oil-spill pollution during the Lebanon crisis in the eastern Mediterranean // Marine Pollution Bulletin. 2011. Vol. 62. No. 1. Pp. 140–153.
- [7] *Пластинин А.Е.* Оценка загрязнения при разливе нефти на водную поверхность // Журнал университета водных коммуникаций. 2013. № 18 (2). С. 129–135.
- [8] *Бородин А.Н.* Снижение антропогенного воздействия на внутренние водные пути при авариях судов с разливами нефти: дис. ... канд. техн. наук. Нижний Новгород, 2009. 140 с.

- [9] *Костров В.Н., Ничипорук А.О.* Современные проблемы и направления государственного регулирования на внутреннем водном транспорте // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2012. № 33. С. 123–127.
- [10] *Решняк В.И., Батяев А.В., Решняк К.В.* Разработка системы управления экологической безопасностью судоходства // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2016. № 2 (36). С. 34–41.
- [11] *Наумов В.С., Пластинин А.Е.* Определение вероятных районов разливов нефти в Цимлянском водохранилище // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2017. № 53. С. 75–81.
- [12] *Наумов В.С., Пластинин А.Е., Каленков В.С., Отделкин Н.С.* Моделирование всплытия нефти от подводных источников в ледовых условиях // Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 2–4 (42). С. 87–91.
- [13] *Туркин А.В., Береза И.Г., Туркин В.А.* Использование метода имитационного моделирования при анализе аварийной ситуации «перелив танкера» // Эксплуатация морского транспорта. 2011. № 4. С. 67–70.
- [14] *Pedersen P.T.* Review and application of ship collision and grounding analysis procedures // *Marine Structures*. 2010. Vol. 23. No. 3. Pp. 241–262.
- [15] *Tuovinen J.* Statistical analysis of ship collisions / Helsinki University of Technology, Department of Mechanical Engineering. Espoo, 2005. 82 p.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 12.11.2019

Дата принятия к печати: 08.12.2019

Для цитирования:

Волкова Н.И., Наумов В.С., Пластинин А.Е., Захаров В.Н. Оценка влияния различных факторов на площадь нефтяных пятен в районе Средней Волги // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 4. С. 325–336. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-325-336>

Сведения об авторах:

Волкова Надежда Ивановна – аспирант, Волжский государственный университет водного транспорта. E-mail: volkova@vgavt-nn.ru

Наумов Виктор Степанович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой охраны окружающей среды и производственной безопасности, Волжский государственный университет водного транспорта. eLIBRARY SPIN-код: 8233-4649, eLIBRARY AuthorID: 393288. E-mail: naumov1@vgavt-nn.ru

Пластинин Андрей Евгеньевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры охраны окружающей среды и производственной безопасности, Волжский государственный университет водного транспорта. eLIBRARY SPIN-код: 8832-9459, eLIBRARY AuthorID: 409420, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4244-8703>. E-mail: plastininae@yandex.ru

Захаров Василий Николаевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Волжский государственный университет водного транспорта. eLIBRARY AuthorID: 4226. E-mail: nauka@vgavt-nn.ru

Estimation of various factors impact on the area of oil patches in the Middle Volga region

Nadezhda I. Volkova, Viktor S. Naumov,
Andrey E. Plastinin, Vasily N. Zakharov

Volga State University of Water Transport,
5 Nesterova St, Nizhny Novgorod, 603951, Russian Federation

Abstract. The paper estimates the impact of various factors on the oil pollution area for the purpose of solving the problems concerning forecasting during oil spills from the inland waterways vessels (on the example of the Middle Volga region). The following factors were considered: current velocity, air temperature, water temperature, volume and type of spilled oil product, wave height, river bank tortuosity, wind speed and wind direction, bank type, river width. A fractional two-level factorial plan of Box and Hunter has been developed aiming to test the significance of the studied factors. Mathematical modeling of a group of oil spill scenarios in the Middle Volga region has been carried out. It has been revealed that the volume of the spilled oil product, the wave height and the river bank tortuosity impact the oil patch area to a large extent. Based on the results obtained, the authors suggest the order for ranking factors into four groups according to the degree of impact on the oil patch area, depending on the specified effect quantity: extremely significant, especially significant, highly significant and moderately significant. The research results have been applied in the working out of more than 30 object plans for the prevention and elimination of oil spills of organizations engaged in oil transportation and handling, vessel bunkering in the Middle Volga region, as well as the plan for oil spill prevention and elimination in the Volga basin of inland waterways.

Keywords: oil patch area, oil spill, impact estimation, factors, Middle Volga

References

- [1] Naumov VS, Plastinin AE, Volkova NI, Otdelkin NS. Osobennosti prognozirovaniya v basseinovykh planakh po preduprezhdeniyu i likvidatsii razlivov nefi. *Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta*. 2018;(57):41–51.
- [2] Toz AC, Buber M. Performance evaluation of oil spill software systems in early fate and trajectory of oil spill: comparison analysis of OILMAP and PISCES 2 in Mersin bay spill. *Environmental monitoring and assessment*. 2018;190(9):551. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6872-3>
- [3] Reshnyak VI. Opyt organizatsii i ispol'zovaniya tekhnicheskikh sredstv dlya likvidatsii avariinykh razlivov nefi. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2018;10(2):287–299.
- [4] Nichiporuk AO, Goncharova NV. Analiz trebovaniy, pred'yavlyaemykh k kachestvu perevozok uchastnikami transportnogo protsessa. *Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta*. 2012;(33):154–162.
- [5] Mizgiriyov D, Kurnikov A, Katraeva I, Moralova E, Mikheeva E. Using hydrodynamic cavitators for wastewater post-treatment and disinfection. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Ecology, Economics, Education and Legislation*. 2017:1071–1076.
- [6] Coppini G, De Dominicis M, Zodiatis G, Lardner R, Pinardi N, Santoleri R, Colella S, Bignami F, Hayes DR, Soloviev D, Georgiou G, Kallos G. Hindcast of oil-spill pollu-

- tion during the Lebanon crisis in the eastern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*. 2011;62(1):140–153.
- [7] Plastinin AE. Ocenka zagryazneniya pri razlive nefi na vodnuyu poverhnost'. *Zhurnal universiteta vodnykh kommunikacij*. 2013;18(2):129–135.
- [8] Borodin AN. *Snizhenie antropogennogo vozdeistviya na vnutrennie vodnye puti pri avariakh sudov s razlivami nefi* (dissertation of the Candidate of Technical Sciences). Nizhnii Novgorod; 2009.
- [9] Kostrov VN, Nichiporuk AO. Sovremennyye problemy i napravleniya gosudarstvenno-go regulirovaniya na vnutrennem vodnom transporte. *Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta*. 2012;(33):123–127.
- [10] Reshnyak VI, Batyaev AV, Reshnyak KV. Razrabotka sistemy upravleniya ekologicheskoi bezopasnost'yu sudokhodstva. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo fota imeni admirala S.O. Makarova*. 2016;2(36):34–41.
- [11] Naumov VS, Plastinin AE. Opredelenie veroyatnykh raionov razlivov nefi v Tsimlyanskom vodokhranilishche. *Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta*. 2017;(53):75–81.
- [12] Naumov VS, Plastinin AE, Kalenkov VS, Otdelkin NS. Modelirovanie vsplytiya nefi ot podvodnykh istochnikov v ledovykh usloviyakh. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*. 2018;2–4(42):87–91.
- [13] Turkin AV, Bereza IG, Turkin VA. Ispol'zovanie metoda imitatsionnogo modelirovaniya pri analize avariinoy situatsii “pereliv tankera”. *Ekspluatatsiya morskogo transporta*. 2011;(4):67–70.
- [14] Pedersen PT. Review and application of ship collision and grounding analysis procedures. *Marine Structures*. 2010;23(3):241–262.
- [15] Tuovinen J. Statistical analysis of ship collisions. Espoo: Helsinki University of Technology, Department of Mechanical Engineering; 2005.

Article history:

Received: 12.11.2019

Revised: 08.12.2019

For citation:

Volkova NI, Naumov VS, Plastinin AE, Zakharov VN. Estimation of various factors impact on the area of oil patches in the Middle Volga region. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(4):325–336. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-325-336>

Bio notes:

Nadezhda I. Volkova – postgraduate student, Volga Sate University of Water Transport. E-mail: volkova@vgavt-nn.ru

Viktor S. Naumov – Dr. Sci. Tech., Professor, the Head of the Chair of Environmental Protection and Industrial Safety, Volga Sate University of Water Transport. eLIBRARY SPIN-code: 8233-4649, eLIBRARY AuthorID: 393288. E-mail: naumov1@vgavt-nn.ru

Andrey E. Plastinin – Dr. Sci. Tech., Associate Professor, the Professor of the Chair of Environmental Protection and Industrial Safety, Volga Sate University of Water Transport. eLIBRARY SPIN-code: 8832-9459, eLIBRARY AuthorID: 409420, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4244-8703>. E-mail: plastininae@yandex.ru

Vasily N. Zakharov – Dr. Sci. Tech., Professor, the chief researcher, Volga Sate University of Water Transport. eLIBRARY AuthorID: 4226. E-mail: nauka@vgavt-nn.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-4-337-352
УДК 502.35/51-74

Научная статья

Получение и использование данных оперативного мониторинга атмосферного воздуха

Е.С. Кулакова¹, А.М. Сафаров¹, Л.А. Насырова¹, Д.С. Мизгирев²

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет
Российская Федерация, 450062, Уфа, ул. Космонавтов, 1

²Волжский государственный университет водного транспорта
Российская Федерация, 603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Аннотация. С целью контроля химического состава атмосферного воздуха в городах, расположенных в зоне влияния нефтехимических предприятий, устанавливаются автоматические станции контроля атмосферного воздуха (АСКАВ). Для эффективного использования экспериментальных данных авторами статьи разработана система сбора данных с АСКАВ, в которой синхронизованы контроль воздуха в жилых кварталах и газовой смеси на источнике организованного выброса. Проведен анализ данных концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Стерлитамака, полученных с АСКАВ, на основе которых составлен перечень маркерных веществ для предприятий города. Определены приоритетные источники загрязнения воздуха маркерными веществами в период различного ветрового режима. Разработаны модели изменения концентрации маркерных веществ в воздухе с помощью метода факторной регрессии. На основе результатов кросскорреляционной функции получено время перемещения загрязненного газового облака от источника выброса до жилой зоны города. Сделаны выводы об эффективности разработанной системы мониторинга атмосферного воздуха и области применения полученных моделей.

Ключевые слова: атмосферный воздух, маркерные вещества, временной ряд, факторная регрессия, автоматическая станция контроля атмосферного воздуха

Введение

Нефтехимическая промышленность является приоритетным направлением экономического развития Республики Башкортостан. К негативным последствиям деятельности предприятий этого профиля относится загрязнение окружающей среды. Для населения города особенно опасно для здоровья увеличение концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. В Республике Башкортостан в зону высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха попадают Уфа и города южного промышленного узла – Стерлитамак, Салават, Ишимбай.

Особенно опасным является близкое расположение промышленных предприятий к черте города. Так, архитектура Уфы и Стерлитамака характеризуется близким расположением нефтехимических предприятий, что способствует быстрому переносу загрязняющих веществ в жилую часть города. Поэтому актуальна задача создания оперативной системы управления качеством окружающей среды с целью улучшения условий жизни населения городов.

В настоящее время в городах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха устанавливаются автоматические станции контроля атмосферного воздуха (АСКАВ). Например, в Стерлитамаке была внедрена система одновременного контроля качества атмосферного воздуха жилой зоны и концентрации загрязняющих веществ на промышленном источнике выброса [1–3]. АСКАВ установлены в жилой зоне центра города. Контроль источников выбросов ведется на предприятиях по производству кальцинированной соды, поливинилхлорида, агидолов.

На рассеивание загрязняющих веществ в воздухе оказывают влияние метеорологические условия, главным образом ветровой режим. Вследствие того, что город расположен в четвертой климатической зоне, характеризующейся частой регистрацией неблагоприятных метеорологических условий, проблема совершенствования экологического мониторинга является особенно острой. Также неудачным является географическое расположение города: нефтехимические предприятия расположены с севера и юга его жилой части. Это приводит к тому, что при любом направлении ветра возможно негативное влияние выбросов на атмосферный воздух селитебной зоны [4].

Материалы и методы

Объектами исследования являются массивы данных по концентрации загрязняющих атмосферу веществ, зафиксированных на АСКАВ в жилой части Стерлитамака и в районе организованного выброса на источнике промышленного предприятия.

Так как исходные данные зарегистрированы через равные промежутки времени, то в качестве метода математической обработки этих данных был использован статистический, корреляционный, факторный анализ временных рядов. С целью выявления связи (зависимости) между исходными временными рядами использована кросскорреляционная функция, что особенно важно при выявлении влияния источника загрязнения на качество воздуха, а именно – на ее основе возможно определение времени, через которое загрязненное газовое облако переместится в жилую зону города.

Результаты и обсуждение

Для решения задачи совершенствования системы экологического мониторинга в Стерлитамаке разработана схема управления качеством атмосферного воздуха и промвыбросов (рис. 1) [1].

Основой системы мониторинга является сбор экспериментальных данных: концентраций загрязняющих веществ с АСКАВ, расположенной в жилой зоне города; датчиков контроля промышленных выбросов из источников нефтехимических предприятий. Исходные данные передаются операто-

ру посредством GSM-сети. Наглядное отображение полученных данных, а также их обработка (составление отчетов), осуществляется с помощью программного обеспечения IOVISLite и IDA 95 MNT.

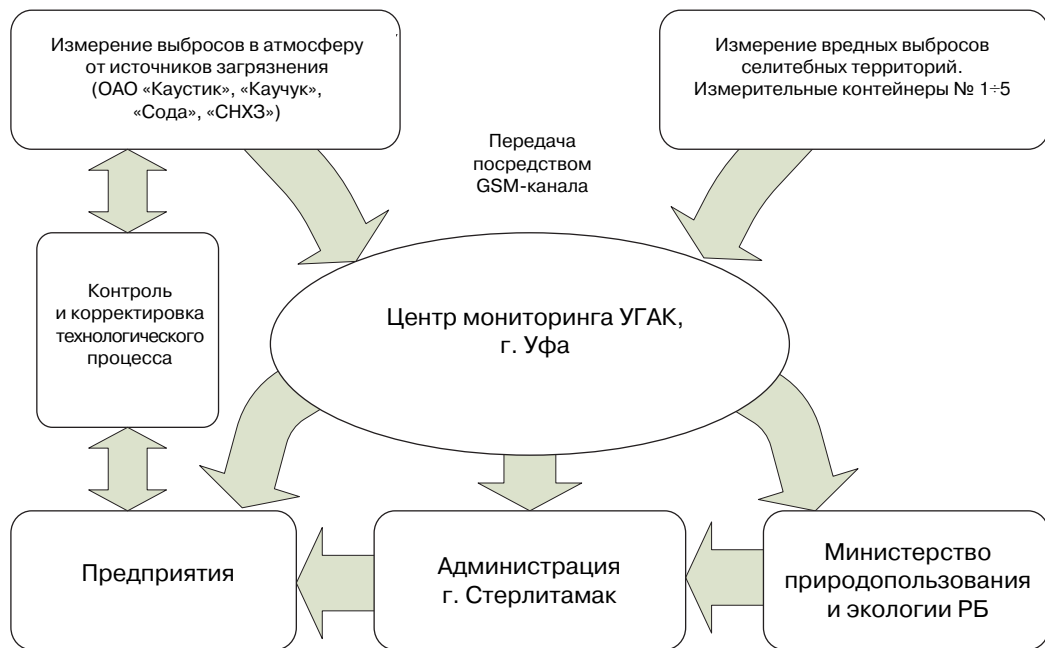


Рис. 1. Схема управления качеством атмосферного воздуха в Sterlitamakе [Figure 1. Air quality management scheme in Sterlitamak]

Time	Station	M.P.T.	Device	Component	Min.	Value	Max.	StdDev	Unit	Valid [%]
07.05.2013 8:03	Station 2		APMA-370	CO	0,2875	0,3396	0,4375	0,0566	mg/m3	100
07.05.2013 8:03	Station 2		APNA-370	NO	0,0058	0,0064	0,0072	0,0004	mg/m3	100
07.05.2013 8:03	Station 2		APNA-370	NO2	0,0170	0,0175	0,0182	0,0003	mg/m3	100
07.05.2013 8:03	Station 2		APNA-N370	NH3	{null}	{null}	{null}	{null}	mg/m3	0
07.05.2013 8:03	Station 2		APOA-370	O3	0,0663	0,0698	0,0717	0,0019	mg/m3	100
07.05.2013 8:03	Station 2		APSA-370	SO2	0,0060	0,0061	0,0063	0,0001	mg/m3	100
07.05.2013 8:03	Station 2		APSA-H370	H2S	0,0020	0,0021	0,0021	0,0001	mg/m3	100
07.05.2013 8:03	Station 2		Analogs	Pt100	20,65	20,91	21,17	0,1831	°C	100
07.05.2013 8:03	Station 2		BAM-1020	MC	0,0170	0,0170	0,0170	0,0000	mg/m3	100

Рис. 2. Интерфейс программы отображения экспериментальных данных, регистрируемых на АСКВ: концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с трехминутным интервалом [Figure 2. Interface of the program for displaying experimental data recorded at ASKAV: registration of concentrations of pollutants in atmospheric air with an interval of 3 min]

АСКАВ представляет собой совокупность газоанализаторов, регистрирующих концентрации веществ непрерывно и с заданной периодичностью. Причем частота, с которой происходит замер на хроматографах АСКАВ и датчиках, установленных непосредственно на источниках выброса, различна. Главным образом, период регистрации зависит от физико-химических свойств определяемых органических веществ. На АСКАВ также есть метеостанция. Результаты контроля и метеопараметры отображаются в виде таблиц.

Датчики контроля поставляются с прикладным программным обеспечением. Имеется возможность в любой момент времени получить актуальный отчет о фактическом химическом составе воздуха в городском массиве. В итоговой таблице (рис. 3) указываются максимальные размеры разовых и среднесуточных концентраций веществ, загрязняющих атмосферу, ПДК и их превышения, а также время фиксации максимальной концентрации.

Результаты автоматизированного контроля загрязняющих веществ (З.В.) в атмосферном воздухе с АСКАВ по ул. Менделеева,2							
с 18.04.2014 7:00 по 19.04.2014 7:00							
Ингредиент	с.с. Концентрация з.в. мг/м ³	ПДК _{с.с.} мг/м ³	Превышение в долях ПДК _{с.с.} ≥ 1	м.р. Концентрация з.в. мг/м ³	ПДК _{м.р.} мг/м ³	Превышение в долях ПДК _{м.р.} ≥ 1	Время тах выброса м.р. концентрации з.в.
Углерод оксид	0,389	3,0		1,930	5,0		18.04.2014 21:00
Азота оксид	0,001	0,06		0,001	0,4		19.04.2014 4:30
Азота диоксид	0,000	0,04		0,001	0,2		18.04.2014 9:00
Аммиак	0,032	0,04		0,043	0,2		18.04.2014 8:30
Озон	0,054	0,03	1,8	0,075	0,16		18.04.2014 20:30
Сера диоксид	0,005	0,05		0,012	0,5		18.04.2014 8:00
Сероводород	0,0057	0,008		0,0150	0,008	1,9	18.04.2014 16:00
Пыль	0,166	0,15	1,1	0,266	0,5		18.04.2014 12:00
Этилен	0,003	3,0		0,019	3,0		18.04.2014 12:30
Винилхлорид	0,000	0,01		0,009	-		18.04.2014 9:30
1,2-дихлорэтан	0,004	1,0		0,049	3,0		19.04.2014 1:00
Ацетон	0,005	0,35		0,030	0,35		19.04.2014 6:30
Бензол	0,000	0,1			0,3		
Хлороформ	0,01	0,03		0,080	0,1		18.04.2014 8:30
Этилбензол	0,000	0,02			0,02		
Метанол	0,000	0,5			1,0		
о-Ксилол	0,001	0,3		0,004	0,2		19.04.2014 5:30
Стирол	0,000	0,002			0,04		
Толуол	0,008	0,6		0,058	0,6		18.04.2014 10:30
м.р-Ксилол	0,001	0,04		0,034	0,2		18.04.2014 8:30

Рис. 3. Образец сводной итоговой таблицы, формируемый на основе результатов контроля атмосферного воздуха на АСКАВ за сутки
[Figure 3. A sample of the summary table, formed on the basis of the results of atmospheric air monitoring at ASKAV per day]

Анализ данных, полученных с АСКАВ жилой зоны и промышленных источников загрязнения, их практическое использование. На основе результатов контроля атмосферного воздуха в жилой зоне города, получаемых с АСКАВ, и датчиков контроля, установленных на источниках выбросов, можно определить источник загрязнения. Так, в период, когда ветер дует от источника загрязнения в сторону АСКАВ, будет фиксироваться увеличение концентрации маркерных веществ в воздухе. В условиях множественности источников промвыбросов в период НМУ выявить влияние конкрет-

ного предприятия на качество воздуха достаточно сложно. Эту проблему позволяет решить автоматизированный контроль атмосферного воздуха по приоритетным соединениям благодаря корреляции концентрации маркерного соединения и вещества глобального распространения.

Так, в течение некоторого периода времени на АСКАВ было зарегистрировано наличие метанола и фенола в воздухе жилой зоны, причем некоторые значения превышали среднесуточную ПДК в 1,3–4 раза. Вследствие того, что метанол и фенол являются маркерными веществами конкретного производства нефтехимического продукта, источник загрязнения может быть однозначно установлен.

В 2014 г. в период безветренной погоды (штиля) отмечалось увеличение содержания метанола в жилой зоне города через 7 ч после обнаружения превышений нормативов ПДВ на источнике производства агидолов. Данная ситуация наглядно показывает инерционность влияния источника загрязнения на воздух селитебной зоны в период НМУ.

В качестве наглядного отображения влияния промышленных источников загрязнения на содержание маркерных соединений в воздухе жилой зоны представим следующие примеры.

В период северо-западного и северного направлений ветра в атмосферном воздухе с определенной задержкой во времени регистрируется увеличение концентрации метанола при одновременном превышении ПДВ на источнике. На основе данных, зарегистрированных за 2012 г., на источнике производства агидолов было выявлено 35 случаев превышения ПДВ метанола. В 21 из выявленных 35 случаев (60 %) данные превышения коррелировали с концентрацией вещества на источнике выброса.

Предприятие по производству поливинилхлорида (ПВХ) географически расположено к северу от города, поэтому в период северо-западного направления ветра на АСКАВ периодически регистрируются превышения ПДК по дихлорэтану и этилену.

Влияние источника производства кальцинированной соды на качество атмосферного воздуха определяется выбросами газовой смеси, содержащей сероводород, и увеличением его концентрации в жилой зоне.

С целью контроля содержания приоритетных загрязняющих веществ производства кальцинированной соды введена в эксплуатацию станция АСКАВ в жилом районе близ предприятия. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что маркерные соединения предприятия (например, сероводород, оксид и диоксид азота, пыль) при северном направлении ветра регулярно регистрируются. Однако в период преобладания ветров северного направления не наблюдается загрязнение жилой зоны города органическими соединениями, присущими выбросам производства ПВХ, агидолов, каучуков в связи с их удаленным расположением.

Проведенные исследования показывают, что согласно анализу экспериментальных данных, зарегистрированных на АСКАВ, можно выявить предприятие – виновника загрязнения соединениями озона, фенола, сероводорода, метанола, винилхлорида, этилена, дихлорэтана.

Проведен анализ экспериментальных данных концентраций загрязняющих веществ, полученных на АСКАВ за 2010–2013 гг. Согласно графикам, представ-

ленным на рис. 4, явно видна тенденция снижения количества превышений ПДК_{сс} по ряду веществ: диоксиду серы (в 3 раза), сероводороду (3–5 раз), озону (в 2 раза), фенолу (в 5–17 раз). Следовательно, существующая система мониторинга атмосферного воздуха, основанная на автоматизированном контроле, Стерлитамака является эффективной вследствие возможности наблюдения за фактическим химическим составом атмосферного воздуха города, оценивания предприятиями собственных технологических режимов и принятия оперативных мер по регулированию объемов выброса в критических ситуациях. Благодаря полученным результатам снизилась негативная нагрузка на воздух жилых кварталов города, и система управления качеством атмосферного воздуха, созданная на основе одновременного контроля воздуха жилой зоны и концентрации маркерных веществ на источнике организованного выброса, показала свою действенность.

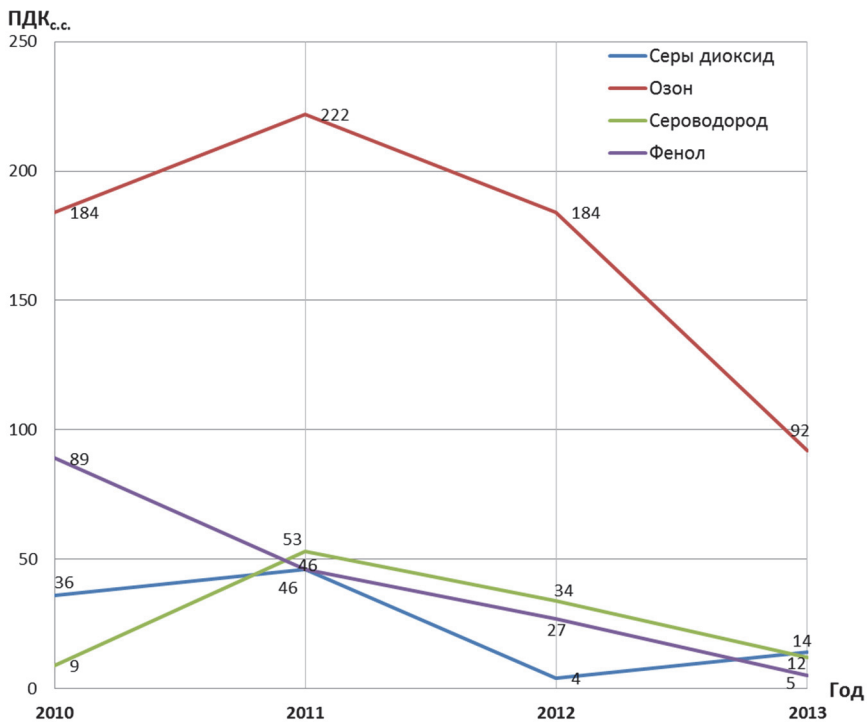


Рис. 4. Графики изменения количества среднесуточных превышений ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Стерлитамака за 2010–2013 гг. (АСКАВ по ул. Фурманова)

[Figure 4. Graphs of changes in the number of average daily exceedances of the MPC of pollutants in the air of Sterlitamak for 2010–2013 (ASKAV on Furmanov St)]

Математическая обработка полученных результатов в Стерлитамаке по автоматизированному контролю атмосферного воздуха. В Стерлитамаке достаточно часто отмечаются периоды, когда метеоусловия затрудняют процесс переноса ЗВ. В этом случае происходят одновременно процессы накопления загрязняющих веществ в воздухе, образование других более токсичных веществ, что приводит к повышению уровня загрязнения атмосферы. С целью предотвращения чрезмерного увеличения концентрации ЗВ разработаны методы краткосрочного прогноза [3].

Методом анализа временного ряда обработан накопленный массив аналитических данных для определения зависимости между качеством атмосферного воздуха, техногенными факторами и метеорологическими параметрами.

Анализ компонент временных рядов изменения концентрации ЗВ в воздухе жилой зоны города, представленных в виде аддитивной функции, показал, что случайная составляющая играет преобладающую роль. Отсутствие однозначно определенной закономерности изменения концентрации ЗВ связано с неоднородностью факторов, оказывающих влияние на рассеивание их в воздухе.

Получены ARIMA-модели изменения содержания широкого спектра загрязняющих веществ в воздухе города [8; 9]. Сделаны выводы о невозможности применения этого вида модели для краткосрочного оперативного прогноза маркерных веществ. Модели авторегрессии и скользящего среднего с высокой степенью точности описывают изменение концентрации оксидов азота в атмосферном воздухе города. Таким образом, математическое описание изменения концентрации загрязняющих веществ в воздухе более сложное.

Концентрация вещества в атмосферном воздухе – это величина, которая зависит от комплекса взаимодействующих факторов. Содержание ЗВ в атмосферном воздухе определяется параметрами, которые соответствуют данной экологической ситуации, а именно режимом выброса и метеорологическими параметрами. Причем следует учитывать не только отдельные параметры, но и их взаимодействие. Одним из методов, способных описать эффект такого влияния множества параметров, является факторная регрессия.

С целью выявления факторов, которые необходимо учитывать при построении модели, следует провести анализ метеорологических условий, при которых происходит увеличение концентрации ЗВ в воздухе жилой зоны. Для города с высоким уровнем негативного воздействия на качество атмосферного воздуха наибольший интерес представляют результаты исследований для периодов с наибольшей повторяемостью ветра, дующего со стороны промышленного предприятия. При этом происходит перемещение загрязненных воздушных масс в жилые кварталы города и увеличивается концентрация опасных для здоровья веществ в воздухе. Также интерес представляют периоды НМУ, во время которых происходит накопление ЗВ в околосреднем пространстве.

Таким образом, прогнозные концентрации маркерных веществ производства ПВХ (1,2-дихлорэтана, этилена), агидолов (метанола) в воздухе целесообразно рассчитывать в периоды, когда влияние промвыбросов является наиболее значимым. Для наглядного отображения процесса прогнозирования выбрана временные периоды с преобладанием северного направления ветра и безветренной погоды.

Разработана методика построения моделей факторной регрессии, основанная на предварительном построении кросскорреляционной функции между концентрацией маркерного вещества в воздухе жилой зоны и в промвыбросе с целью установления времени переноса загрязненного газового облака. Для наглядного представления предложенного способа рассмотрены несколько примеров.

Пример 1. Рассмотрим следующие метеорологические условия: температура 8 °С, северный ветер со скоростью 2–3 м/с, влажность 80 %.

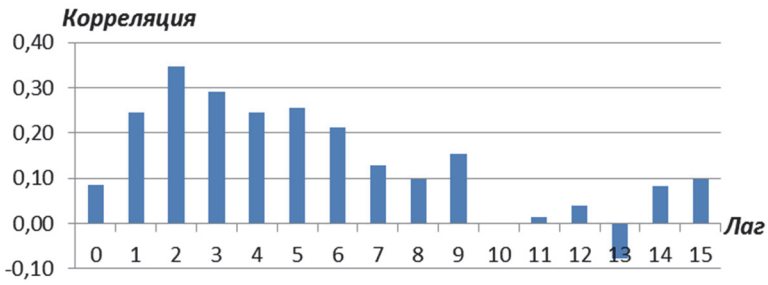


Рис. 5. График кросскорреляционной зависимости между концентрациями метанола на станции и на источнике
 [Figure 5. Cross-correlation function graph between methanol concentrations at the station and at the source]

Кросскорреляционная функция, представленная на рис. 5, наглядно отображает влияние источника промышленного выброса на содержание метанола в жилой зоне. Причем, время переноса загрязненного газового облака достаточно динамичное: 0–2 ч. Поэтому в прогнозное уравнение включены параметры концентрация на источнике с лагом 0, 1 и 2 ч.

Получено уравнение факторной регрессии для оценки взаимосвязи разных факторов с изменением концентрации метанола в воздухе жилой зоны:

$$\begin{aligned}
 q_{\text{CH}_3\text{OH}_3} = & 6v - 1,1T - 0,27\varphi + 6,6I_0 - 0,4I_1 + 3I_2 + 0,01vT - 0,05v\varphi + 0,02T\varphi - \\
 & - 1,5vI_0 - 0,2TI_0 - 0,009\varphi I_0 - 0,03vI_1 - 0,14TI_1 + 0,02\varphi I_1 - 0,3I_0I_1 - 1,4vI_2 - \\
 & - 0,01TI_2 - 0,007\varphi I_2 - 0,5I_0I_2 - 0,045I_2I_1 + 0,001vTI_0 + 0,003v\varphi I_0 + 0,019vI_0I_1 + \\
 & + 0,08vTI_1 + 0,16vI_0I_1 + 0,013v\varphi I_2 + 0,004TI_0I_1I_2 - 0,0001v\varphi TI_1I_2, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где I_0, I_1, I_2 – концентрации вещества на источнике в периоды времени t, t_1 и t_2 соответственно, мг/м³; T – температура воздуха, °С; φ – влажность атмосферного воздуха, %; v – скорость ветра, м/с.

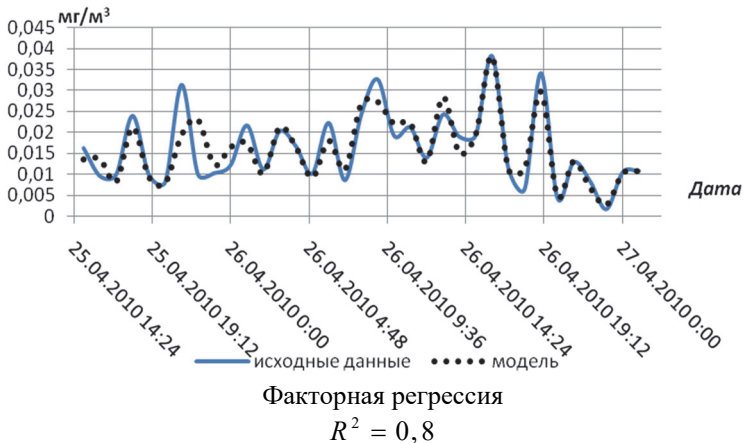


Рис. 6. Сопоставление модели для прогноза содержания метанола в атмосферном воздухе Стерлитамака с экспериментальными данными, полученными на АСКВАВ
 [Figure 6. Comparison of the model for forecasting the methanol content in the atmospheric air of Sterlitamak with the experimental data obtained at ASKAV]

На рис. 6 показаны графики экспериментальных значений метанола, полученных на АСКАВ, и прогнозных, рассчитанных с помощью модели. Значение коэффициента детерминации высоко, что свидетельствует об адекватности полученной модели и построении на ее основе наиболее точного прогноза.

Пример 2. Метеорологические условия: северный ветер 1–2 м/с, температура 8,8 °С, влажность 82 %.

Кросскорреляционные функции, представленные на рис. 7, показывают мгновенное влияние промвыброса на содержание 1,2-дихлорэтана в жилых кварталах и увеличение содержания этилена в воздухе через 2–3 ч после выброса с организованных источников производства ПВХ.

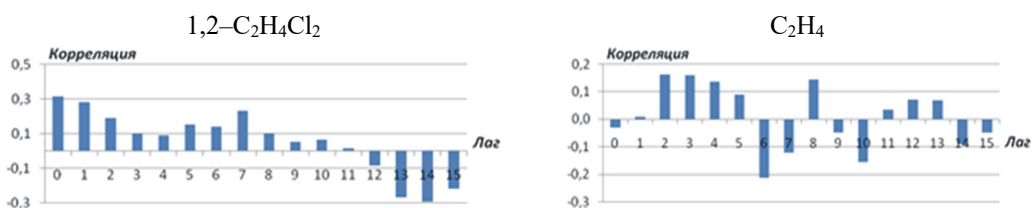


Рис. 7. График кросскорреляционной функции между концентрацией органических веществ на станции и на источнике
 [Figure 7. Graph of the cross-correlation function between the concentration of organic substances at the station and at the source]

Получены следующие модели факторной регрессии.

$$q_{1,2-C_2H_4Cl_2} = 1,68v - 0,37T - 0,18\varphi + 0,0003I_0 + 0,04I_1 + 0,44I_2 + 0,006T\varphi + 0,017vI_0 + 0,017TI_0 + 0,1vT + 0,001\varphi I_0 + 0,023v\varphi + 0,0008I_0I_1 + 0,03vI_1 + 0,002TI_1 - 0,0006\varphi I_1 - 0,004I_1I_2 - 0,18vI_2 - 0,03TI_2 + 0,001\varphi I_2 - 0,0001I_1I_2 - 0,009vTI_0 - 0,0002v\varphi I_0 - 0,0001vI_0I_1 - 0,003vTI_1 + 0,0017vI_0I_2 + 0,01vTI_2 + 0,000001\varphi TI_0I_1. \quad (2)$$

$$q_{C_2H_4} = 0,24v - 0,03T + 0,007\varphi - 0,002I_0 + 0,0007I_1 - 0,0007T\varphi + 0,0003vI_0 + 0,0003TI_0 + 0,008vT + 0,000005\varphi I_0 - 0,006v\varphi + 0,000002I_0I_1 - 0,0006vI_1 - 0,00009TI_1 + 0,000008\varphi I_1 - 0,0001vTI_0 + 0,000006v\varphi I_0 - 0,000001\varphi TI_0 + 0,0004v\varphi T + 0,0000003vI_0I_1 - 0,000004TI_0I_1 + 0,000035vTI_1 - 0,0000002\varphi I_0I_1 + 0,000001v\varphi I_1. \quad (3)$$

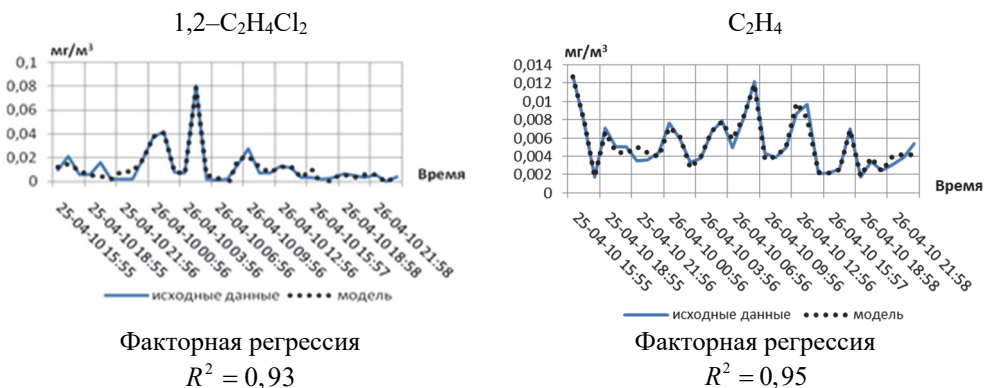


Рис. 8. Сопоставление полученной модели концентрации органических веществ с экспериментальными данными
 [Figure 8. Comparison of the obtained model of the concentration of organic substances with experimental data]

Сопоставимость значений экспериментальных данных и концентраций, полученных с помощью моделей, отражена на рис. 8.

Пример 3. Метеорологические условия: штиль, температура –21 °С, влажность 84 %. Согласно кросскорреляционной функции, представленной на рис. 9, в период безветренной погоды влияние выбросов предприятий на содержание метанола в воздухе отмечается через 24–26 ч после выброса.

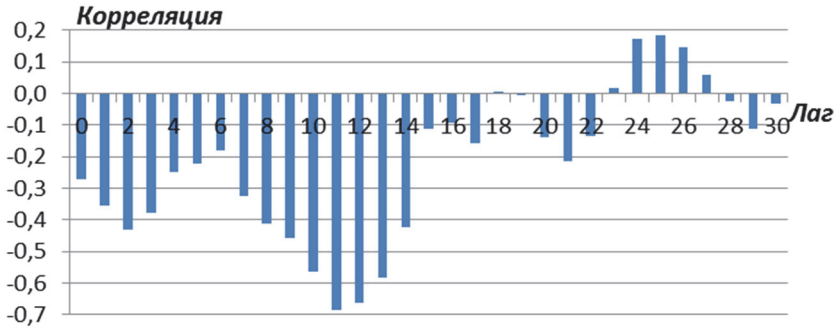


Рис. 9. Кросскорреляционная зависимость между концентрацией метанола на станции и на источнике выброса
 [Figure 9. Graph of the cross-correlation function between the methanol concentration at the station and the emission source]

На основе результатов кросскорреляционной функции получено уравнение факторной регрессии для метанола в период штиля:

$$\begin{aligned}
 q_{\text{CH}_3\text{OH}_3} = & -1,8T - 0,05\varphi + 4,79I_{24} - 7,9I_{25} - 3,2I_{26} + 0,018T\varphi + 0,3TI_{24} - \\
 & - 0,07\varphi I_{24} - 0,33TI_{25} + 0,065\varphi I_{25} + 0,22I_{24}I_{25} - 0,06TI_{26} + 0,03\varphi I_{26} + \\
 & + 0,12I_{24}I_{26} + 0,32I_{25}I_{26} - 0,004T\varphi I_{24} + 0,002\varphi TI_{25} + 0,01TI_{24}I_{25} - \\
 & - 0,0001\varphi I_{24}I_{25} + 0,0005\varphi TI_{26} + 0,12TI_{25}I_{26} + 0,005TI_{24}I_{26} + 0,008TI_{25}I_{26} - \\
 & - 0,001\varphi I_{25}I_{26} - 0,017I_{24}I_{25}I_{26} - 0,0007TI_{24}I_{25}I_{26}.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Графическое отображение полученной модели приведено на рис. 10.



Рис. 10. Зависимость изменения концентрации метанола в атмосферном воздухе в период штиля (на данных Стерлитамака)
 [Figure 10. Comparison of the model of methanol concentration changes in the air of Sterlitamak during the calm period]

Пример 4. Метеорологические условия: штиль, температура –14 °С, влажность 89 %. Согласно кросскорреляционной функции (рис. 11), изменение концентрации 1,2-дихлорэтана в жилой зоне Стерлитамака в период зимнего штиля отмечается после выброса из источника предприятия через 5–7 ч. Как видно, изменение этилена динамично, а время отклика мгновенно.

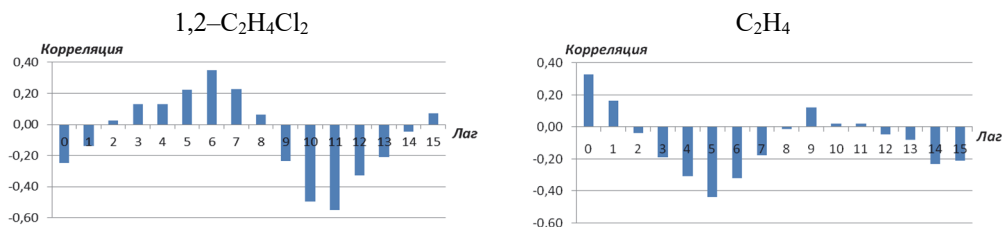


Рис. 11. Зависимости между концентрацией 1,2-дихлорэтана и этилена на станции и на источнике выброса
[Figure 11. Graph of the cross-correlation function between the concentration of 1,2-dichloroethane and ethylene at the station and at the emission source]

Получены следующие уравнения факторной регрессии изменения концентрации 1,2-дихлорэтана и этилена в воздухе в период штиля.

$$\begin{aligned}
 q_{1,2-C_2H_4Cl_2} = & -0,107T + 0,03\varphi - 1,83I_5 - 0,96I_6 - 1,21I_7 + 0,002T\varphi + \\
 & + 0,011TI_6 - 0,001\varphi I_6 - 0,069TI_5 + 0,78I_5I_7 - 0,08TI_7 - 0,004\varphi I_7 + 63I_6I_7 + \\
 & + 0,005\varphi I_5 + 1,22I_5I_6 - 0,0007\varphi TI_6 + 0,02TI_5I_6 - 0,008\varphi I_5I_6 + 0,034TI_6I_7 - \\
 & - 0,303I_5I_6I_7 + 0,038TI_5I_7 - 0,0001\varphi TI_5I_6I_7.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 q_{C_2H_4} = & -5,24T + 0,45\varphi + 0,75I_0 - 0,24I_1 + 0,1I_2 - 0,001TI_0 + 0,004\varphi I_0 + 0,087T\varphi + \\
 & + 0,004I_0I_1 - 0,02TI_1 - 0,00075\varphi I_1 + 0,005I_0I_2 + 0,023TI_2 - 0,005\varphi I_2 + \\
 & + 0,00007I_1I_2 - 0,0002\varphi TI_0 + 0,0001TI_0I_1 - 0,00002\varphi I_0I_1 + 0,000003\varphi TI_1 + \\
 & + 0,0002TI_0I_2 - 0,00003\varphi I_0I_2 - 0,0005\varphi TI_2 - 0,00002I_0I_1I_2 + 0,0002TI_1I_2 + \\
 & + 0,00003\varphi I_1I_2 - 0,000001TI_0I_1I_2.
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Сопоставимость модельных и экспериментальных значений высока, что наглядно отражено на рис. 12.

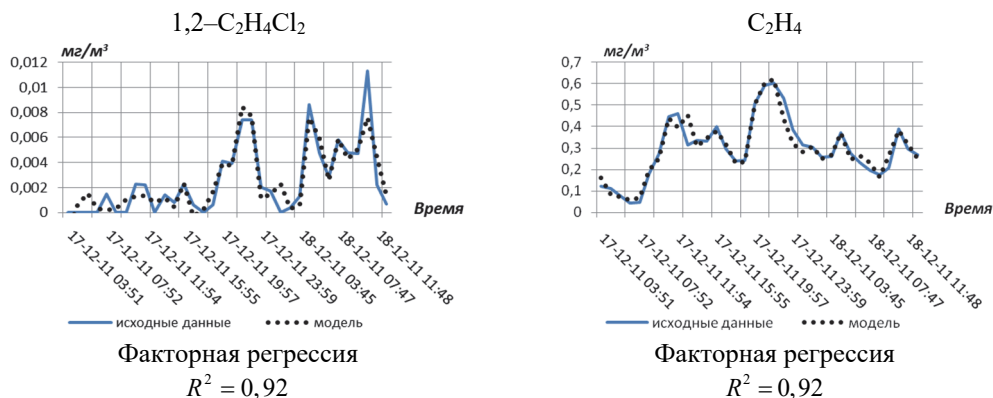


Рис. 12. Сопоставление данных эксперимента, полученных на станции, с данными расчетной модели концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Стерлитамака в период штиля
[Figure 12. Comparison of calculation models of the concentration of organic substances in the atmospheric air of Sterlitamak during the calm period with experimental data obtained at the station]

Заключение

Одновременный контроль комплекса параметров, влияющих на синонимное содержание загрязняющих веществ в воздухе, необходим с целью обеспечения населения города благоприятными условиями для жизни. Для дальнейшего совершенствования существующей системы мониторинга атмосферного воздуха промышленных центров проведен анализ данных, зафиксированных на АСКАВ. Математическая обработка статистических данных позволила получить модели, с наибольшей степенью точности описывающие изменение концентрации загрязняющих веществ в воздухе. Приведенные модели факторной регрессии имеют высокие значения коэффициентов детерминации, что говорит о высокой степени сложности динамических процессов, происходящих в условиях непрерывного антропогенного загрязнения в атмосферном воздухе.

Список литературы

- [1] Пат. 2498359 Рос. Федерация. 2012129628/28. Способ контроля загрязнения атмосферного воздуха / Сафарова В.И.; заявл. 12.07.2012; опублик. 10.11.2013. Бюл. № 31 7 с. URL: <http://www.freepatent.ru/images/patents/495/2498359/patent-2498359.pdf> (дата обращения: 13.05.2014).
- [2] Баладурич Б.А., Шапошников С.В., Дзюладзе Э.Э. Внедрение систем контроля аварий и оповещения на химически опасных объектах г. Москвы // Технологии техносферной безопасности. 2007. № 1 (11). С. 10.
- [3] Гизатуллин А.Р. Методология мониторинга состояния окружающей среды с применением автоматизированных станций контроля атмосферного воздуха // Российский журнал прикладной экологии. 2016. № 1 (5). С. 38–41.
- [4] Сересева О.В., Рапута В.Ф., Ярославцева Т.В., Медвяцкая А.М., Глотов П.В. Анализ данных сетевых наблюдений субмикронных аэрозолей в атмосферном воздухе г. Новосибирска // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2018. Т. 2. № 4. С. 37–47.
- [5] Волкодаева М.В., Киселев А.В. О развитии системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха // Записки Горного института. 2017. Т. 227. С. 589–596.
- [6] Сафаров А.М., Коноплева С.Н., Сафарова А.М. Разработка подходов к организации мониторинга качества атмосферного воздуха (на примере Республики Башкортостан) // Журнал экологии и промышленной безопасности, 2012. № 3–4. С. 115–116.
- [7] Сафаров А.М., Коноплева С.Н., Исачкина Л.Я., Сафарова В.И. Обеспечение экологического мониторинга качества воздушного бассейна Республики Башкортостан // Нефтегазовое дело. 2013. № 4. С. 436–447. URL: http://www.ogbus.ru/authors/SafarovAM/SafarovAM_4.pdf (дата обращения: 03.05.2014).
- [8] Афанасьева Е.С., Сафаров А.М., Шайдулина Г.Ф. Построение моделей изменения концентрации веществ в атмосферном воздухе (на примере г. Стерлитамака) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. Пенза, 2018. С. 54–56.
- [9] Афанасьева Е.С., Сафаров А.М., Сафарова В.И., Шайдулина Г.Ф. Математическая оценка изменения концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в условиях влияния нефтехимических предприятий // Экология урбанизированных территорий. 2014. № 4. С. 40–45.
- [10] Шеховцов А.А. Анализ данных для разработки экологических показателей, связанных с состоянием атмосферного воздуха и воздействием антропогенных источников загрязнения // Охрана окружающей среды и природопользование. 2013. № 1. С. 12–22.

- [11] *Asfandiarova L.R., Panchenko A.A., Yamlikhanova E.A., Yunusova G.V.* Environmental analysis of contaminants in the air basin of an industrial city (the case of nitrogen oxides in Sterlitamak, Bashkortostan) // *Tyumen State University Herald*. 2013. No. 12. Pp. 152–157.
- [12] *Асфандиярова Л.Р., Даминев Р.Р., Васильев А.В., Панченко А.А., Юнусова Г.В.* Анализ выбросов в воздушную среду в условиях городских территорий на примере Республики Башкортостан и Самарской области // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2016. Т. 18. № 5–3. С. 512–519.
- [13] *Бикбулатов И.Х., Асфандиярова Л.Р., Панченко А.А., Юнусова Г.В., Ямлиханова Е.А.* Определение перечня загрязняющих веществ для постоянного контроля их содержания в атмосферном воздухе г. Стерлитамак // *Башкирский химический журнал*. 2013. Т. 20. № 4. С. 79–82.
- [14] *Elbir T., Kara M., Bayram A., Altioğ H., Dumanoglu Y.* Comparison of predicted and observed PM10 concentrations in several urban street Canyons // *Air Quality, Atmosphere and Health*. 2011. Vol. 4. No. 2. Pp. 121–131.
- [15] *Nomura S., Mukai H., Terao Y., Machida T., Nojiri Y.* Six years of atmospheric CO2 observations at Mt. Fuji recorded with a battery-powered measurement system // *Atmospheric Measurement Techniques*. 2017. Vol. 10. No. 2. Pp. 667–680.
- [16] *Yazidi A.E., Ramonet M., Ciais P., Broquet G., Pison I., Abbaris A., Delmotte M., Hazzan L., Kachroudi N., Rivier L., Brunner D., Conil S., Gheusi F., Guerin F., Serça D., Kouvarakis G., Mihalopoulos N.* Identification of spikes associated with local sources in continuous time series of atmospheric CO, CO₂ and CH₄ // *Atmospheric Measurement Techniques*. 2018. Vol. 11. No. 3. Pp. 1599–1614.
- [17] *Подрезов О.А., Подрезов А.О., Рязанов В.Е.* Загрязнение атмосферного воздуха Бишкека в зимний сезон 2017–2018 гг. // *Вестник Кыргызско-Российского славянского университета*. 2018. Т. 18. № 12. С. 126–133.
- [18] *Lyubchich V.* Detecting time series trends and their synchronization in climate data // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. 2016. № 12. С. 132–137.
- [19] *Bratus O.* Development of adaptive moving two-sided exponential smoothing method for restoring and forecasting of time series // *Eureka: Physics and Engineering*. 2017. No. 5. Pp. 13–21.
- [20] *Oprisan S.A., Canavier C.C., Thirumalai V.* Dynamics from a time series: can we extract the phase resetting curve from a time series? // *Biophysical Journal*. 2003. Vol. 84. No. 5. Pp. 2919–2928.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 22.11.2019

Дата принятия к печати: 08.12.2019

Для цитирования:

Кулакова Е.С., Сафаров А.М., Насырова Л.А., Мизгирев Д.С. Получение и использование данных оперативного мониторинга атмосферного воздуха // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2019. Т. 27. № 4. С. 337–352. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-337-352>

Сведения об авторах:

Кулакова Екатерина Сергеевна – ассистент кафедры «Автоматизированные информационные и технологические системы», Уфимский государственный нефтяной технический университет (филиал в г. Стерлитамаке). eLIBRARY SPIN-код: 2576-4516. E-mail: Kulakova87@list.ru

Сафаров Айрат Муратович – доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная экология», Уфимский государственный нефтяной технический университет. eLIBRARY SPIN-код: 7372-1758. E-mail: safa-rov_a_m@mail.ru

Насырова Лилия Алсыновна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная экология», Уфимский государственный нефтяной технический университет. eLIBRARY SPIN-код: 5225-8186. E-mail: lilian_74@mail.ru

Мизгирев Дмитрий Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта, Волжский государственный университет водного транспорта. eLIBRARY SPIN-код: 4787-0332. E-mail: mizgirevds@yandex.ru

Research article

Obtaining and using data of operational monitoring of atmospheric air

Ekaterina S. Kulakova¹, Ayrat M. Safarov¹,
Liliya A. Nasyrova¹, Dmitry S. Mizgirev²

¹Ufa State Petroleum Technical University
1 Kosmonavtov St, Ufa, 450062, Russian Federation

²Volga State University of Water Transport
5 Nesterova St, Nizhny Novgorod, 603951, Russian Federation

Abstract. In order to control the chemical composition of atmospheric air in cities located in the zone of influence of petrochemical enterprises, automatic atmospheric air monitoring stations (ASKAV) are installed. For the effective use of experimental data, the authors of the article developed a data collection system with ASKAV, in which the air control in residential quarters and the gas mixture at the source of organized emissions are synchronized. The analysis of data on the concentration of pollutants in the atmospheric air of the Sterlita-mak obtained from ASKAV, on the basis of which a list of marker substances for enterprises of the city was compiled. Priority sources of air pollution with marker substances during a different wind regime were identified. The authors developed models for changing the concentration of marker substances in the air using the method of factor regression. Based on the results of the cross-correlation function, the time of movement of the contaminated gas cloud from the source of emission to the residential area of the city is obtained. Conclusions are made about the effectiveness of the developed air monitoring system and the field of application of the acquired models.

Keywords: atmospheric air, marker substances, time series, factor regression, automatic station for monitoring atmospheric air

References

- [1] Safarova VI. *Sposob kontrolya zagryazneniya atmosfernogo vozdukha*. Pat. 2498359 Ros. Federatsiya. 2012129628/28; zayavl.12.07.2012; opubl.10.11.2013. Byul. No. 31. Available from: <http://www.freepatent.ru/images/patents/495/2498359/patent-2498359.pdf> (accessed: 13.05.2014).
- [2] Baladurin BA, Shaposhnikov SV, Dzneldze EE. Vnedrenie system kontrolya avarii I opoveshcheniya na khimicheskio pasnykh ob"ektakh g. Moskvy. *Tekhnologii tehnosfernoi bezopasnosti*. 2007;1(11):10.

- [3] Gizatullin AR. Metodologiya monitoring sostoyaniya okruzhayushchei sredy s primeneniem avtomatizirovannykh stantsii kontrolya atmosfernogo vozdukha. *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ekologii*. 2016;1(5):38–41.
- [4] Sereseva OV, Raputa VF, Yaroslavtseva TV, Medvyatskaya AM, Glotov PV. Analiz dannykh setevykh nablyudenii submikronnykh aerozolei v atmosfernom vozduke g. Novosibirsk. *Interespo Geo-Sibir'*. 2018;2(4):37–47.
- [5] Volkodaeva MV, Kiselev AV. O razvitiu sistemy ekologicheskogo monitoringa kachestva atmosfernogo vozdukha. *Zapiski Gornogo instituta*. 2017;227:589–596.
- [6] Safarov AM, Konopleva SN, Safarova AM. Razrabotka podkhodov k organizatsii monitoring kachestva atmosfernogo vozdukha (na primere Respubliki Bashkortostan). *Zhurnal ekologii i promyshlennoi bezopasnosti*. 2012;(3–4):115–116.
- [7] Safarov AM, Konopleva SN, Isachkina LYa, Safarova VI. Obespechenie ekologicheskogo monitoring kachestva vozdukhogo basseina Respubliki Bashkortostan. *Neftegazovoe delo*. 2013;(4):436–447. Available from: http://www.ogbus.ru/authors/SafarovAM/SafarovAM_4.pdf (accessed: 03.05.2014).
- [8] Afanas'eva ES, Safarov AM, Shaidulina GF. Postroenie modelei izmeneniya kontsentratsii veshchestv v atmosfernom vozduke (na primere g. Sterlitamaka). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. Estestvennyye nauki*. Penza; 2018. p. 54–56.
- [9] Afanas'eva ES, Safarov AM, Safarova VI, Shaidulina GF. Matematicheskaya otsenka izmeneniya kontsentratsii zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernom vozduke v usloviyakh vliyaniya neftekhimicheskikh predpriyatii. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii*. 2014;(4):40–45.
- [10] Shekhovtsov AA. Analiz dannykh dlya razrabotki ekologicheskikh pokazatelei, svyazannykh s sostoyaniem atmosfernogo vozdukha ivozdeistviem antropogennykh istochnikov zagryazneniya. *Okhrana okruzhayushchei sredy i prirodopol'zovanie*. 2013;(1): 12–22.
- [11] Asfandiarova LR, Panchenko AA, Yamlikhanova EA, Yunusova GV. Environmental analysis of contaminants in the air basin of an industrial city (the case of nitrogen oxides in Sterlitamak, Bashkortostan). *Tyumen State University Herald*. 2013;(12):152–157.
- [12] Asfandiyarova LR, Daminev RR, Vasil'ev AV, Panchenko AA, Yunusova GV. Analiz vybrosov v vozdukhnuyu sredu v usloviyakh gorodskikh territorii na primere Respubliki Bashkortostan i Samarskoi oblasti. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. 2016;18(5–3):512–519.
- [13] Bikbulatov IKh, Asfandiyarova LR, Panchenko AA, Yunusova GV, Yamlikhanova EA. Opredelenie perechnya zagryaznyayushchikh veshchestv dlya postoyannogo kontrolya ikh sodержaniya v atmosfernom vozduke g. Sterlitamak. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal*. 2013;20(4):79–82.
- [14] Elbir T, Kara M, Bayram A, Altioek H, Dumanoglu Y. Comparison of predicted and observed PM10 concentrations in several urban street Canyons. *Air Quality, Atmosphere and Health*. 2011;4(2):121–131.
- [15] Nomura S, Mukai H, Terao Y, Machida T, Nojiri Y. Six years of atmospheric CO₂ observations at Mt. Fuji recorded with a battery-powered measurement system. *Atmospheric Measurement Techniques*. 2017;10(2):667–680.
- [16] Yazidi AE, Ramonet M, Ciais P, Broquet G, Pison I, Abbaris A, Delmotte M, Hazan L, Kachroudi N, Rivier L, Brunner D, Conil S, Gheusi F, Guerin F, Serça D, Kouvarakis G, Mihalopoulos N. Identification of spikes associated with local sources in continuous time series of atmospheric CO, CO₂ and CH₄. *Atmospheric Measurement Techniques*. 2018;11(3):1599–1614.
- [17] Podrezov OA, Podrezov AO, Ryazanov VE. Zagryaznenie atmosfernogo vozdukha Bishkeka v zimnii sezon 2017–2018 gg. *Vestnik Kyrgyzsko-Rossiiskogo slavyanskogo universiteta*. 2018;18(12):126–133.
- [18] Lyubchich V. Detecting time series trends and their synchronization in climate data. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii*. 2016;(12):132–137.

- [19] Bratus O. Development of adaptive moving two-sided exponential smoothing method for restoring and forecasting of time series. *Eureka: Physics and Engineering*. 2017; (5):13–21.
- [20] Oprisan SA, Canavier CC, Thirumalai V. Dynamics from a time series: can we extract the phase resetting curve from a time series? *Biophysical Journal*. 2003;84(5):2919–2928.

Article history:

Received: 22.11.2019

Revised: 08.12.2019

For citation:

Kulakova ES, Safarov AM, Nasyrova LA, Mizgirev DS. Obtaining and using data of operational monitoring of atmospheric air. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019; 27(4):337–352. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-337-352>

Bio notes:

Ekaterina S. Kulakova – Assistant of the Department of Automated Information and Technological Systems, Ufa State Petroleum Technical University. eLIBRARY SPIN-code: 2576-4516. E-mail: Kulakova87@list.ru

Ayrat M. Safarov – Dr.Sci. in Engineering Science, Professor of the Department of Applied Ecology, Ufa State Petroleum Technical University. eLIBRARY SPIN-code: 7372-1758. E-mail: safarov_a_m@mail.ru

Liliya A. Nasyrova – Ph.D in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Applied Ecology, Ufa State Petroleum Technical University. eLIBRARY SPIN-code: 5225-8186. E-mail: lilian_74@mail.ru

Dmitry S. Mizgirev – Ph.D in Engineering Science, Professor, Department of Hoisting-and-Transport Machines and Machine Repair, Volga State University of Water Transport. eLIBRARY SPIN-code: 4787-0332. E-mail: mizgirevds@yandex.ru

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

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

2. Статья должна содержать в указанном порядке:

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

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

– текст статьи;

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

3. К статье должны быть приложены:

– две заверенные рецензии;

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

Образец шапки статьи:

Состояние антиокислительных систем в крови мышей после облучения

И.И. Иванов¹, П.П. Петров²

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Образец:

Литература

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

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

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

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

Контактная информация:

Редина Маргарита Михайловна

Телефон: +7 (495) 952-04-41

E-mail: redina-mm@rudn.ru

Силаева Полина Юрьевна

E-mail: silaeva-pyu@rudn.ru

Бланк заказа периодических изданий

АБОНЕМЕНТна газету
журнал

20829

(индекс издания)

Вестник РУДН.

Серия: Экология и безопасность
жизнедеятельности

(наименование издания)

Количество
комплектов

На 2020 год по месяцам

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

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

Линия отреза

ДОСТАВОЧНАЯ

20829

ПВ	место	литер

КАРТОЧКА

(индекс издания)

на газету
журналВестник РУДН.
Серия: Экология и безопасность
жизнедеятельности

(наименование издания)

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

На 2020 год по месяцам

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

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

город

село

почтовый индекс

область

район

код улицы

улица

дом

корпус

квартира

фамилия, инициалы

Бланк заказа периодических изданий

АБОНЕМЕНТ на газету
 журнал (индекс издания)

Вестник РУДН.
 Серия: _____
 (наименование издания)

Количество комплектов	<input type="text"/>
-----------------------	----------------------

На 2020 год по месяцам

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Куда
 (почтовый индекс) _____ (адрес)

Кому _____
 (фамилия, инициалы)

Линия отреза

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ПВ	место	литер

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА (индекс издания)

на газету Вестник РУДН.
 журнал _____ Серия: _____
 (наименование издания)

Стоимость	подписки	руб.	Количество комплектов	<input type="text"/>
	каталожная	руб.		
	пере-адресовки	руб.		

На 2020 год по месяцам

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
город															
село															
почтовый индекс						область									
район															
код улицы						улица									
дом				корпус				квартира				фамилия, инициалы			