ОБЩЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Проблемы Региональной Экологии

REGIONAL ENVIRONMENTAL ISSUES

Журнал издается при поддержке
Института географии Российской академии наук

№ 2
2019 г.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА «ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ»

Главный редактор

Ажгиревич А. И.

Кандидат технических наук, президент Общероссийского отраслевого объединения работодателей «Союз предприятий и организаций, обеспечивающих рациональное использование природных ресурсов и защиту окружающей среды «Экосфера»

Зам. главного редактора

Гутенев В. В. Доктор технических наук, профессор, Лауреат Государственной и Правительственных премий РФ. Первый вице-президент Союза машиностроителей России

Кочуров Б. И. Доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт географии РАН

Лобковский В. А. Кандидат географических наук, заведующий отделом физической географии и проблем природопользования Института географии РАН

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

Бакланов П. Я. Академик РАН, доктор географических наук, профессор. ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН (ТИГ ДВО РАН), директор

Глазачев С. Н. Доктор географических наук, профессор. Межвузовский центр по разработке технологий эколого-педагогического образования, директор

Ивашкина И. В. Кандидат географических наук. ГУП «НИиПИ Генплана Москвы», зав. сектором

Иманов Н. М. Доктор экономических наук, профессор. Институт экономики Национальной академии наук Азербайджана (НАНА), Азербайджан. Директор

Камнев А. Н. Доктор биологических наук, профессор. МГУ им. М. В. Ломоносова, ведущий научный сотрудник

Касимов Н. С. Академик РАН, доктор географических наук, профессор. МГУ им. М. В. Ломоносова, президент географического факультета

Кирюшин В. И. Академик РАН (РАСХН), доктор биологических наук, профессор. ФГБНУ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», главный научный сотрудник

Котляков В. М. Академик РАН, доктор географических наук, профессор. ФГБУН Институт географии Российской академии наук

Колосов В. А. Доктор географических наук, профессор. ФГБУН Институт географии Российской академии наук (ИГ РАН), заведующий лабораторией

Кузнецов О. Л. Доктор технических наук, профессор. Российская академия естественных наук, президент

Лосев К. С. Доктор географических наук, профессор. Всероссийский институт научно-технической информации РАН, заведующий отделом географии и геофизики

Мазиров М. А. Доктор биологических наук, профессор. ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева», зав. кафедрой

Насименто Юли. Доктор философии (география городов). Institut d'Amenagement et d'Urbanisme de la Region d'ile-de-France, Франция, Руководитель исследований

Рахманин Ю. А. Академик РАН (РАМН), доктор медицинских наук, профессор НИИ экологии и гигиены окружающей среды им. А. И. Сысина РАМН, директор

Рогожин К. Л. Доктор физико-математических наук, профессор. НОЧУ ВПО «Столичная Академия малого бизнеса (институт)», проректор по научной работе

Столбовой В. С. Доктор географических наук. ФГБНУ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», зав. лабораторией

Тикунов В. С. Доктор географических наук, профессор. МГУ им. М. В. Ломоносова, зав. лабораторией

Тишков А. А. Доктор географических наук, профессор. ФГБУН Институт географии Российской академии наук, зам. директора

Трифонова Т. А. Доктор биологических наук, профессор. МГУ им. М. В. Ломоносова, ведущий научный сотрудник

Фоменко Г. А. Доктор географических наук, профессор. Научно-исследовательский проектный институт «Кадастр», председатель правления

Ответственный редактор **Н. Е. Караваева**

Редактор-переводчик **М. Е. Покровская**

EDITORIAL BOARD JOURNAL "REGIONAL ENVIRONMENTAL ISSUES"

EDITOR-IN-CHIEF

Azhgirevich Artem I.

Ph.D. (Engineering), Chairman of the All-Rissian branch association of employers ECOSFERA, Russia

DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF:

Gutenev Vladimir V., Ph.D. (Engineering), Dr. Habil., Professor, Russia

Kochurov Boris I., Ph.D. (Geography), Dr. Habil., Professor, Russian Academy of Sciences, Institute of Geography, Russia

Lobkovsky Vasily A., Ph.D. (Geography), Head of the Department of Physical geography and environmental management problems

EDITORIAL BOARD MEMBERS:

Baklanov Petr Ja., Academician, Ph.D. (Geography), Dr. Habil., Professor, Russian Academy of Sciences, Pacific Institute of Geography, Russia

Glazachev Stanislav N., Ph.D. (Geography), Dr. Habil., Professor, Centre for Environmental and Teacher Education, Russia

Ivashkina Irina V., Ph.D. (Geography), Institute of Moscow City Master Plan, Russia

Imanov Nazim M., Ph.D. (Economics), Dr. Habil., Professor, Azerbaijan

Kamnev Alexander N., Ph.D. (Biology), Dr. Habil., Professor, Lomonosov Moscow State University, Russia

Kasimov Nikolay S., Academician, Ph.D. (Geography), Dr. Habil., Professor, Lomonosov Moscow State University, President of the Faculty of Geography, Russia

Kiryushin Valery I., Academician, Ph.D. (Biology), Dr. Habil., Professor, Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timeryazev, Russia

Kotlyakov Vladimir M., Academician, Ph.D. (Geography), Dr. Habil., Professor, Russian Academy of Sciences, Institute of Geography, Russia

Kolosov Vladimir A., Ph.D. (Geography), Dr. Habil., Professor, Russian Academy of Sciences, Institute of Geography, Russia

Kuznetsov Oleg L., Ph.D. (Engineering), Dr. Habil., Professor, President of the Russian Academy of Natural Sciences, Russia

Losev Kim S., Ph.D. (Geography), Dr. Habil., Professor, Russian Academy of Sciences, All-Russian Institute for Scientific and Technical Information, Russia

Mazirov Mikhail A., Ph.D. (Biology), Dr. Habil., Professor, Russian State Agrarian University — Timiryazev Moscow Agricultural Academy (RSAU — TMAA or RSAU — MAA named after K.A. Timiryazev), Russia

Nascimento Juli, Ph.D. (Urban Geography), Institute for Urban and Regional Planning of Ile-de-France, France

Rakhmanin Jury A., Academician, Ph.D. (Medicine), Dr. Habil., Professor, Russian Academy of Medical Sciences, Institute of Ecology and Environmental Hygiene named after A. I. Sysin, Russia

Rogozhin Konstantin L., Ph.D. (Physics and Mathematics), Dr. Habil., "Metropolitan Small Business Academy (Institute)", Vice-Rector, Russia

Stolbovoy Vladimir S., Ph.D. (Geography), Dr. Habil., Russian Academy of Agricultural Sciences, V. V. Dokuchayev Soil Institute, Russia

Tikunov Vladimir S., Ph.D. (Geography), Dr. Habil., Professor, Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Russia

Tishkov Arkady A., Ph.D. (Geography), Dr. Habil., Professor, Russian Academy of Sciences, Institute of Geography, Russia

Trifonova Tatiyana A., Ph.D. (Biology), Dr. Habil., Professor, Lomonosov Moscow State University, Faculty of Soil, Russia

Fomenko George A., Ph.D. (Geography), Dr. Habil., Scientific Research and Design Institute "Cadastr", Russia

EXECUTIVE EDITOR **Karavaeva Natalia E.**

EDITOR-TRANSLATOR **Pokrovskaya Marina E.**

ОБЩЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Проблемы Региональной Экологии

Учредитель журнала ООО Издательский дом «Камертон»
Издание зарегистрировано Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации ПИ № 77-17084.
Журнал издается с 1995 года

Решением президиума Высшей аттестационной комиссии журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук

Подписные индексы 84127 и 20490 в каталоге «Роспечать»

Журнал поступает в Государственную Думу Федерального собрания, Правительство РФ, аппарат администраций субъектов Федерации, ряд управлений Министерства обороны РФ и в другие государственные службы, министерства и ведомства.

Статьи рецензируются.
Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации, содержащейся в рекламных объявлениях.

Отпечатано в ООО «Адвансед солюшнз»
119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1
Тел./факс: (495) 770-36-59
E-mail: *om@aov.ru*

Подписано в печать 20.04.2019 г.
Формат $60 \times 84\,{}^{1}/_{8}$.
Печать офсетная.
Бумага офсетная № 1.
Объем 10,7 п. л.
Тираж 1150 экз.
Заказ № RE219

© ООО Издательский дом «Камертон», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Экология

Нго Хонг Нгиа, Л. А. Зенитова, Ле Куанг Зиен. Комплексная переработка отходов рисового производства с одновременным получением диоксида кремния, лигнина и целлюлозы 5

И. Н. Лыков, Н. Б. Лобода. Экологическое и медико-биологическое значение ландшафта и рельефа 12

М. В. Баумгертнер. Лишайники городов юга Кузбасса 17

Г. Т. Талайбекова, К. А. Кожобаев, Ж. К. Токпаева, Г. К. Эсенжанова, Н. Э. Тотубаева. Фитотестирование нефтезагрязненных почв с помощью фитотолерантных растений 20

А. П. Пакусина, Т. П. Платонова. Эколого-химическая характеристика малых рек в районе эксплуатации нефтеперекачивающей станции 25

А. В. Маркова, С. В. Ермолаева, А. П. Гончаренко. Зависимость содержания тяжелых металлов в синантропных растениях от условий техногенного загрязнения почв на примере города Ульяновска 29

Раздел 2. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов

Ю. А. Гулянов, А. А. Чибилев. Перспективы интеграции «цифрового землепользования» в ландшафтно-адаптивное земледелие степной зоны 32

Г. К. Эсенжанова, Н. Э. Тотубаева, Ж. К. Токпаева, Г. Т. Талайбекова, К. А. Кожобаев. Изменения некоторых показателей почв и грунтов города Балыкчы, загрязненных нефтепродуктами после ремедиации 38

С. Е. Коркин, В. А. Исыпов. Геоэкологический анализ береговых зон населенных пунктов, расположенных на широтном участке средней Оби 43

Н. Б. Нестерова. Динамика северотаежных ландшафтов в импактной зоне Кандалакшского алюминиевого завода 48

А. Г. Титова. Оценка влияния полигона твердых коммунальных отходов на окружающую среду с использованием междисциплинарного подхода 53

Раздел 3. Геоэкология

Н. С. Дега, Ф. Х. Бостанова, А. Р. Байрамкулова, Н. М. Корчагина. Геоэкологическая оценка окружающей среды Карачаево-Черкесской Республики 59

В. А. Щепетова, А. Е. Балюков. Прогнозирование и разработка сценариев аварийных ситуаций в газовой котельной (на примере предприятия г. Пенза) 65

По вопросам размещения рекламы и публикации статей обращаться в редакцию:
107014, г. Москва, ул. Стромынка, д. 9. (499) 346-82-06. E-mail: info@ecoregion.ru, http://www.ecoregion.ru

О. А. Чумакова. Использование мелких строительных песков и техногенных отходов в цементных композициях 69

Л. П. Милешко, А. С. Камышева, В. А. Милашич. Пути совершенствования системы обеспечения экологической безопасности региона 73

Раздел 4. Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география

И. Ю. Новоселова. Прогнозирование региональных конфликтов между населением и добывающей корпорацией 77

Л. С. Паршина. Индия — Союз штатов: разделение компетенций природопользования 82

А. Л. Новоселов, В. А. Лобковский. Экономическая оценка прошлого ущерба на уровне региона в условиях неопределенности 87

CONTENTS

Section 1. Ecology

N. H. Nghia, L. A. Zenitova, L. Q. Dien. Integrated processing of waste from rice production with the simultaneous production of silicon dioxide, lignin and cellulose 5

I. N. Lykov, N. B. Loboda. Ecological and medical-biological significance of landscape and relief 12

M. V. Baumgertner. Lichens of the cities in the south of the Kuzbass 17

G. T. Talaibekova, K. A. Kozhobaev, J. K. Tokpaieva, G. K. Esenzhanova, N. E. Totubaeva. Phytotesting of oil-contaminated soils using phytotolerant plants 20

A. P. Pakusina, T. P. Platonova. Environmental and chemical characteristics of small rivers in the area of operation of the oil pumping station 25

A. V. Markova, S. B. Ermolaeva, A. P. Goncharenko. Dependence of heavy metals content in synanthropic plants in the conditions of technogenic pollution of soils: a case study of the city of Ulyanovsk 29

Section 2. Physical geography and biogeography, soil geography and landscape geochemistry

Yu. A. Gulyanov, A. A. Chibilev. Prospects for the integration of “digital land use” in the landscape-adaptive farming of the steppe zone 32

G. K. Esenzhanova, N. E. Totubaeva, Zh. K. Tokpaeva, G. T. Talaibekova, K. A. Kozhobaev. Changes in some indicators of soils and grounds of the town of Balykchy polluted by oil products after remediation 38

S. E. Korkin, V. A. Isypov. Ecological safety of wastewater treatment 43

N. B. Nesterova. Dynamics of the North taiga landscapes in the impact zone of the Kandalaksha Aluminum Plant 48

A. G. Titova. Assessment of the impact of solid municipal waste landfills on the environment using an interdisciplinary approach 53

Section 3. Geoecology

N. S. Dega, F. H. Bostanova, A. R. Bairamkulova, N. M. Korchagina. Geoecological assessment of the environment of the Karachay-Cherkess Republic 59

V. A. Shchepetova, A. Ye. Balyukov. Forecasting and developing scenarios of emergencies in a gas boiler plant: a case study of the enterprise in Penza 65

O. A. Chumakova. The use of fine construction sand and technogenic waste in cement compositions 69

L. P. Mileshko, A. S. Kamysheva, V. A. Milashich. Ways to improve the system of environmental safety in the region 73

Section 4. Economic, social, political and recreational geography

I. Yu. Novoselova. Forecasting regional conflicts between the population and an extracting corporation 77

L. S. Parshina. India — the Union of States: sharing environmental competencies 82

A. L. Novoselov, V. A. Lobkovsky. Economic assessment of last damage at a region level under uncertainty conditions 87

УДК 504 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12005

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ РИСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА С ОДНОВРЕМЕННЫМ ПОЛУЧЕНИЕМ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ, ЛИГНИНА И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Нго Хонг Нгиа, *аспирант, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ngohongnghia@gmail.com, Казань, Россия,*
Л. А. Зенитова, *профессор, доктор технических наук, Заведующий кафедрой, Казанский национальный исследовательский технологический университет, liubov_zenitova@mail.ru, Казань, Россия,*
Ле Куанг Зиен, *доцент, заведующий кафедрой технологии целлюлозы и бумаги, Школа химической инженерии, Ханойский университет наук и технологий, dien.lequang@hust.edu.vn. Ханой, Вьетнам*

Рисовая шелуха является отходом производства риса. В настоящее время в некоторых азиатских странах, в том числе во Вьетнаме, обработка рисовой шелухи методом сжигания или бесконтрольного сброса создает риск загрязнения окружающей среды. В этой статье предлагается процесс извлечения полезных ингредиентов из рисовой шелухи с целью ее превращения из сельскохозяйственных отходов в возобновляемое сырье. Для растворения компонентов диоксида кремния и лигнина в рисовой шелухе проводят щелочную варку в 17,5 %-ном растворе NaOH с соотношением рисовая шелуха:щелочной раствор 1:10, время варки 2,5 часа при температуре 100 °С. Растворенные диоксид кремния и лигнин осаждались 15 %-ным H_2SO_4. Выход диоксида кремния составляет 11 % массы исходного материала, с эффективностью выделения 64 %. Исследования характеристик диоксида кремния методами рентгеновской дифракции и электронной микроскопии показали, что частицы диоксида кремния имеют нанометровые размеры, содержат кремния 49,8 %, кислорода 47,4 % и небольшое количество примесей. Количество полученного лигнина составляет 5,8 % от массы исходного материала, эффективность извлечения лигнина достигает 17,4 %. Количество целлюлозы составляет 66,7 % от массы исходного материала, эффективность извлечения целлюлозы 91,4 %.

Rice husk is a waste of rice production. Currently, in some Asian countries, including Vietnam, the processing of rice husks by burning or uncontrolled dumping creates the risk of environmental pollution. This article proposes the process of extracting useful ingredients from rice husks in order to turn rice husks from agricultural waste into renewable raw materials. To dissolve the components of silicon dioxide and lignin in rice husks, alkaline cooking is carried out in a 17.5 % NaOH solution with a rice husk: alkaline solution ratio of 1:10, the cooking time is 2.5 hours at a temperature of 100 °C. Dissolved silica and lignin are precipitated with 15 % H_2SO_4. The yield of silicon dioxide is 11 % of the mass of the starting material, with a recovery efficiency of 64 %. The studies of the characteristics of silicon dioxide by X-ray diffraction and electron microscopy showed that silica particles are nanometer-sized, contain 49.8 % silicon, 47.4 % oxygen and a small amount of impurities. The amount of lignin produced is 5.8 % of the starting material weight, the efficiency of lignin extraction reaches 17.4 %. The amount of cellulose is 66.7 % of the starting material weight, the extraction efficiency of cellulose is 91.4 %.

Ключевые слова: рисовая шелуха, диоксид кремния, лигнин, целлюлоза.

Keywords: rice husk, silicon dioxide, lignin, cellulose.

Введение. Рисовая шелуха — это внешний слой зерна, удаляемый после измельчения, масса которого составляет около 20 % от массы зерна [1, 2]. Ежегодно во всем мире производится около 80 миллионов тонн рисовой шелухи [3]. В настоящее время рисовая шелуха используется в качестве источника топлива для промышленных котлов, однако сфера ее применения ограничена из-за наличия некоторых недостатков, таких как низкая теплотворная способность, высокая влажность, большие затраты на сбор и транспортировку [3, 4]. Сжигание рисовой шелухи в полевых условиях приводит к образованию парниковых и токсичных газов, в том числе оксида углерода, летучих органических соединений, канцерогенных полициклических ароматических углеводородов, загрязняющих окружающую среду и влияющих на здоровье человека [5, 6]. В некоторых сельских районах на юге Вьетнама рисовая шелуха сбрасывается в реки и каналы, вызывая загрязнение воды и влияя на среду обитания живых организмов [5].

В состав рисовой шелухи входят 62,2 % холоцеллюлозы, 21,8 % лигнина и 16,0 % неорганических веществ [7]. Исследование извлечения ингредиентов из рисовой шелухи привлекает внимание многих ученых. Так, диоксид кремния из рисовой шелухи выделяли в виде аморфного кремнезема методом озоления с использованием электроэнергии при 700 °С в течение 6 часов [8], или в печи при температуре 600—1200 °С.

Полученный кремнезем имеет аморфную структуру и размер 1—10 нм, а при температуре 1000 °С кремнезем находится в кристаллическом состоянии [9, 10]. Для получения кремнезема химическим методом золу рисовой шелухи обрабатывают щелочью, а затем осаждают рядом различных кислот [11—13]. Лигнин из рисовой шелухи получают с использованием 1 %-ного раствора перекиси водорода при соотношении рисовая шелуха : раствор перекиси водорода 1:6, а затем смесь доводят до pH 9,0 с помощью раствора 2N щелочи и кипячения в течение 2 часов [14].

В данном исследовании приводится метод одновременного получения из рисовой шелухи оксида кремния, лигнина и целлюлозы, что дает возможность более рационального использования отходов сельскохозяйственных производств.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования использовалась шелуха риса с производства переработки риса в провинции с Тхай Бинь, Вьетнам. Содержание основных компонентов шелухи: 30,3 % целлюлозы; 33,4 % лигнина; зольность 15,7 %.

Эксперимент проводился с 300 г рисовой шелухи в емкости объемом 5 л. Чтобы растворить компоненты рисовой шелухи — лигнин и кремнезем — ее обрабатывают 17,5 %-ным щелочным раствором в соотношении сухая шелуха и щелочной раствор 1:10. Процесс варки осуществляется при 100 °С в течение 2,5 часов. По окончании процесса варки полученную жидкость (черный щелок) отфильтровывали от твердого остатка и использовали с целью получения наноцеллюлозы.

Черный щелок обрабатывали раствором 15 %-ной серной кислоты. Кислотная обработка для выделения диоксида кремния и лигнина проводилась в два этапа. При pH 8,5 в растворе появлялся гелеобразный осадок диоксида кремния, который отфильтровывали. Далее раствор после фильтрации обрабатывается 15 %-ной серной кислотой до достижения pH 3,0 с целью извлечения лигнина. Принципиальная технологическая схема для извлечения целлюлозы, кремнезема и лигнина из рисовой шелухи показана на рисунке 1.

Диоксид кремня охарактеризовали с помощью сканирующей электронной микроскопии с использованием микроскопа FESEMJEOLJSM-7600F, рентгеновской дифрактометрии XRD и ИК-спектрометрии.

Результаты и их обсуждение

Рисовая шелуха, использованная в исследовании, представляет собой комбинацию многих

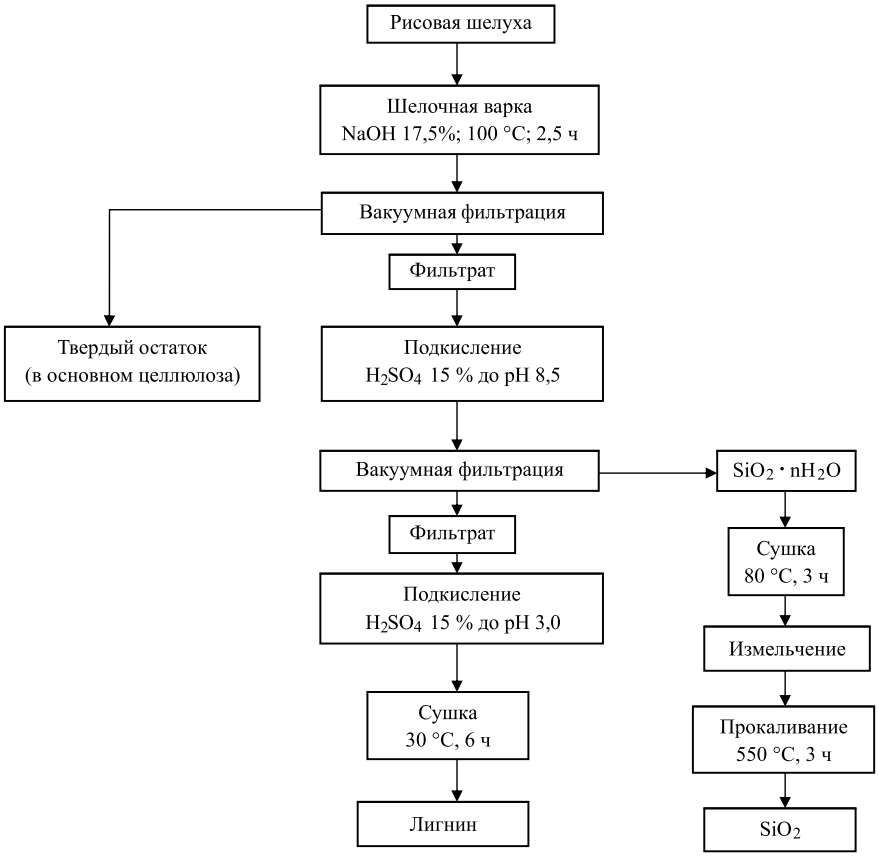


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема получения целевых компонентов из рисовой шелухи

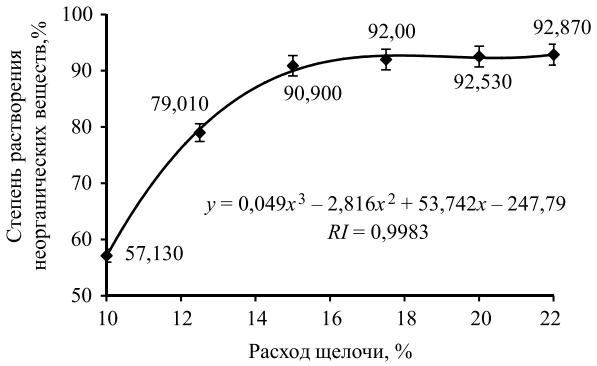


Рис. 2. Влияние расхода щелочи на степень растворения неорганических веществ. Температура обработки: 100 °С, продолжительность 3 часа

компонентов, таких как целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин и неорганические вещества (в основном кремниевые компоненты). При обработке рисовой шелухи методом щелочной варки соединения кремния и лигнин в рисовой шелухе растворяются. С целью получения максимального количества целлюлозы, кремния и лигнина из рисовой шелухи были проведены эксперименты по влиянию параметров расхода щелочности, температуры и времени варки.

Результаты исследований влияния расхода щелочи на уровень растворимости неорганических веществ и лигнина (рис. 2) показывают, что уровень растворимости увеличивается с ростом концентрации используемой щелочи; 17,5 %-ная концентрация щелочи оказалась оптимальной для щелочной варки. Далее растворимость неорганических веществ не увеличивается, несмотря на рост концентрации NaOH.

Повышение температуры варки способствует разрушению устойчивой структуры клеточных стенок рисовой шелухи и соединений кремния. Результаты исследований (рис. 3) показывают, что при проведении щелочной варки при темпе-

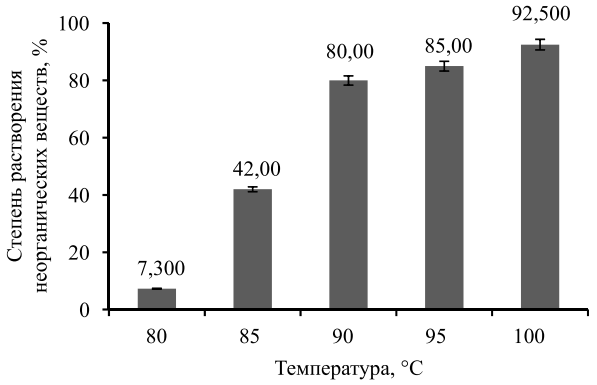


Рис. 3. Влияние температуры щелочной варки шелухи риса на степень растворения неорганических веществ (17,5 %-ная концентрация щелочи, продолжительность 3 часа)

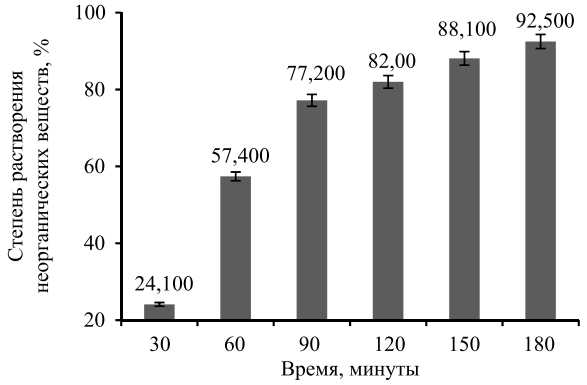


Рис. 4. Влияние времени щелочной варки на степень растворения неорганических веществ. 17,5 %-ная концентрация щелочи, температура обработки 100 °С

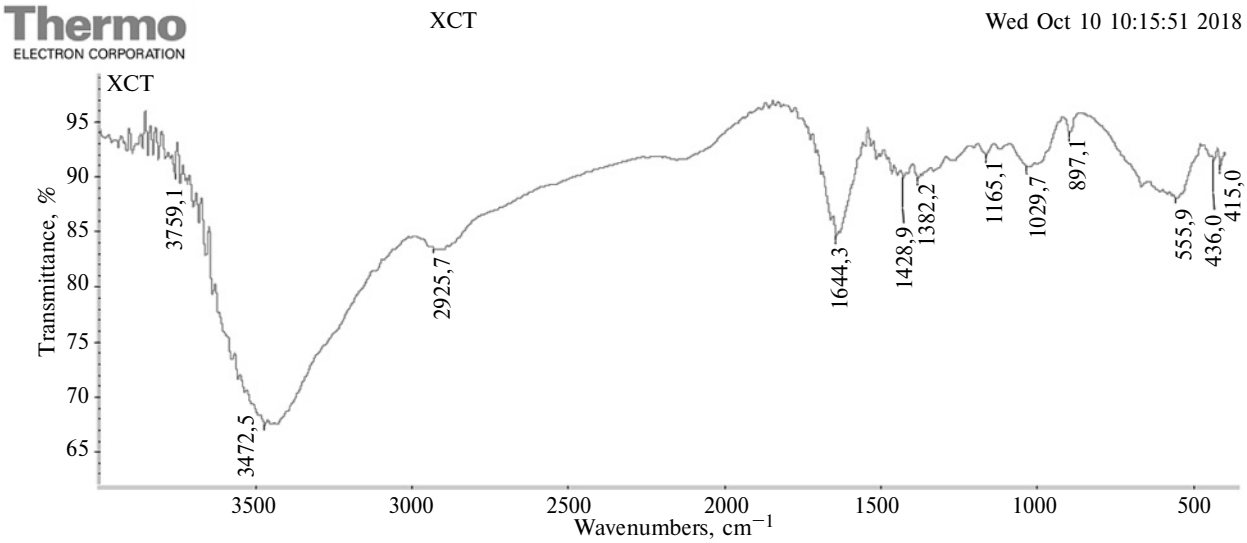
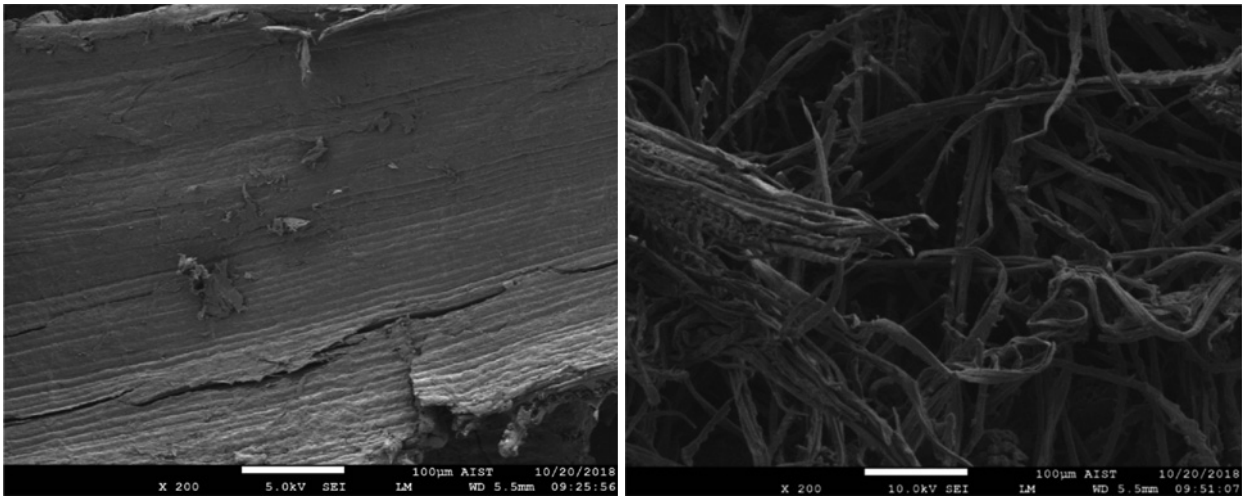


Рис. 5. Инфракрасный спектр твердого остатка



а) *б*)

Рис. 6. Электронная микрофотография твердого остатка (а — небеленая целлюлоза; б — беленая)

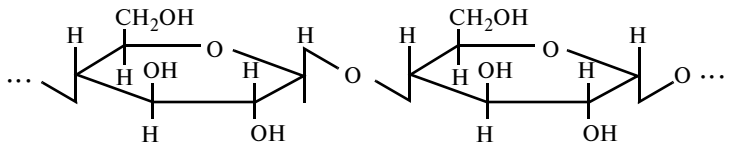
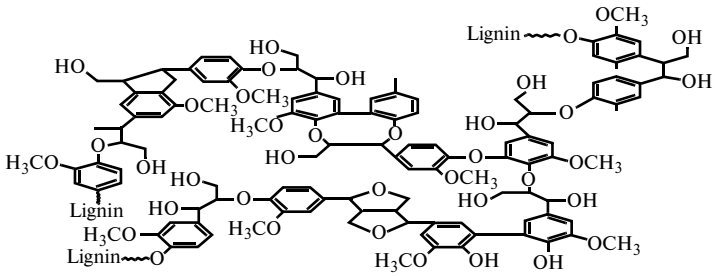
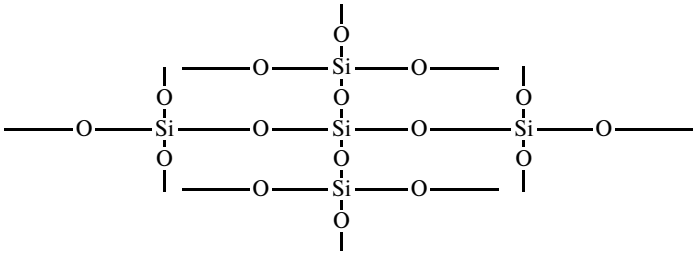
ратуре кипения эффективность выделения неорганических веществ рисовой шелухи наиболее высокая (~93 %).

Для оптимизации времени обработки щелочная варка проводилась при концентрации щелочи 17,5 % и температуре обработки 100 °С. Время варьировали от 60 до 180 минут. Полученные результаты (рис. 4) показали, что для растворения ~90 % неорганических веществ шелухи, а это практически предел извлечения, необходимо время ~150—180 мин.

С помощью серии экспериментов, исследующих влияние использования щелочи, выявлено, что наивысший выход неорганических веществ наблюдается при щелочной варке рисовой шелухи с соотношением сырья и щелочного раство-

Таблица 1

Состав основных соединений в рисовой шелухе и твердых остатках, % мас.

Вещество	Структурная формула	В шелухе	В твердом остатке
Целлюлоза		30,3	57,3
Лигнин		15,7	2,72
Неорганические вещества (диоксид кремния)		33,4	2,35

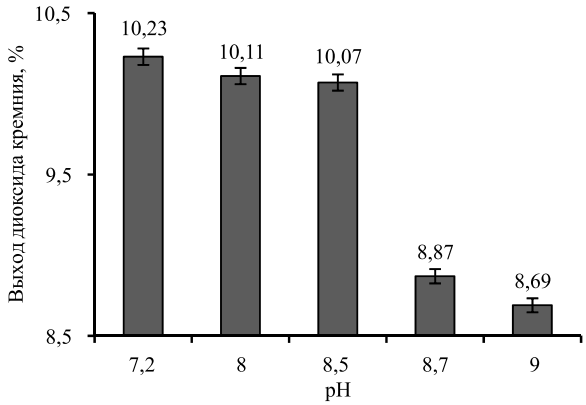


Рис. 7. Влияние pH при обработке 15 %-ной серной кислотой на выход диоксида кремния из щелочного раствора

ра 17,5 %, равным 1:10, времени варки 2,5 часа и температуры 100 °С. Из 300 г рисовой шелухи, обработанной 3 л щелочного раствора, после варки получается 2,5 л черного щелока и 145 г твердого остатка (целлюлоза).

Результаты анализа состава твердого остатка, приведенные в таблице 1, показывают, что содержание некоторых соединений изменилось по сравнению с исходным материалом: содержание целлюлозы повышается, а содержание неорганических веществ и лигнина уменьшается.

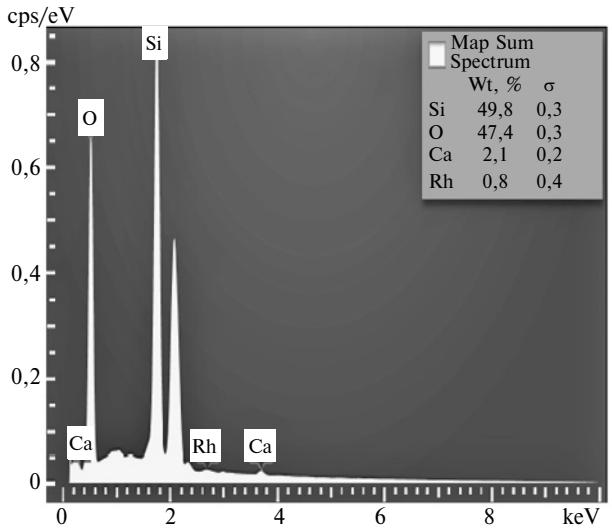
Анализ инфракрасных спектров твердого остатка (рис. 5) показывает все наиболее характерные пики поглощения для целлюлозы: 3300—3500, 2925, 1428, 1165 см$^{-1}$. В частности, пик поглощения 2925 см$^{-1}$ характерен для изменения деформации звена CH, пик поглощения 1428 см$^{-1}$ характерен для валентных колебаний звена CH, пик поглощения 1165 см$^{-1}$ характерен для эфирной связи и пик поглощения 3472 см$^{-1}$ характеризует валентное колебание гидроксильной группы.

На электронной микрофотографии целлюлозы видна микроскопическая структуру рисовой шелухи, а шероховатая форма целлюлозы еще не наблюдается (рис. 6). В структуре твердого остатка также имеется гемицеллюлозный компонент и небольшое количество лигнина, эти компоненты инкапсулируют целлюлозное микроволокно. Полученный твердый остаток можно рассматривать как важный источник биомассы лигноксенцеллюлозы для дальнейших исследований по получению наноцеллюлозы.

Черный щелок, полученный после щелочного процесса, обрабатывается 15 %-ным H_2SO_4 для извлечения диоксида кремния и лигнина. Было установлено, что при обработке серной кислотой до значения pH ≥ 9,0 лигнин еще не выпадает в осадок, а диоксид кремния осаждается не полностью (судя по зольности полученного осажденного лигнина при обработке до pH = 3,0). Дальнейшее снижение pH приводило к частичному осаждению лигнина, который полностью осаждается при pH ≤ 3,0. В пределе при pH ≤ 7,2 в растворе остался практически только лигнин. Исходя из этой особенности процесса осаждения, были проведены эксперименты по изучению влияния значения pH на эффективность выделения диоксида кремния из щелочного раствора при обработке его 15 %-ной серной кислотой. Результаты (рис. 7) показали, что значение pH 8,5 оптимальное, при этом выход диоксида кремня был около 10 % от массы рисовой шелухи.

Выход полученных продуктов по сравнению с массой исходного материала и эффективность извлечения показаны в таблице 2.

Дисперсионный анализ спектра полученного диоксида кремния показывает, что продукт в основном состоит из кремния (49,8 %) и кислорода



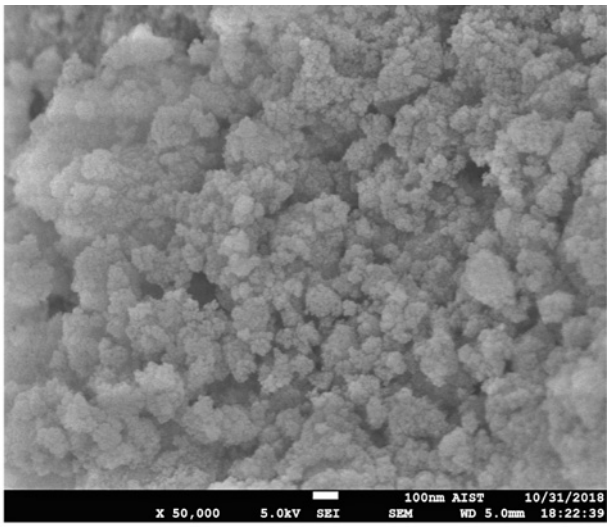


Рис. 8. Спектрограмма и SEM-изображение частиц диоксида кремния

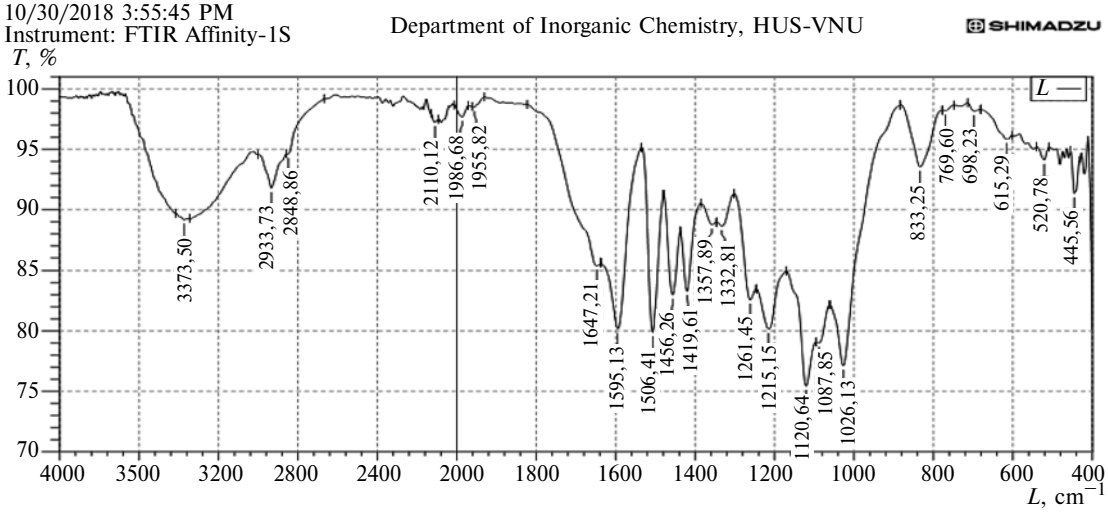


Рис. 9. Инфракрасный спектр лигнина

(47,4 %), кроме того, в небольшом количестве присутствуют другие примеси. На SEM-изображении образца полученного диоксида кремния видно, что размер его частиц меньше 100 нм, при этом частицы имеют тенденцию к агломерации (рис. 8).

На рис. 9 приведен инфракрасный спектр лигнина, полученного из рисовой шелухи. Пики поглощения при 3373 см$^{-1}$ характеризуют валентные колебания гидроксильной группы в фенольных и алифатических структурах, пик при 2933 см$^{-1}$ характеризует изменение деформации связи CH в ароматических метоксильных группах, пик поглощения при 1595 и 1647 см$^{-1}$ характеризует деформацию олефинового цикла и связей C=C, пик поглощения при 1506 см$^{-1}$ характерен для ароматических колец, и пик поглощения при 1261 см$^{-1}$ представляет собой деформацию связи C—O сложного ароматического эфира или простого эфирного кислорода.

Таблица 2

Эффективность извлечения диоксида кремния и лигнина из рисовой шелухи

Вещество	Масса продукта, % (по сравнению с исходным материалом)	Эффективность извлечения, %
Диоксид кремния	11,0	64,0
Лигнин	5,8	17,4

Выводы

1. Разработан щелочной процесс одновременного получения диоксида кремния, лигнина и твердого остатка, содержащего целлюлозу из отходов рисового производства — рисовой шелухи.

2. Высокое качество полученных продуктов позволяет рекомендовать их использование в различных химических технологиях.

Библиографический список/References

1. Patil N. B., Sharanagouda H. Rice husk and its applications: Review. *International journal of current microbiology and applied sciences.* 2017. ISSN: 2319 — 7706, Vol. 6, No. 10. P. 1144—1156.
2. Rice market monitor. FAO. 2017. Vol. XX.
3. Fang M., Yang L., Chen G., Shi Z., Luo Z., Cen K. Experimental study on rice husk combustion in a circulation g fluidized bed. *Fuel Processing Technology 85.* 2004. Doi: 10.1016/j.fuproc.2003.08.002.
4. Kuprianov V. I., Rachadaporn Kaewklum, Kasama Sirisomboon, Porametr Arromdee, Songpol Chakrithakul. Combustion and emission characteristics of a swirling fluidized-bed combustor burning moisturized rice husk. *Applied Energy 87.* 2010. P. 2899—2906.
5. Pham Thi Mai Thao, Kiyo H. Kurisu, Keisuke Hanaki. Greenhouse gas emission mitigation potential of rice husks for the An Giang Province, VietNam. *Biomass and Bioenergy 35.* 2011. P. 3656—3666.
6. Danutawat Tipayarom and Nguyen Thi Kim Oanh. Effects from Open Rice Straw Burning Emission on Air Quality in the Bangkok Metropolitan Region. *Science Asia 33.* 2007. P. 339—345.
7. Davide Barana, Anika Salanti, Marco Orlandi, Danish S. Ali, Luca Zoia. Biorefinery process for the simultaneous recovery of lignin, hemicelluloses, cellulose nanocrystals and silica from rice husk and Arundodonax. *Industrial Crops and Products 86.* 2016. P. 31—39.
8. Ragini P., Dongre R., Meshram J. Preparation of silica powder from rice husk. *Journal of Applied Chemistry.* 2014. P. 26—29.

9. Yang H., Liu B., Chen Y., Li B., Chen H. Influence of inherent silicon and metals in rice husk on the char properties and associated silica structure. *Energy Fuels*. 2015. Vol. 29. No. 11. P. 7327—7334.
10. Khushbu G. Patel, Rakshith R. Shettigar, Nirenda M. Misra. Recent Advance in Silica Production Technologies from Agricultural Waste Stream — Review. *Journal of Advance Agricultural Technologies*. Vol. 4. No. 3. 2017.
11. Kalapathy U., Proctor A., Shultz J. A simple method for production of pure silica from rice huskash. *Bioresource Technology*. Vol. 73. P. 257—262. 2000.
12. Nayak J., Bera J. A simple method for production of humidity indicating silicagel from rice husk ask. *Journal of Metal, Materials and Minerals*. Vol. 19, No. 2, P. 15—19. 2009.
13. Selvakumar K. V., Umesh A., Ezhikumar P., Gayatri S., Vinith P., Vignesh V. Extraction of silica from burnt paddy husk. *International Journal of Chem. Tech. Research*. Vol. 6, No. 9. P. 4455—4459. 2014.
14. Anwar Maruf, Bambang Pramudono, Nita Aryanti. Lignin Isolation Process from Rice Husk by Alkaline Hydrogen Peroxide: Lignin and Silica Extracted. *International Conference on Chemistry, Chemical Process and Engineering*. 2017. DOI: 10.1063/1.4978086.

INTEGRATED PROCESSING OF WASTE FROM RICE PRODUCTION WITH THE SIMULTANEOUS PRODUCTION OF SILICON DIOXIDE, LIGNIN AND CELLULOSE

Nghia N. H. Postgraduate student of the Department of Technology of Synthetic Rubber. Institute of Polymers.
Kazan National Research Technological University. E-mail: ngohongnghia@gmail.com. Kazan. Russia.
Zenitova L. A. Professor, Ph. D. (Engineering), Dr. Habil., Head of the Department of Synthetic Rubber Technology.
Institute of Polymers. Kazan National Research Technological University. E-mail: liubov_zenitova@mail.ru. Kazan. Russia.
Dien L. Q. Associate Professor, Head of the Department of Cellulose and paper. Institute of Chemical Engineering.
Hanoi University of Technology. E-mail: lequangdients@gmail.com. Ha Noi, Viet Nam.

УДК 574.24 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12012

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЛАНДШАФТА И РЕЛЬЕФА

И. Н. Лыков, *д. б. н., профессор, научный руководитель Института естествознания, linprof47@yandex.ru,*
Н. Б. Лобода, *к. б. н., заведующая кафедрой медико-биологических дисциплин Института естествознания, Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского (КГУ им. К. Э. Циолковского), medbiokaf@yandex.ru, Калуга, Россия*

В статье рассматриваются вопросы влияния ландшафта и рельефа на качество среды обитания человека. Дана характеристика ландшафта и рельефа. В последнее время изучение ландшафта и рельефа антропоэкосистемы получило повышенное внимание из-за воздействия на биологическое разнообразие, экосистемные услуги и экологическую устойчивость. Известно, что ландшафт влияет на людей разными способами, включая эстетический аспект и здоровье. Целью данной работы является обзор различных аспектов влияния ландшафта и рельефа в условиях антропоэкосистемы (естественный, экологичный, культурный, визуальный, художественный). В статье рассмотрены основные принципы концепции ландшафтного дизайна, роль ландшафта в лечении, реабилитации и поддержании здоровья человека. Обсуждаются вопросы терапевтического ландшафта, вопросы влияния зрительного дискомфорта на депрессии и стрессы. В целом, природные ландшафты дают более сильный положительный эффект на здоровье по сравнению с городскими пейзажами. Пребывание в природных ландшафтах помогает снять умственную усталость и стрессовое состояние. Но измененные ландшафты могут оказывать менее позитивное, а в некоторых случаях и негативное влияние на здоровье. Показано влияние измененного ландшафта и рельефа на жителей города на примере города Калуги.

The article deals with the influence of the landscape and relief on the quality of human habitat. The characteristic of the landscape and relief is given. Recently, the study of the landscape and topography of the anthropo-ecosystem has received increased attention because of its impact on biological diversity, ecosystem services and environmental sustainability. It is known that the landscape affects people in different ways, including the aesthetic aspect and health. The aim of this work is to review various aspects of landscape and relief influence in the anthropo-ecosystem (natural, ecological, cultural, visual, artistic). The article describes the basic principles of the concept of landscape design, the role of landscape in the treatment, rehabilitation and maintenance of human health. The issues of therapeutic landscape, the influence of visual discomfort on depression and stress are discussed. In general, natural landscapes have a stronger positive effect on health as compared to urban landscapes. Staying in natural landscapes helps relieve mental fatigue and stress. But altered landscapes can have less positive and, in some cases, negative health effects. The influence of the changed landscape and relief on the residents of the town in the case study of Kaluga is shown.

Ключевые слова: ландшафт, рельеф, антропоэкосистема, ландшафтный дизайн, зрительный дискомфорт, стресс, терапевтический эффект.

Keywords: landscape, relief, anthropo-ecosystem, landscape design, visual discomfort, stress, therapeutic effect.

Современный ландшафт города как жизненная среда для его жителей является неотъемлемой частью среды обитания, которая сформировалась в результате взаимодействия природных и антропогенных факторов. Формирование городского ландшафта предусматривает создание пространства, в котором сгруппированы взаимосвязанные компоненты (геологические породы, подземные воды, почвы, растительность, атмосферный воздух, микроклимат и рельеф). Городской ландшафт предусматривает создание благоприятных санитарно-гигиенических условий, пространственную организацию различных видов деятельности (производственной деятельности, отдыха, быта и т. д.) [1—3].

Городская среда формировалась под влиянием процессов, происходящих в обществе на каждом историческом этапе, и влияет на социальное благополучие, мировоззрение, отношения, поведение и культуру граждан. Поэтому городская среда должна соответствовать функциональным, эстетическим, духовным, культурным и другим человеческим потребностям, которые способствуют созданию благоприятных условий для жизнедеятельности [4].

Проблемы взаимодействия человека и природы возрастали пропорционально ускорению научно-технического прогресса и трансформации городской среды. В течение XX века культурные ландшафты городов быстро деградировали в результате активной урбанизации, резкого увеличения численности городского населения, индустриализации и загрязнения окружающей среды. Происходила замена естественных природных ландшафтов искусственно созданными элементами окружающей среды. Наблюдались необратимые изменения химического и механического состава почв [5].

Характеристика ландшафта и его изменений имеет важное значение в оценке антропоэкосистемы, так как здоровье населения и заболеваемость всегда имеют пространственный характер. Разумное планирование предполагает максимальное сохранение естественной среды, что обеспечивает тесный контакт человека с природой, создание инфраструктуры, объединяющей жилье,

работу и отдых. Сохранение местообитания растений и животных в городе создает необходимые условия для поддержания качества жизни и формирования благоприятных санитарно-гигиенических условий [1—3].

Ландшафт является важной частью качества жизни людей во всем мире как в городской, так и в сельской местности. Он отличается перцепционными (от лат. perceptio — представление, восприятие), эстетическими и терапевтическими свойствами. Мы воспринимаем ландшафт через наши органы чувств, поэтому он влияет на наше благополучие [6, 7]. Формирование городской среды как целостного пространства требует сочетания оптимального уровня комфорта граждан и максимального сохранения природных компонентов [8].

Для благополучия человека необходима не только сохранившаяся природа в городской среде, но и ландшафт, эстетически и структурно соответствующий современным потребностям общества. Для решения возникающих проблем, для эффективного использования ландшафтных компонентов городских открытых пространств, для обеспечения необходимого уровня комфорта и визуального выражения ландшафтных объектов городской среды, необходим ландшафтный дизайн. Он позволяет достичь функциональности, которая является важнейшим качеством окружающей среды, ее устойчивости и биоразнообразия. Основной функцией ландшафтного дизайна является организация и управление практической трансформацией ландшафтного объекта в гармоничной, эстетически приятной среде. Внедрение элементов ландшафтного дизайна дает человеку возможность комфортно жить в городском пространстве [9]. Концепция ландшафтного дизайна включает в себя принципы экологической устойчивости, эстетического совершенства, универсальности и экономической эффективности.

Принцип экологической устойчивости подразумевает способность природы к саморегуляции посредством реализации мероприятий экологической направленности, обеспечивающих сохранение природы, снижения уровня загрязнения воды, воздуха, почвы. Принцип экологической устойчивости предупреждает хаотичное влияние города на его природную среду.

Принцип эстетического совершенства реализуется через световые, художественные, архитектурные, композиционные решения. Пространственное разнообразие и цветовая гамма создают визуальный комфорт.

Принцип универсальности является основополагающим принципом устойчивой городской среды. Он подразумевает создание доступной среды для всех категорий населения с учетом интересов всех возрастных групп здоровых людей и людей с ограниченными возможностями.

Принцип экономической эффективности подразумевает эффективное использование рабочей силы и ресурсов, необходимых для достижения полезного результата.

Общеизвестно, что контакт с природой в ее многочисленных и разнообразных формах способствует здоровью человека. Существует большое количество доказательств, свидетельствующих о роли ландшафта в лечении, восстановлении и поддержании здоровья человека. Пребывание человека в неблагоприятной среде способствует повышению артериального давления, нарушению сердечного ритма, увеличению содержания кортизола в сыворотке крови и др. [7, 10, 11]. Это провоцирует стрессовое состояние человека.

В то же время благоприятный ландшафт способствует снятию стресса, что обусловлено эффектом созерцания естественной природы и природной цветовой гаммой. Зеленый цвет генетически ассоциируется у человека как убежище и является менее стрессовым, чем красный или желтый цвета, означающие огонь и опасность. Причина этого предпочтения связана с эволюцией человека, его поведенческой реакцией и выживанием в первобытной окружающей среде. Люди прятались от потенциальной опасности в зеленом массиве, который не только защищал от врагов, но помогал древним людям оправиться от стресса [12].

Взаимосвязь ландшафта и здоровья лежит в основе идеи терапевтических ландшафтов [13]. Терапевтический ландшафт включает пространства, которые способствуют оздоровлению, реабилитации, поддержанию здоровья и благополучия человека [14—16]. Это могут быть национальные парки, городские ландшафты, сады, леса и лесопарки, а также сельские ландшафты [17]. Взаимосвязь между здоровьем и ландшафтом отмечена в документах Комиссии по социальным детерминантам здоровья ООН (CSDH) [18, 19]. В них содержится призыв к «здоровым местам для здоровья людей».

Неразумное и непродуманное изменение ландшафта влечет за собой зрительный дискомфорт, который является важным показателем качества окружающей среды. Он возникает от недостатка света, от чрезмерных контрастов и слепящих источников, от «визуального хаоса» городской архитектуры. Зрительный дискомфорт даже в течение относительно недолгого пребывания человека в городской среде утомляет его, вызывает

раздражение, депрессии и стрессы [11, 20]. Причем зрительный дискомфорт в большей степени влияет на женский организм, так как в условиях города нагрузка на зрение у женщин в 4 раза превышает нагрузку на слух.

Одним из наиболее существенных природных пространствообразующих факторов местности, определяющих характер ландшафта, является рельеф. Сама структура рельефа создает условия для формирования ландшафтно-экологического потенциала территорий различных районов города и содержит в себе потенциал для его возможного улучшения. Рельеф определяет планировочную структуру города, направленность его пространств, их раскрытость или замкнутость, возможность самоочищения городских территорий. Он влияет на сток, инсоляцию, эрозионно-аккумулятивный процесс [1].

Влияние рельефа и ландшафта на жителей города можно показать на примере города Калуги. Рельеф города Калуги, расположенного на высоком левом берегу р. Оки, весьма разнообразен, хотя и претерпел большие изменения по сравнению с началом XX века. Тогда город был компактным, малоэтажным, с большим количеством садов. Улицы города располагались таким образом, что обеспечивали хорошее проветривание города со стороны соснового бора и пригородных лесов. Овраги, пересекавшие город, выполняли роль дренажной системы, роль аккумуляторов и нейтрализаторов атмосферных выбросов. Улицы мостились булыжником, а тротуары — плиткой, что способствовало пропитыванию почвы влагой и улучшало микроклимат в городе.

Южная часть города обращена к р. Оке, которая до 60-х годов нынешнего столетия была самой чистой рекой Европы, более полноводной и судоходной. На западе город граничит с уникальным лесным массивом — Калужским бором. С северо-западной и северной части к городу примыкали обширные территории заливных лугов и пригородных лесов. Это обеспечивало городу приток свежего, очищенного воздуха. С востока город вплотную примыкал к пригородным дубовым лесам.

Но с конца 50-х — начала 60-х годов XX века началось значительное изменение рельефа города: засыпáлись овраги, строились многоэтажные дома, формировались промышленные зоны за счет вырубки лесов, расширялись жилые микрорайоны. По мере застройки города не были должным образом учтены особенности его рельефа, климатические факторы, условия шумовой нагрузки улиц, особенности жизни и психологии людей, большинство из которых приехали в город из сельской местности. Это отразилось на эколого-гигиенических условиях проживания жителей города, на состоянии окружающей природной среды, на интенсивности эрозионных процессов. Нерациональная и однообразная застройка, небольшие по площади и неудобные квартиры привели к возникновению целого ряда нервно-психических заболеваний, которые англичане назвали «грустью новых городов» [4]. В итоге, уже к 1970 году нервно-психическими заболеваниями страдало до 10 % населения города Калуги.

Изменился растительный покров. На смену уничтожаемому природному ландшафту пришли искусственные посадки зеленых насаждений, не приспособленных к жизни в условиях города, не сочетающихся с городской архитектурой и не выполняющих в необходимой мере защитных экологических функций.

Преобразование рельефа застраиваемых территорий, засыпка оврагов, глубокие и мощные фундаменты домов привели к изменению характера стока поверхностных вод, повышению уровня грунтовых вод и скоплению их в подвалах домов. Это способствовало резкому увеличению численности комаров, появлению мощных эрозионных процессов в западной и юго-западной части города, повышению концентрации радона в подвальных помещениях и первых этажах жилых зданий.

Изменение рельефа, появление зданий различных объемов и конфигураций, изменение характера растительности изменило аэродинамические характеристики в различных участках города. Например, при строительстве зданий повышенной этажности наблюдается вихреобразование, которое влияет на ветровые условия для пешеходов, для жителей рядом стоящих домов. В местах понижения рельефа, интенсивной промышленной и жилой застройки снижается способность городской атмосферы к самоочищению, происходит явление застоя, кумуляции атмосферных выбросов в приземном слое, появляются так называемые «аэрационные ямы», в которых надолго зависают смоговые «линзы».

Такие преобразования рельефа и связанные с этим изменения в окружающей природной среде сказываются на здоровье городского населения. Они способствуют появлению у жителей города синдрома психологической усталости, «болезней адаптации» и в первую очередь стресса, функциональных изменений сердечно-сосудистой системы. Однообразие и монотонность городского ландшафта, особенно в осенне-зимний период, усиливают психоэмоциональное напряжение. Поэтому ландшафт города и пригорода помимо

прочего, должен иметь формы тихого созерцательного отдыха.

Таким образом, ландшафт оказывает определяющее влияние на психоэмоциональное состояние человека, на жизнеспособность всей антропоэкосистемы. Поэтому сохранение естественного ландшафта и его формирование в условиях городской среды, внедрение элементов ландшафтного дизайна является важнейшим элементом муниципальной политики.

Библиографический список

1. Лыков И. Н., Шестакова Г. А. Техногенные системы и экологический риск. — М.: Глобус, 2005. — 260 с.
2. Li Yang, Feng Qian, Doudou Zhao. Analysis of the modern residential district planning and design. *Alexandria Engineering Journal*. 2016. Vol. 55. No. 2. P. 1447—1454.
3. Бочаров В. Л., Бугреева М. Н., Батов В. М. Экологические проблемы малых городов России // II Всероссийская научно-практическая конференция. Антропогенное воздействие и здоровье человека. Тезисы докладов. — Калуга. — 1995. — С. 11—12.
4. Ajzen I. Nature and operation of attitudes. *Annual Review of Psychology*. 2001. Vol. 52 (1). P. 27—58.
5. Colin Ellard. Streets with no game. 2015. https://aeon.co/essays/why-boring-streets-make-pedestrians-stressed-and-unhappy
6. Manjari Rai. Sustainable Urban Landscape Practices: A New Concept to Reduce Ecological Degradation. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2016. Vol. 7. No. 12. P. 495—499.
7. Svein Åge Kjøs Johnsen, Leif W. Rydstedta. Active Use of the Natural Environment for Emotion Regulation. *Europe's Journal of Psychology*. 2013. Vol. 9 (4). P. 798—819.
8. Laura Menatti, Antonio Casado da Rocha. Landscape and Health: Connecting Psychology, Aesthetics, and Philosophy through the Concept of Affordance Front. *Psychol*. 2016. No. 7. P. 571.
9. Cross Butkus M. All health is local: biodiversity, ethics, and human health. *Ethics Policy Environ*. 2015. No. 18. P. 1—15.
10. Nassauer J. I. Landscape as a medium and method for synthesis in urban ecological design. *Landsc. Urban Plan*. 2012. Vol. 106. P. 221—229.
11. Ward Thompson C. Linking landscape and health: the recurring theme. *Landsc. Urban Plan*. 2011. Vol. 99. P. 187—195.
12. Ward Thompson C., Aspinall P., Roe J. Access to green space in disadvantaged urban communities: evidence of salutogenic effects based on biomarker and self-report measures of wellbeing. *Proc. Soc. Behav. Sci*. 2014. Vol. 153. P. 10—22.
13. Terry Hartig, Richard Mitchell, Sjerp de Vries, Howard Frumkin. Nature and Health Review in Advance. *Annu. Rev. Public Health*. 2014. Vol. 35, P. 21—22. http://publhealth.annualreviews.org
14. Heft H. Affordances and the perception of landscape: an inquiry into environmental perception and aesthetics. *Innovative Approaches to Researching Landscape and Health*. 2010. P. 9—32.
15. Kuo M. How might contact nature promote human health? Promising mechanisms and a possible central pathway. *Front. Psychol*. 2015. No. 6. P. 1093.
16. Menatti L. Landscape as a common good: a philosophical and epistemological analysis. *Q. Care*. 2014. No. 6. P. 40—42.
17. Shanahan D. F., Fuller R. A., Bush R., Lin B. B., Gaston K. J. The Health Benefits of Urban Nature. How much do we need? *Bioscience*. 2015. Vol. 65. P. 476—485.
18. Ликвидировать разрыв в течение жизни одного поколения. Соблюдение принципа справедливости в здравоохранении путем воздействия на социальные детерминанты здоровья. Заключительный доклад Комиссии по социальным детерминантам здоровья. — Женева, Всемирная организация здравоохранения. — 2008. http://whqlibdoc.who.int/hq/2008/ WHO_IER_CSDH_08.1_rus.pdf
19. Социальные детерминанты здоровья. Всемирная организация здравоохранения. Шестьдесят шестая сессия всемирной ассамблеи здравоохранения. 11 марта 2013 г. Доклад Секретариата. http://docplayer.ru/41739070-Socialnye-determinanty-zdorovya.html
20. Ulrich R. S., Simons R., Losito B. D., Fiorito E., Miles M. A., Zelson M. Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *J. Environ. Psychol*. 1991. No. 11. P. 201—230.

ECOLOGICAL AND MEDICAL-BIOLOGICAL SIGNIFICANCE OF LANDSCAPE AND RELIEF

I. N. Lykov, Ph. D. (Biology), Dr. Habil., Professor, Tsiolkovskiy Kaluga State University, Scientific advisor, Institute of Natural Science, Head of the Department of Botany, Microbiology and Ecology, linprof47@yandex.ru;
N. B. Loboda, Ph. D. (Biology), Head of the Department of Biomedical Sciences Tsiolkovskiy Kaluga State University, medbiokaf@yandex.ru Kaluga, Russia

References

1. Lykov I. N., Shestakova G. A. Tehnogennye sistemy i ekologicheskij risk [Technogenic systems and environmental risk]. Moscow, Globus, 2005. 260 p. [in Russian]
2. Li Yang, Feng Qian, Doudou Zhao. Analysis of the modern residential district planning and design. *Alexandria Engineering Journal*. 2016. Vol. 55. No. 2. P. 1447—1454.
3. Bocharov V. L., Bugreeva M. N., Batov V. M. II Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. Antropogennoe vozdejstvie i zdorov'e cheloveka. *Tez. dokl. "Ekologicheskie problemy malyh gorodov Rossii"* (II All-Russian Scientific and Practical Conference. "Human impact and human health". *Theses of reports. "Environmental problems of small cities of Russia"*). Kaluga. 1995. P. 11—12. [in Russian]

4. Ajzen I. Nature and operation of attitudes. *Annual Review of Psychology*. 2001. Vol. 52 (1). P. 27—58.
5. Colin Ellard. Streets with no game. 2015. https://aeon.co/essays/why-boring-streets-make-pedestrians-stressed-and-unhappy
6. Manjari Rai. Sustainable Urban Landscape Practices: A New Concept to Reduce Ecological Degradation. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2016. Vol. 7. No. 12. P. 495—499.
7. Svein Åge Kjøs Johnsen, Leif W. Rydstedta. Active Use of the Natural Environment for Emotion Regulation. *Europe's Journal of Psychology*. 2013. Vol. 9 (4). P. 798—819.
8. Laura Menatti, Antonio Casado da Rocha. Landscape and Health: Connecting Psychology, Aesthetics, and Philosophy through the Concept of Affordance Front. *Psychol*. 2016. No. 7. P. 571.
9. Cross Butkus M. All health is local: biodiversity, ethics, and human health. *Ethics Policy Environ*. 2015. No. 18. P. 1—15.
10. Nassauer J. I. Landscape as a medium and method for synthesis in urban ecological design. *Landsc. Urban Plan*. 2012. Vol. 106. P. 221—229.
11. Ward Thompson C. Linking landscape and health: the recurring theme. *Landsc. Urban Plan*. 2011. Vol. 99. P. 187—195.
12. Ward Thompson C., Aspinall P., Roe J. Access to green space in disadvantaged urban communities: evidence of salutogenic effects based on biomarker and self-report measures of wellbeing. *Proc. Soc. Behav. Sci*. 2014. Vol. 153. P. 10—22.
13. Terry Hartig, Richard Mitchell, Sjerp de Vries, Howard Frumkin. Nature and Health Review in Advance. *Annu. Rev. Public Health*. 2014. Vol. 35. P. 21—22. http://publhealth.annualreviews.org
14. Heft H. Affordances and the perception of landscape: an inquiry into environmental perception and aesthetics. *Innovative Approaches to Researching Landscape and Health*. 2010. P. 9—32.
15. Kuo M. How might contact nature promote human health? Promising mechanisms and a possible central pathway. *Front. Psychol*. 2015. No. 6. P. 1093.
16. Menatti L. Landscape as a common good: a philosophical and epistemological analysis. *Q. Care*. 2014. No. 6. P. 40—42.
17. Shanahan D. F., Fuller R. A., Bush R., Lin B. B., Gaston K. J. The Health Benefits of Urban Nature. How much do we need? *Bioscience*. 2015. Vol. 65. P. 476—485.
18. Likvidirovat` razry`v v techenie zhizni odnogo pokoleniya. Soblyudenie principa spravedlivosti v zdravooxranenii putem vozdejstviya na social`ny`e determinanty` zdorov`ya. Zaklyuchitel`ny`j doklad Komissii po social`ny`m determinantam zdorov`ya. Zheneva, Vsemirnaya organizaciya zdravooxraneniya. [To eliminate the gap during the life of one generation. Compliance with the principle of equity in health care by addressing the social determinants of health. *Final Report of the Commission on Social Determinants of Health. — Geneva, World Health Organization*]. 2008. [in Russian] http://whqlibdoc.who.int/hq/2008/ WHO_IER_CSDH_08.1_rus.pdf
19. Social`ny`e determinanty` zdorov`ya. Vsemirnaya organizaciya zdravooxraneniya. Shest`desyat shestaya sessiya vsemirnoj assamblei zdravooxraneniya. 11 marta 2013 g. Doklad Sekretariata. [Social determinants of health. *World Health Organization. Sixty-sixth World Health Assembly. March 11, 2013 Secretariat Report*]. [in Russian] http://docplayer.ru/41739070-Socialnye-determinanty-zdorovya.html
20. Ulrich R. S., Simons R., Losito B. D., Fiorito E., Miles M. A., Zelson M. Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *J. Environ. Psychol*. 1991. No. 11. P. 201—230.

УДК 582.29 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12017

ЛИШАЙНИКИ ГОРОДОВ ЮГА КУЗБАССА

М. В. Баумгертнер, *доцент, к. б. н.,*
Новокузнецкий филиал-институт Кемеровского государственного университета,
marinabaumgertner@yandex.ru

Рассмотрены особенности лихенофлоры городов юга Кузбасса. Экспериментальные материалы были получены в 1989—2018 гг. в ходе лихенологического обследования Кемеровской области. Впервые для территории Кемеровской области было предложено использование метода двухуровневого лихеноиндикационного мониторинга. В результате исследований были учтены особенности климата, географического расположения, орографии, растительности Кемеровской области.

Наибольшая масса выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников сохраняется в городах южной агломерации Кузбасса. Новокузнецк входит в число городов России с наибольшим уровнем загрязнения воздуха. При выполнении исследований в Новокузнецке выделен 21 вид эпифитных лишайников, Междуреченск — 136 видов лишайников, Мыски — 120 видов, Киселевск и Прокопьевск — по 16 видов, Калтан — 57 видов, Осинники с учетом поселков, включенных в территорию города — 69 видов, Таштагол — 320 видов.

The paper considers the features of lichen flora of the cities of the South of the Kuzbass. Experimental data were obtained in 1989-2018 during the lichenological survey of the Kemerovo Region. For the first time in the Kemerovo Region it was proposed to use the method of two-level lichenoindication monitoring. As a result of the research, the peculiarities of climate, geographical location, spelling, vegetation of the Kemerovo Region were taken into account.

The largest mass of emissions of the pollutants from stationary sources is in the cities of the southern agglomeration of the Kuzbass. Novokuznetsk is among the cities of Russia with the highest level of air pollution. When performing studies in Novokuznetsk, 21 species of epiphytic lichens were selected, 136 species of lichens were found in Mezhdurechensk, 120 types in Myski, 16 types in Kiselevsk and Prokop'evsk, 57 species in Kaltan, 69 types in Osinniki together with the settlements within the territory of the city, 320 types in Tashtagol.

Ключевые слова: лихенофлора, мониторинг, лихеноиндикация, Кузбасс.

Keywords: lichenflora, monitoring, lichen-indication, the Kuzbass Region.

Введение. Изучение флоры городов проводится на протяжении многих столетий. В основном работы посвящены изучению флоры высших растений, особенностям флористического набора видов, условиям их обитания, влиянию промышленных выбросов на растения. Состав и особенности других систематических групп растений (водоросли, грибы, лишайники, моховидные, папоротниковидные), обитающих в условиях городских агломераций России, рассмотрены в недостаточной степени. Основная часть работ посвящена европейской части территории страны. Целенаправленное изучение урбанофлор в регионах не проводили. Основное внимание при изучении урбанофлоры отдельных городов уделяется лишайникам — как биоиндикаторам загрязнения окружающей среды.

Исследований городских лихенофлор в России за последние годы проводилось достаточно. Но городские агломерации Сибири и Дальнего Востока, в том числе и Кузбасса, изучены не в полной мере. Изучение лишайников Кемеровской области и сопредельных территорий проводились с середины 60-х годов XX века. В результате исследований Н. В. Седельниковой (1970, 1971, 1973, 1976, 1977, 1978, 1980, 1982, 1985, 1986, 1990, 1991, 1993, 1994) детально изучена и описана лихенофлора Горной Шории и других регионов Южной Сибири. Полных данных по лишайникам Кемеровской области не было. На территории Кемеровской области лихеноиндикационные работы начались с 1989 года (Баумгертнер М. В., 1994, 1995, 1998, 2012, 2013 и др.).

Результаты исследования. Экспериментальные материалы были получены в 1989—2018 гг. в ходе лихенологического обследования 19 административных районов и 20 городов Кемеровской области, особое внимание уделялось особо охраняемым территориям области (заповедник, национальный парк, территории заказников, памятники природы).

Работы на юге Кузбасса проводились в составе комплексной экологической экспедиции Воронежского ЦНИИЛГиС в 1989—1991 годах, по территории всей области — в составе экспедиций Кузбасской государственной педагогической академии с 1988 по 2014 г., затем Новокузнецкого филиала-института Кемеровского государственного университета с 2014 по 2018 г. Для оценки естественного состояния сообществ лишайников они изучались на определенных территориях, которые находятся в естественном состоянии или же в условиях малого антропогенного воздействия и на которых состояние сообществ типично для более широкой территории, для определенного района. Данные территории можно назвать «эталонными», так как они характеризуют естественное состояние сообществ лишайников в том районе, для которого они представительны, а также подобные «эталоны» можно ис-

пользовать при оценке антропогенных изменений в этом районе.

Один из методов биоиндикации основан на использовании видового состава лихенофлоры изучаемой территории и установления присутствия/отсутствия чувствительных видов, поскольку их представители довольно быстро повреждаются или исчезают уже при низких уровнях некоторых загрязнителей воздуха (Wetmore, 1982). Наблюдаемое обеднение видов лихенофлоры при неизменных прочих экологических условиях обычно объясняется загрязнением воздуха. Загрязнение приводит не только к отмиранию, но и к редукции плодоношения и уменьшению покрытия видов (Hawksworth et al., 1976) или исключения молодых стадий роста.

По мере совершенствования приемов исследований «лишайники — качество воздуха» были разработаны эмпирические методы, с помощью которых можно было установить градиент воздействия загрязнителей по сумме характеристик лихенофлоры сравниваемых частей изучаемой территории (Галанин, 2002). Их основу составляет определение индексов загрязнения/чистоты. Индекс представляет собой некое число, результирующее посредством математической формулы формализованные параметры лишайников (число видов, покрытие, встречаемости, ассоциированность с другими видами и т. д.) для конкретного места. Абсолютная величина этого индекса и отражает степень загрязнения/чистоты участка.

Впервые для территории Кемеровской области было предложено использование метода двухуровневого лихеноиндикационного мониторинга. Основной принцип данного метода заключается в проведении исследований лихенофлоры на локальном и региональном уровнях в сопряжении с инструментальным контролем загрязнения воздуха и последующим применением при картографировании конкретных объектов (ООПТ, городских агломераций и т. д.) связей индикационных показателей со степенью загрязнения воздуха данного объекта:

- *локальный уровень мониторинга* — лихеноиндикационное картографирование конкретного объекта (города, ООПТ и т. п.). Цель работы — выявление пространственной структуры загрязнения воздуха по распределению биоиндикаторов. Проведен в наиболее крупных промышленных городах Кемеровской области (Новокузнецке, Кемерово, Белово и т. д.).
- *региональный уровень мониторинга* — мониторинг лишайников, сопряженный с инструментальным контролем загрязнения атмосферного воздуха. Цель — изучение связи биоиндикаторов с различными параметрами загрязнения воздуха в геоэкологических условиях Кемеровской области. Для этого использовались данные метеостанций области.

В результате исследований были учтены особенности климата, географического расположения, орографии, растительности Кемеровской области, которые способствуют тому, что большая часть промышленных выбросов загрязняющих веществ не рассеивается в атмосферном воздухе, а осаждается в Кузнецкой котловине, поэтому одной из главных экологических проблем Кемеровской области является проблема загрязнения атмосферного воздуха.

Наибольшая масса выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников сохраняется в городах: Новокузнецк, Осинники, Ленинск-Кузнецкий, Мыски, Прокопьевск, Белово, Полысаево, Кемерово, Киселевск; Междуреченск и Междуреченский район. Новокузнецк входит в число городов России с наибольшим уровнем загрязнения воздуха.

Самая высокая антропогенная нагрузка наблюдается в Новокузнецком районе и г. Новокузнецк — 4151,67 кг/чел, а также в городах юга Кузбасса: Осинники, Мыски, Междуреченск. Не отстают по загрязнению — Киселевск, Прокопьевск, Калтан. Из городов южной части Кемеровской области только город Таштагол имеет низкую антропогенную нагрузку.

При выполнении исследований в г. Новокузнецке выделен 21 вид эпифитных лишайников (Баумгертнер, 2012). Для Междуреченска определено 136 видов лишайников (Баумгертнер, 2012). Для города Мыски — 120 видов лишайников. Для Киселевска и Прокопьевска — по 16 видов лишайников. Для Калтана — 57 видов. Для города Осинники с учетом поселков, включенных в территорию города — 69 видов. Наибольшее количество видов отмечено для территории города Таштагол — 320 видов, что объясняется особенностями расположения города — линейная застройка вдоль реки Кондома, единственный город в Горной Шории, непосредственная близость с Шорским национальным парком, для территории Шорского национального парка автором установлено видовое разнообразие — 688 видов лишайников, из 60 семейств и 184 родов (Баумгертнер, 2013).

Лишайники, как и другие биоиндикаторы реагируют сразу на весь комплекс загрязняющих компонентов своим присутствием или выпадением из сообщества, изменением жизненных процессов. При выполнении лихеноиндикационных работ мы попытались выяснить характер зависи-

мости уровня видового богатства лихенофлоры и степени загрязнения окружающей среды на примере Кемеровской области.

Экологическую ситуацию в Кемеровской области, как и хозяйственную деятельность предприятий всех форм собственности, расположенных на ее территории, можно охарактеризовать в целом как стабильную, но достаточно напряженную, поскольку добыча и переработка природных богатств Кузбасса, являющихся главным условием устойчивого развития нашего региона, оказывают негативное воздействие на его воздушный и водный бассейны, почву, на флору и фауну.

Заключение. Изучение и анализ лихенофлор урбанизированных территорий юга Кемеровской области выявили определенные закономерности:

— при увеличении антропогенного загрязнения происходит уменьшение количества видов лишайников, так, например, для города Новокузнецка отмечен всего 21 вид; для г. Осинники — менее загрязненного города, расположенного на юге от Новокузнецка, всего в 15—20 км, — отмечено уже 69 видов лишайников; для города Междуреченск — 136 видов, на территории Шорского национального парка — 688 видов;

— отмечается изменение встречаемости отдельных видов лишайников, резкое уменьшение лихеносинузий на урбанизированных территориях по сравнению с относительно ненарушенными природными комплексами, вплоть до полного исчезновения при проведении горновыемочных и взрывных работ при добыче полезных ископаемых на территории Кемеровской области. Основная особенность распространения эпифитных лишайников в черте Новокузнецка — различные видовой состав и количество видов в разных районах города. Наибольшее число видов эпифитных лишайников обнаружено именно в лесных массивах на возвышенностях, окружающих административные районы города и лесных массивах;

— наблюдаются различные морфологические изменения слоевищ, например лишайники г. Новокузнецка, Прокопьевска и Киселевска, имеют ряд особенностей: распадение слоевищ на середии у видов Physcia, бугристость слоевища у видов Vulpicida, Parmelia, Hypogymnia;

— установлены изменение интенсивности фотосинтеза и другие физиологические нарушения;

— лишайники промышленных территорий накапливают в своих слоевищах различные химические элементы.

При обследовании лишайников Кемеровской области в предварительный список включено 696 видов лишайников. Территория Кемеровской области изучена крайне неравномерно, поэтому данный список не окончательный.

Библиографический список

1. Баумгертнер М. В. Лишайники Новокузнецка: особенности распространения // Экология урбанизированных территорий. — 2012. — № 1. — С. 80—83.
2. Баумгертнер М. В. Распространение лишайников на территории города Междуреченск // Проблемы региональной экологии. — 2012. — № 1. — С. 37—40.
3. Баумгертнер М. В. Лишайники — биоиндикаторы загрязнения окружающей среды юга Кемеровской области // Сибирский экологический журн. — 1998. — № 2. — С. 191—196.

LICHENS OF THE CITIES IN THE SOUTH OF THE KUZBASS

M. V. Baumgertner, Ph. D. (Biology), Associate Professor, Novokuznetsk Branch — Institute of Kemerovo State University, marinabaumgertner@yandex.ru Novokuznetsk, Russia

References

1. Baumgertner M. V. Lishajniki Novokuznecka: osobennosti rasprostraneniya [Novokuznetsk Lichen: expansion pattern]. *Ekologiya urbanizirovannyh territorij*. 2012, No. 1. P. 80—83. [in Russian]
2. Baumgertner M. V. Rasprostranenie lishajnikov na territorii goroda Mezhdurechensk [Distribution of lichens in the urban territory of Mezhdurechensk]. *Problemy regional'noj ehkologii*. 2012. No. 1. P. 37—40. [in Russian]
3. Baumgertner M. V. Lishajniki — bioindikatory zagryazneniya okruzhayushchej sredy yuga Kemerovskoj oblasti [Lichens-bioindicators of environmental pollution in the South of the Kemerovo Region]. *Sibirskij ekologicheskij zhurnal*. 1998. No. 2. P. 191—196. [in Russian]

УДК 581.5:632.122.2 + 631.466.1 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12020

ФИТОТЕСТИРОВАНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ ФИТОТОЛЕРАНТНЫХ РАСТЕНИЙ

Г. Т. Талайбекова, *магистрант,*
Институт естественных наук,
Кыргызско-Турецкий университет «Манас»,
guljan9393@mail.ru,
К. А. Кожобаев, *д. т. н., профессор,*
Кыргызско-Турецкий университет «Манас»,
kojkanik@gmail.com,
Ж. К. Токпаева, *магистр,*
Институт естественных наук,
Кыргызско-Турецкий университет «Манас»,
j.tokpaeva@gmail.com,
Г. К. Эсенжанова, *магистрант,*
Институт естественных наук,
Кыргызско-Турецкий университет «Манас»,
ms.rapunsel@mail.ru,
Н. Э. Тотубаева, *к. б. н., доцент,*
Кыргызско-Турецкий университет «Манас»,
totubaevanurzat@gmail.com,
г. Бишкек, Кыргызская Республика

В работе приведены данные фитотестирования растений в нефтезагрязненной почве города Балыкчы. Изучены всхожесть, длина надземной и подземной частей тест-культур: кукурузы (Zéa máys), овса обыкновенного (Avéna satíva), гороха (Písum), эспарцета (Onobrýchis), подсолнечника (Helianthus), костра полевого (Brómus) и мятлика лугового (Poapraténsis). Представленные результаты исследований выявили, что наиболее устойчивыми по критерию всхожести семян из предложенных растений к нефтяному загрязнению являются кукуруза, овес и горох, их всхожесть составила 88,3, 85, 67,86 % соответственно. Установлено, что нефтезагрязнение оказывает как стимулирующее, так и ингибирующее действие на тест-параметры растений. Среди исследованных тест-культур корневая система овса обыкновенного подвергается наибольшему негативному токсическому воздействию. Выявлены толерантные растения к нефтяному загрязнению супесчаных почв, которые могут использоваться для проведения фиторекультивации.

The paper provides the data on plants phytotesting in the oil-contaminated soil in the town of Balykchy. The germination, length of the above-ground and underground parts of the test cultures: corn (Zéamáys), common oats (Avénasatíva), peas (Písum), sainfoin (Onobrýchis), sunflower (Helianthus), Brómus and meadow bluegrass (Poapraténsis) were studied. The presented research results revealed that corn, oats and peas are the most resistant to the criterion of seed germination from the proposed plants to oil pollution, their germination rate was 88.3, 85, 67.86 % respectively. It has been established that oil pollution has both a stimulating and inhibiting effect on the test parameters of plants. Among the studied test cultures, the root system of oats is exposed to the greatest negative toxic effects. Tolerant plants have been identified for oil pollution of sandy soils that can be used for phyto-cultivation.

Ключевые слова: фитотестирование тест-культур, нефтезагрязненная почва, Балыкчы.

Keywords: phytotesting test cultures, oil-polluted soil, the town of Balykchy.

Введение. Нефть и нефтепродукты являются одними из основных загрязнителей окружающей среды и представляют большую опасность для нормального функционирования почвенных экосистем. Загрязнение почв нефтепродуктами приводит к изменению их физико-химических свойств, а также к торможению интенсивности биологических процессов [1, 2].

В середине 1990-х годов из-за изношенности трубопроводов на территории нефтебазы в городе Балыкчы, по различным экспертным оценкам на грунт вылилось более 600 тонн нефтепродуктов [3]. По истечении тридцати лет почвенная экосистема все еще не восстановлена и до сих пор на загрязненном участке отсутствует какая-либо растительность. Известно, что нефть оказывает негативное действие на фотосинтезирующую деятельность растительного покрова, затрудняя поступление к растениям питательных веществ и влаги, в результате чего растения либо погибают, либо функционируют не в полной мере [4]. Многие ученые установили, что период восстановления растительности на почвах, при их сильной степени загрязнения нефтепродуктами, может составлять до 10—20 лет и более [5—7].

Многие исследователи для очистки почв предлагают применение растений путем подбора ее наиболее толерантных видов [8—10], так как высев растительности обеспечивает не только удаление загрязнителей, но также способствует созданию благоприятной экологической обстановки на месте загрязнения.

Цель нашей работы состояла в оценке влияния нефтяного загрязнения почв на рост и развитие растений — для изучения возможностей применения высших растений в качестве одного из звеньев технологической цепочки рекультивации почв.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования служила нефтезагрязненная почва города Балыкчы,

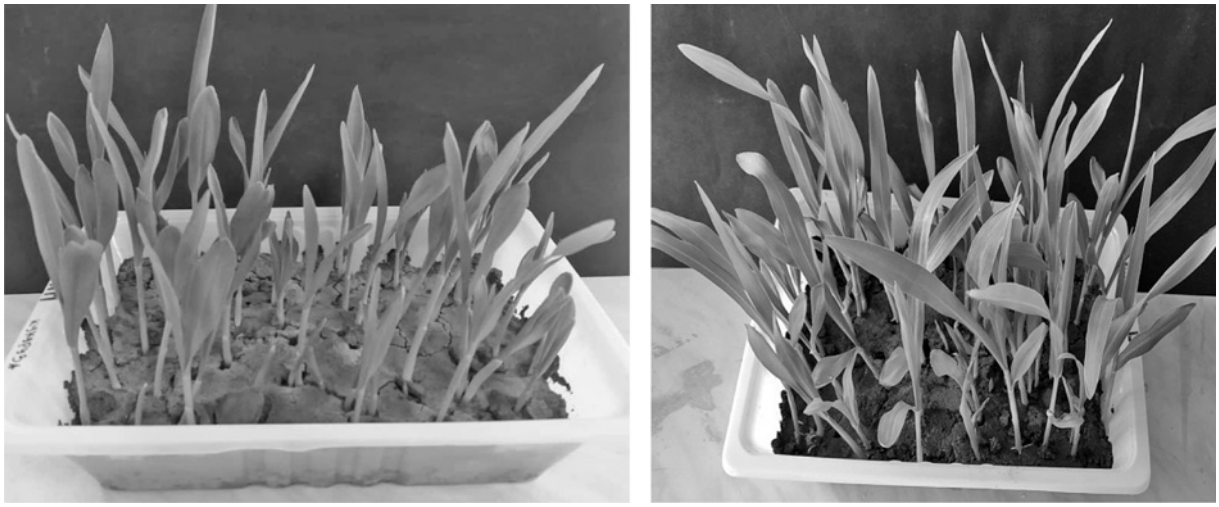


Рис. 1. Всхожесть кукурузы на 7-е и 14-е сутки

42°27'13.44"С северной широты, 76°12'12.91"В восточной долготы. Отбор проб был произведен методом «конверта» с глубины 0—15 см, фоновый образец был отобран на расстоянии 2000 м от объекта.

Для проведения фитотестирования были использованы семена растений: горчицы белой (Sinapisalba) ГОСТ 32592—2013, эспарцета (Onobrýchis) ГОСТ 32592—2013, чабера (Satureja) ГОСТ Р 52171—2003, гороха (Písum) ГОСТ 32592—2013, люцерны (Medicágo) ГОСТ 32592—2013, мятлика лугового (Poapraténsis) ГОСТ 32592—2013, овса обыкновенного (Avéna satíva) ГОСТ 32592—2013, подсолнечника (Helianthus) ГОСТ 32592—2013, кукурузы сахарной (Zéa máys) ГОСТ 32592—2013 и костра (Brómus) ГОСТ 32592—2013. Эксперименты проводились в пластиковых контейнерах размером 20 × 14 × 5 см. В контейнеры высеивались по 20 семян каждого растения. Все исследования проводились в 3-кратной повторности. В ходе эксперимента определялись такие параметры, как всхожесть (%), длина ростка и корня (мм). Всхожесть была рассчитана по формуле:

$$Вс = 100 - (П - (Т \times К)),$$

где Вс — всхожесть семян (%), П — количество пораженных семян (%), Т — количество травмированных семян (%), К — поправочный коэффициент.

При статистической обработке рассчитывали средние арифметические значения и стандартные отклонения признаков, а для построения графиков использовали программу Excel из пакета программ Microsoft Office.

Результаты и обсуждения. Содержание нефтепродуктов в исследованной почве составило 7067,5 мг/кг, в фоновом образце почвы 60 мг/кг. Из десяти исследованных растений три вида растений: чабер, люцерна и горчица не взошли не только в нефтезагрязненном грунте, но также и в фоновом образце. Возможно, для данных растений не характерно произрастание в супесчаных почвах города Балыкчы. Первые проростки растений появились на 4—7-е сутки (рис. 1).

Высокая всхожесть произрастания наблюдалась у кукурузы (88,3 %) и овса (85 %). Остальные виды растений по всхожести расположились в следующем порядке: горох (67,86 %) > эспарцет > (55 %) > подсолнечник (45 %) > костер (38,3) > мятлик луговой (21,7 %) (рис. 2). Стимулирующий эффект нефтяного загрязнения на всхожесть, по сравнению с фоновыми показателями, проявился у эспарцета, мятлика лугового, кукурузы и подсолнечника.

В результате исследований установлено, что наиболее чувствительным к нефтяному загрязнению является корневая система овса, так в

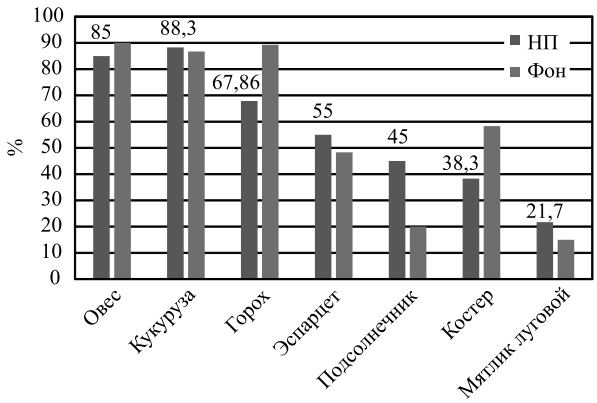


Рис. 2. Всхожесть тест-культур на 21-е сутки, % (НП — нефтезагрязненная почва)

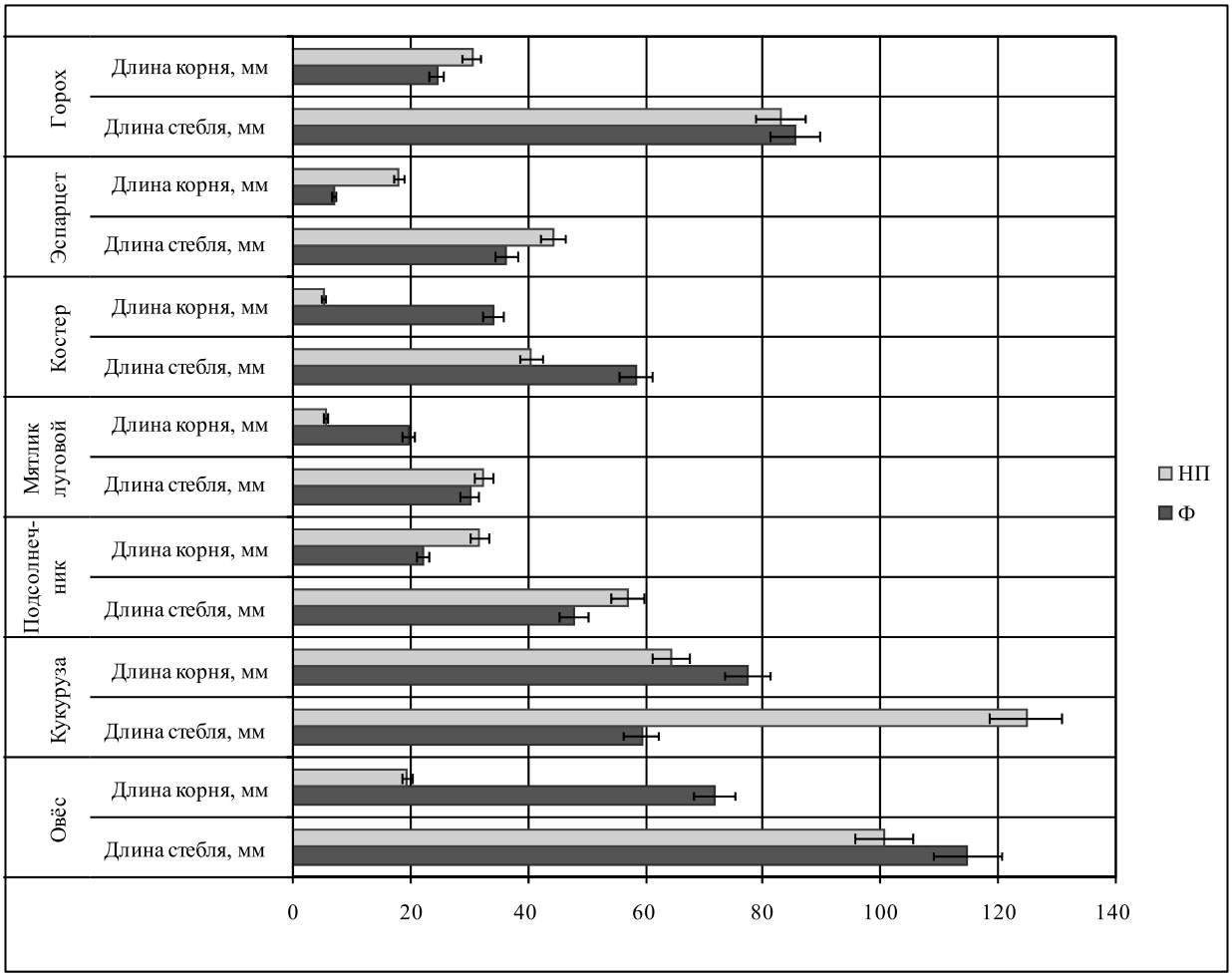


Рис. 3. Средние отношения длины корня к длине побега тест-культур

загрязненной почве длина корня составила 1,94 ± 0,93 см, в то время как в фоновой почве ее длина составила 7,17 ± 2,98 см. Наибольший стимулирующий эффект на рост надземной части отмечен у кукурузы (12,4 ± 3,61 см). Небольшое стимулирование на рост надземной части установлено у эспарцета и подсолнечника (табл. 1). Стимулирование прорастания семян вызвано скорее всего входящими в состав нефти минеральными элементами. Рост стимулирующих свойств нефти на прорастание семян был также отмечен и другими авторами [11, 12]. У костра полевого, мятлика лугового и кукурузы установлено небольшое угнетение в росте корня.

В исследуемой почве у мятлика лугового и костра отмечен наименьший рост корня в срав-

Параметры тест-культур

Тест-культуры	Длина корня, см		Длина стебля, см	
	НП	Фон	НП	Фон
Эспарцет	1,79 ± 0,93	0,69 ± 0,58	4,43 ± 2,52	3,64 ± 1,6
Горох	3,05 ± 1,58	2,46 ± 1,4	8,29 ± 1,98	8,55 ± 2,63
Овес	1,94 ± 0,93	7,17 ± 2,98	10,05 ± 3,78	11,48 ± 3,79
Кукуруза	6,42 ± 2,25	7,72 ± 3,97	12,4 ± 3,61	5,92 ± 2,48
Подсолнечник	3,18 ± 1,89	2,21 ± 1,33	5,69 ± 1,45	4,78 ± 1,97
Мятлик луговой	0,56 ± 0,27	1,96 ± 0,55	3,23 ± 1,42	3,01 ± 0,85
Костер	0,53 ± 0,32	3,41 ± 1,68	4,06 ± 1,28	5,83 ± 1,75

нении с фоновыми показателями, что обусловливает их корневую систему чувствительной к нефтяному загрязнению (рис. 3).

Как видно из рис. 3, однодольные и двудольные растения не различаются превышением длины корня к длине побега проростков. Однако наиболее адекватную оценку фитотоксичности почв дали однодольные растения — овес обыкновенный, мятлик луговой, костер и кукуруза.

Выводы. Проведенные исследования позволили определить, что тест-культуры использованных растений по-разному реагируют на нефтяное загрязнение. Стимулирующий эффект на надземную часть культуры выявлен у кукурузы, у овса обыкновенного отмечается ингибирование корневой системы. Наиболее толерантными к загрязнению почвы нефтепродуктами оказались такие культуры, как кукуруза, овес, горох и эспарцет, их всхожесть составила 88,3, 85, 67,86, 55 % соответственно. Это свидетельствует о том, что данные виды могут использоваться в проведении фиторекультивации супесчаной почвы в случае умеренной степени ее загрязнения нефтепродуктами.

Библиографический список

1. Королев В. А. Очистка грунтов от загрязнений // МИАИ «Наука/Интерпериодика» 2001, Москва, 369 с.
2. Демидиенко А. Я., Демурджан В. М., Шеянова А. Д. Изучение питательного режима почв, загрязненных нефтью // Агрохимия. — 1983. — № 9. — С. 100—103.
3. Отчет о состоянии окружающей среды в Кыргызской Республике. — Б. — 2000. — 193 с.
4. Алехин В. Г., Емцев В. Т., Рогозина Е. А., Фахрутдинов А. И. // Биологическая активность и микробиологическая рекультивация почв, загрязненных нефтепродуктами / Биологические ресурсы и природопользование: сб. науч. трудов. Нижневартовск: Изд-во Нижневартовского пед. ин-та, 1998. Вып. 2. С. 95—105.
5. Пиковский Ю. И., Геннадиев А. Н., Чернянский С. С. и др. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами. Почвоведение. 2003. № 9. С. 1132—1140.
6. Алиев С. А. Влияние загрязнения нефтяным органическим веществом на активность биологических процессов почв / С. А. Алиев, Д. А. Гаджиев // Изв. АН АзССР Сер. биол. наук. — 1977. — № 2. — С. 46.
7. Суслонов А. В., Назаров А. В., Светланова Т. Н., Боронникова С. В. Разработка новых подходов оценки морфологической и генетической изменчивости растений при нефтяном загрязнении почв // Сборник материалов Второй Международной конференции «Наука и бизнес: пути развития». Тамбов, 2010. С. 8—11.
8. Логинов О. Н. Биотехнологические методы очистки окружающей среды от техногенных загрязнений. Уфа: «Реактив», 2000. — 100 с.
9. Чалая О. Я., Зуева И. Я., Лифгииц С. Х. // Технологии восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Справочник. М.: РЭФИА, НИА-Природа, 2003. 258 с.
10. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян / Под ред. М. Г. Николаевой и Н. В. Обручевой с предисл. М. Г. Николаевой. — М.: Колос, 1982. — 495 с.
11. Швец А. А. Фиторемедиация почв / А. А. Швец // Ломоносов — 2007: материалы XIV Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых.
12. Швец А. А. Оценка биологического потенциала полевых культур в качестве фитомелиорантов нефтезагрязненных почв / А. А. Швец, В. С. Белоусов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы 8-ой региональной науч.-практ. конф. молодых ученых / КубГАУ. — Краснодар, 2006. — С. 129—130.

PHYTOTESTING OF OIL-CONTAMINATED SOILS USING PHYTOTOLERANT PLANTS

G. T. Talaibekova, Master student, Institute of Natural Sciences, Kyrgyz-Turkish Manas University, guljan9393@mail.ru;
K. A. Kozhobaev, Ph. D. (Engineering), Dr. Habil., Professor, Kyrgyz-Turkish Manas University, kojkanik@gmail.com;
J. K. Tokpaieva, M. Sc. (Biology), Institute of Natural Sciences, Kyrgyz-Turkish Manas University, j.tokpaeva@gmail.com;
G. K. Esenzhanova, Master student, Institute of Natural Sciences, Kyrgyz-Turkish Manas University, ms.rapunsel@mail.ru;
N. E. Totubaeva, Ph. D. (Biology), Associate Professor, Kyrgyz-Turkish Manas University, totubaevanurzat@gmail.com,
Bishkek, Kyrgyz Republic

References

1. Korolev V. A. Ochistka pochvy ot zagryazneniya. [Cleaning the soil from pollution]. Moscow, MAIK Nauka. Interperiodica, 2001. P. 40—50. (in Russian)
2. Alekhin V. G., Yemtsev V. T., Rogozina Ye. A., Fakhrutdinov A. I. Biologicheskaya aktivnost' i mikrobiologicheskaya rekul'tivatsiya pochv, zagryaznennykh nefteproduktami. [Biological activity and microbiological recultivation of soils contaminated with petroleum products]. *Biologicheskiye resursy i prirodopol'zovaniye: sb. nauch. trudov*. Nizhnevartovsk: Izd. Nizhnevartovskogo ped.in. 1998. P. 95—105. (in Russian)
3. Otchet o sostoyanii okrujayshey sredi v Kirgizskoy Respyblike, B. 2000, P. 193.

4. Alekhin V. G., Yemtsev V. T., Rogozina Ye. A., Fakhrutdinov A. I. Biologicheskaya aktivnost' i mikrobiologicheskaya rekul'tivatsiya pochv, zagryaznennykh nefteproduktami. [Biological activity and microbiological recultivation of soils contaminated with petroleum products. *Biological resources and environmental management: Sat. scientific works*]. *Biologicheskiye resursy i prirodopol'zovaniye: sb. nauch. trudov*. Nizhnevartovsk: Izd-vo Nizhnevartovskogo ped. in. 1998. Vol. 2. P. 95—105. (in Russian)
5. Pikovsky Yu. I., Gennadiev A. N., Chernyansky S. S. et al. Problema diagnostiki i normirovaniya zagryazneniya pochv neft'yu i nefteproduktami. Pochvovedeniye. [The problem of diagnostics and rationing of soil pollution by oil and oil products. *Soil science*]. 2003. No. 9. P. 1132—1140. (in Russian)
6. Aliyev S. A. Vliyaniye zagryazneniya neftyanym organicheskim veshchestvom na aktivnost' biologicheskikh protsessov pochv. [The effect of pollution with oil organic matter on the activity of the biological processes of the soil]. 1977. No. 2. P. 46. (in Russian)
7. Suslonov A. B., Nazarov A. B., Svetlanova T. N., Boronnikova C. B. Razrabotka novykh podkhodov otsenki morfologicheskoy i geneticheskoy izmenchivosti rasteniy pri neftyanom zagryaznenii pochv. Sbornik materialov Vtoroy Mezhdunarodnaya konferentsiya "Nauka i biznes: puti razvitiya" [Development of new approaches for assessing the morphological and genetic variability of plants during oil pollution of the soil. *The collection of papers of The Second International Conference "Science and Business: ways of development"*.]. Tambov, 2010. P. 8—11. (in Russian)
8. Loginov O. Biotekhnologicheskiye metody ochistki okruzhayushchey sredy ot tekhnogennykh zagryazneniy. Ufa: "Reaktiv" [Biotechnological methods for cleaning the environment from man-made pollution]. Ufa, "Reagent", 2000. P. 100. (in Russian)
9. Chalaya O. Ya., Zueva I. Ya., Lifgiyts S. X. Tekhnologii vosstanovleniya pochv, zagryaznennykh neft'yu i nefteproduktami. Spravochnik. [Technologies for the restoration of soils contaminated with oil and oil products. *Reference Book*]. Moscow, REFIA, NIA. Priroda, 2003. P. 258.
10. Nikolaeva M. G. Fiziologiya i biokhimiya pokoya i prorastaniya semyan. Red. Obruchevoy s predisl. M. G. Nikolayevoy. [Physiology and biochemistry of rest and seed germination. Ed. by M. G. Nikolaeva, forewords by N. V. Obrucheva]. Moscow, Kolos, 1982. P. 495. (in Russian)
11. Shvets A. A. Fitoremediatsiya pochv. Materialy XIV Mezhdunar. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. [Soil phytoremediation. *Proceedings of the XIV Intern. conf. students, graduate students and young scientists* Lomonosov 2007]. Moscow, 2007. P. 100. (in Russian)
12. Shvets A. A. Otsenka biologicheskogo potentsiala polevykh kul'tur v kachestve fitomeliorantov neftezagryaznennykh pochv. A. A. Shvets, V. S. Belousov. Nauchnoye obespecheniye agropromyshlennogo kompleksa: materialy 8-oy regional'noy nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh / KubGAU. [Assessment of the biological potential of field crops as phytomeliorants of oil-contaminated soils] / A. A. Shvets, V. S. Belousov. Scientific support of the agro-industrial complex: proceedings of the 8th regional scientific-practical. conf. of young scientists / KubGAU, Krasnodar, 2006. P. 129—130. (in Russian).

УДК 556.5(571.61) DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12025

ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАЛЫХ РЕК В РАЙОНЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ

А. П. Пакусина, *профессор,*
ФГБОУ ВО Дальневосточный государственный аграрный университет,
pakusina.a@yandex.ru,
Т. П. Платонова, *доцент,*
ГОАУ ДПО Амурский областной институт развития образования,
platonova.t00@mail.ru

В статье рассмотрены результаты исследований малых рек в районе эксплуатации нефтеперекачивающей станции 29 в Амурской области. Высокое содержание органических веществ и насыщенность воды кислородом в р. Архара свидетельствует об эвтрофировании, которое сдерживается коротким сроком гидрологического лета. Содержание выше ПДК общего железа, силикатов обусловлено региональными особенностями. Ортофосфаты, обнаруженные в реках Урил и Сухуша, имеют пирогенное происхождение. В реках Архара, Урил, Сухуша присутствует повышенное содержание полифосфатов. Суммарное содержание летучих фенолов и нефтепродуктов в реках не превысило ПДК. Полученные результаты гидрохимических показателей малых рек являются основой для дальнейшего изучения антропогенной нагрузки на водотоки территории эксплуатации нефтеперекачивающей станции.

The article considers the results of the studies of small rivers in the area of operation of the Oil Pump Station 29 in the Amur Region. The high content of organic substances and the saturation of water with oxygen in the Arkhara River indicates eutrophication, which is restrained by a short period of hydrological summer. The content above MPC of total iron and silicon is due to regional peculiarities. The orthophosphates found in the rivers of Uril and Suhusha are of pyrogenic origin. In the rivers of Arkhara, Uril, Suhusha the high content of polyphosphates is identified. The total content of volatile phenols and petroleum products in the rivers did not exceed the MPC. The results of hydrochemical parameters of small rivers are the basis for the further study of anthropogenic load on the watercourses of the territory of operation of the Oil Pumping Station.

Ключевые слова: малая река, эвтрофирование, органическое вещество, Амурская область.

Keywords: a small river, eutrophication, organic substances, the Amur Region.

Строительство нефтеперекачивающей станции (НПС-29), промежуточной станции на 3461-м км трассы магистрального нефтепровода Восточная Сибирь — Тихий океан велось с августа 2015 г. по ноябрь 2017 г. в пос. Архара Амурской области. Трубопроводная система обеспечивает транспортировку нефти из месторождений Сибири до предприятий Дальнего Востока и стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Построенная с учетом передовых технологий НПС-29 характеризуется высоким уровнем надежности и минимальным воздействием на окружающую среду. Необходимость мониторинговых исследований окружающей среды продиктована тем обстоятельством, что на территории Хингано-Архаринской низменности расположены водно-болотные угодья Государственного природного заповедника «Хинганский», где обитают исчезающие виды птиц — японский журавль *Grus japonensis* (S. Müller, 1776), дальневосточный аист *Ciconia boyciana* (Swinhoe, 1873). Малые реки чутко реагируют на техногенные загрязнения, поэтому изучение их экологического состояния является актуальной задачей.

Объекты и методы исследований

Районом исследования являются левобережные притоки Среднего Амура: река Архара, в которую впадает 18 малых рек, в том числе река Илга длиной 34 км, река Сухуша длиной 36 км и река Ерахта длиной 65 км, река Урил с притоком Ильча, река Кундурка. Река Архара длиной 155 км впадает в протоку Михайловская реки Амур в 27 км от устья, площадь бассейна составляет 8750 км^2, расход воды 82,1 м^3/с, среднее значение коэффициента густоты речной сети водосбора 0,60 км/км^2, заболоченность водосбора 9 % площади бассейна [1]. Река Урил длиной 105 км впадает в Амур в 1562 км от устья, площадь водосбора 1100 км^2, среднее значение коэффициента густоты речной сети водосбора Урила составляет 0,37 км/км^2, заболоченность водосбора составляет 28 % [2]. Реки относятся к дальневосточному типу питания, наибольшее количество осадков (до 92 % от годовой суммы) выпадает летом. Климат ультраконтинентальный с мусонными чертами.

Пробы воды отбирали весной и летом 2016 и 2017 гг. Гидрохимические показатели определяли согласно ПНД Ф. Численность микроорганизмов группы фенолокисляющих бактерий определяли на минеральной среде, содержащей 1 мг/л фенола. Численность микроорганизмов, окисляющих нефтеуглеводороды, определяли на синтетической калиево-дрожжевой среде с добавлением дизельного топлива в концентра-

Таблица 1

Станции отбора проб

Название реки	Координаты
Архара	N 49°23′57″ с.ш. E 130°8′4″ в.д.
Ерахта	N 49°24′47″ с.ш. E 130°17′29″ в.д.
Илга	N 49°25′53″ с.ш. E 130°13′20″ в.д.
Сухуша	N 49°22′41″ с.ш. E 130°12′47″ в.д.
Урил	N 49°15′58″ с.ш. E 130°30′28″ в.д.
Ильча	N 49°15′39″ с.ш. E 130°32′4″ в.д.
Кундурка	N 49°6′53″ с.ш. E 130°44′52″ в.д.

ции 0,1 %. Первичную обработку полученных результатов роста микроорганизмов в жидких средах проводили с использованием статистических таблиц Мак-Креди [3]. Статистическую, графическую обработку результатов и анализов исследований выполняли с использованием пакета программ «MS Excel».

Результаты исследований и их обсуждение

Температура воды в реках Архара и Сухуша соответствует климатической норме. Однако в реках Кундурка и Ерахта низкая: 12,9 и 12,8 °С соответственно летом, 4,2 и 3,8 °С весной, что обусловлено выходом родников. В реках Ильча и Урил вода прогревается лучше: температура 8 и 9,8 °С весной, 18,2 и 17,8 °С — летом. Гидрологическое лето продолжается с третьей декады мая до первой декады сентября, гидрологическая весна — с конца апреля до середины мая, осень — с конца сентября до середины октября. Почти полгода малые реки находятся подо льдом, промерзая до дна.

Кислотно-основные свойства (pH) речных вод изменялись от слабокислых до кислых. Низкие значения pH (5,4—5,6) отмечены весной 2017 г. в воде рек Ильча и Ерахта. Во всех остальных реках pH менялась от 6,3 до 6,9 (таблица 2). На изучаемой территории преобладают аллювиальные и пойменные почвы при значительном участии болотных и луговых типов [4]. В условиях южной границы вечной мерзлоты и переувлажнения почвы формируются поверхностные воды малой минерализации. Удельная электропроводность воды, которая является показателем минерализации, невысокая и изменяется в пределах от 33,1 до 72,5 мкСм/см.

Цветность воды менялась в широких пределах, что обусловлено присутствием и аллохтонным привнесением с территории водосбора водорастворимых гумусовых соединений. Летом воды высокоцветные, так как значения цветности по бихромат-кобальтовой шкале изменяются в пределах от 130° (река Кундурка) до 279° (река Ильча), весной цветность низкая — от 21° (река Илга) до 85° (река Архара). Повышенная цветность вод летом обусловлена высоким содержанием соединений железа. Высокое содержание железа в поверхностных водах, притоках реки Амур — характерная природная особенность территории [5].

Реки характеризуются очень высокими показателями перманганатной окисляемости, что свидетельствует о присутствии большого количества органических веществ в воде (таблица 2).

Загрязненными реками органическими веществами являются Архара и Ильча, наиболее чистыми — реки Илга и Ерахта. Низкие абсолютные показатели растворенного кислорода в реке Ильча (насыщаемость воды кислородом от 56 до 87 %) согласуются с высокими показателями перманганатной окисляемости и $БПК_5$, которые свидетельствуют о высоком содержании в воде органических соединений. Наиболее высокое содержание легкоокисляемых соединений (по показателю $БПК_5$) обнаружено в воде реки Урил, а летом также в реках Кундурка, Ильча. Насыщаемость воды кислородом наиболее высокая в воде реки Архара (от 107 до 132 %). Высокое содержание органических веществ в сочетании с высокими показателями растворенного кислорода свидетельствует об эвтрофировании реки Архара. Интерес представляет река Сухуша: по словам местных жителей в ней не водится рыба. В Суху-

Таблица 2

Обобщенные показатели загрязненности воды, 2016—2017 гг.

Место отбора	pH	Цветность воды, °(Cr—Co)	УЭП, мкСм/см	Окисляемость перманганатная, мг О/дм^3	Растворенный кислород, мг О/дм^3	$БПК_5$, мг O_2/дм^3
Архара	6,3—6,5/6,4*	85—167/126	38—46/42	11,3—12,1/11,7	10,7—11,2/10,9	0,8—1,0/0,9
Ерахта	5,6—6,6/6,1	31—140/85	39—49/44	5,2—7,8/6,5	10,6—11,3/10,9	0,3—0,4/0,3
Илга	6,6—6,8/6,7	21—160/90	31—85/58	4,9—8,8/6,8	11,3—12,3/11,8	0,2—0,4/0,3
Сухуша	6,5—6,6/6,6	32—269/126	32—57/44	5,5—8,8/7,1	6,6—7,8/7,2	0,2—0,4/0,3
Урил	6,8—6,9/6,8	28—201/114	53—58/55	8,4—9,9/9,1	9,7—10,3/10,0	2,5—3,8/3,1
Ильча	5,4—6,5/5,9	21—279/150	33—62/47	6,2—12,7/9,8	5,4—6,5/5,9	0,2—2,4/1,3
Кундурка	6,5—6,8/6,7	21—130/75	31—72/52	8,5—8,8/8,6	11,9—12,3/12,1	0,2—2,7/1,4

* минимальное-максимальное/среднее значение

Таблица 3

Содержание биогенных элементов в воде рек

Место отбора	Нитратный азот, мгN-NO_3/дм^3	Ортофосфаты, мг/дм^3	Полифосфаты, мг/дм^3	Общее железо, мг/дм^3	Силикатион, мг/дм^3
Архара	0,04—0,2/0,12	0,05—0,058/0,05	5,47	0,87—0,91/0,89	7,5—9,1/8,1
Ерахта	0,05—0,23/0,14	0,012—0,1/0,06	—*	0,6—0,93/0,76	12,8—17,8/15,3
Илга	0,06—0,31/0,18	0,013—0,088/0,05	—	0,6—0,81/0,7	16,1—20,1/18,5
Сухуша	0,45—0,76/0,6	0,119—0,22/0,17	4,38	0,59—1,59/1,09	25,3—26,1/25,7
Урил	0,12—0,68/0,4	0,019—0,158/0,09	6,08	1,21—1,63/1,42	24,3—29,7/26,9
Ильча	0,13—1,46/0,8	0,05—0,205/0,12	—	0,28—1,79/0,54	13,1—23,5/18,3
Кундурка	0,45—13,76/7,1	0,013—0,048/0,03	—	0,52—0,78/0,65	12,1—13,6/12,87

* полифосфаты не обнаружены

ше не самое высокое содержание органических веществ (по показателям перманганатной окисляемости и $БПК_5$), однако насыщаемость кислородом низкая — от 60 до 88 %.

Приоритетной формой содержания соединений азота являются нитраты. Нитритный азот в период исследований обнаруживался в следовых количествах. Содержание в воде аммонийного азота небольшое: от 0,05 до 0,11 мг N-NH_4/дм^3 в воде рек Урил, Сухуша; до 0,22 мг N-NH_4/дм^3 в воде реки Архара. Наиболее высокое содержание нитратного азота в воде реки Кундурка (таблица 3). В содержании соединений азота наблюдается сезонная динамика: летом содержится минимальное количество. Формы азота в воде взаимосвязаны с физико-химическими параметрами в разные сезоны года, с процессами нитрификации и денитрификации, которые происходят в реках [6]. Соединения азота — это основной фактор, который оказывает влияние на качество воды рек в сезон дождей, соединения фосфора — основной фактор в сухой сезон [7].

Высокое содержание ортофосфатов весной 2017 г. обнаружено в реках Урил и Сухуша. Вероятно, ортофосфаты имеют пирогенное происхождение, так как ежегодно в поймах рек и на сельскохозяйственных угодьях выжигается трава, происходят пожары. В реках Архара, Урил и Сухуша летом присутствовало повышенное содержание полифосфатов, что обусловлено антропогенным фактором. Этот факт можно объяснить повышенной водностью рек из-за обильных дождей, и полифосфаты в малые реки поступили из Амура, так как являются его притоками. Избыток фосфора на водосборной территории малых рек, переносимый стоком, является причиной водной эвтрофикации — серьезной глобальной проблемы качества воды [8].

Высокое содержание соединений железа от 1 ПДК до 8 ПДК и силикат-иона от 1 ПДК до 2,5 ПДК обусловлено природными факторами.

Содержание загрязняющих веществ, например, нефтепродуктов, фенолов не превышало ПДК (таблица 4). Концентрация поверхностно-активных веществ, которые свидетельствуют об антропогенном загрязнении, не превысила ПДК.

Небольшие количества углеводородов в воде рек образуются в процессе метаболизма водных организмов. Фенолы могут присутствовать в речных водах в результате их образования при гниении растительных остатков или попадания в воду животноводческих стоков. Присутствие фенолокисляющих и нефтеокисляющих бактерий в структуре микробных комплексов можно связать с процессами самоочищения, главным образом, от автохтонных органических соединений, которые продуцируются в водоеме в результате жизнедеятельности биоценоза.

Распространение индикаторных нефтеокисляющих и фенолокисляющих микроорганизмов в приповерхностных водах было минимальным (таблица 5), что подтверждает фоновое содержание нефтепродуктов и фенолов в реках.

Таблица 4

Содержание загрязняющих веществ

Место отбора	Нефтепродукты, мг/дм^3	Фенолы, мг/дм^3	АПАВ, мг/дм^3
Урил	0,011	0,0005	<0,1
Архара	0,009	0,0005	<0,1
$ПДК_{(рыб-хоз)}$	0,05	0,001	0,1

Таблица 5

Численность микрофлоры, указывающая на наличие фенолов и нефтепродуктов, 2017 г.

Место отбора	Численность фенолокисляющих микроорганизмов, тыс. кл/мл	Численность нефтеокисляющих микроорганизмов, тыс. кл/мл
Река Урил	0,9	5,0
Река Архара	0,4	3,0

Заключение

Высокое содержание органических веществ в сочетании с высокими показателями растворенного кислорода свидетельствует об эвтрофировании реки Архара. Низкие абсолютные показатели растворенного кислорода в реке Ильча согласуются с высокими показателями перманганатной окисляемости и $БПК_5$, которые свидетельствуют о высоком содержании в воде органических соединений. Наиболее высокое содержание нитратного азота, который является приоритетной формой содержания азота в воде, характерно для рек Кундурка, Ильча и Сухуша. Ортофосфаты, обнаруженные в реках Урил и Сухуша, имеют пирогенное происхождение, так как ежегодно в поймах рек полыхают пожары. В реках Архара, Урил и Сухуша присутствует повышенное содержание полифосфатов, что обусловлено хозяйственной деятельностью человека. Высокое содержание в водах рек общего железа и силикатов является региональной особенностью.

Фоновое содержание нефтепродуктов и фенолов в реках характеризуется их минимальным количеством и сопровождается минимальным распространением индикаторных нефтеокисляющих и фенолокисляющих микроорганизмов в поверхностных водах.

Полученные результаты гидрохимических показателей малых рек являются основой для дальнейшего изучения антропогенной нагрузки на водотоки территории эксплуатации нефтеперекачивающей станции (НПС-29).

Авторы статьи благодарят В. А. Кастрикина, заместителя директора по научной работе Хинганского государственного природного заповедника, за помощь в отборе проб.

Библиографический список

1. Государственный водный реестр: река Архара — [Электронный ресурс]. — http://www.textual.ru/gvr/index.php?card=291863 (дата обращения 05.12.2018.)
2. Государственный водный реестр: река Урил — [Электронный ресурс]. — http://www.textual.ru/gvr/index.php?card=291785 (дата обращения 05.12.2018.)
3. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений // Под ред. Цыбань А. В. — Л.: Гидрометеоиздат, 1980. — 191 с.
4. Онищук В. С., Панасюк А. Н. Комплексная характеристика почвенных ресурсов равнинных ландшафтов Приамурья. Книга первая // Благовещенск: Издательство ДальГАУ, 2010. — 324 с.
5. Шамов В. В., Ониши Т., Кулаков В. В. Сток растворенного железа в реках бассейна Амура в конце XX века // Водные ресурсы. — 2014. — Т. 41, № 2. — С. 206—215.
6. Bu H., Meng W., Zhang Y. Nitrogen pollution and source identification in the Haicheng River basin in Northeast China // Science of the Total Environment. — 2011. — Vol. 409. — P. 3394—3402.
7. Wang J., Fu Z., Qiao H., Liu F. Assessment of eutrophication and Water quality in the estuarine area of Lake Wuli, Lake Taihu, China // Science of the Total Environment. — 2019. — Vol. 650. — P. 1392—1402.
8. Goyette J. O., Bennett E. M., Maranger R. Low buffering capacity and slow recovery of anthropogenic phosphorus pollution in watersheds // Nature Geoscience. — 2018. — Vol. 11. — P. 921—925.

ENVIRONMENTAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SMALL RIVERS IN THE AREA OF OPERATION OF THE OIL PUMPING STATION

A. P. Pakusina, Professor, Far Eastern State Agricultural University, pakusina.a@yandex.ru,
T. P. Platonova, Associate Professor, Amur Regional Institute of Education Development, platonova.t00@mail.ru

References

1. Gosudarstvennyj vodnyj reestr: reka Arhara [The state water register: the river of Arkhara]. available at: www.textual.ru/gvr/index.php?card=291863, date of access 05.12.2018.
2. Gosudarstvennyj vodnyj reestr: reka Uril [The state water register: the river of Uril]. available at: www.textual.ru/gvr/index.php?card=291785, date of access 05.12.2018.
3. Rukovodstvo po metodam biologicheskogo analiza morskoj vody i donnyh otlozhenij pod red. Cyban' A. V. L. Gidrometeoizdat. [Guidelines on methods of biological analysis of seawater and sediments: Textbook. Ed. A. V. Tsyban.]. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1980. 191 p. (in Russian).
4. Onischuk V. S., Panasyuk A. N. Kompleksnaya harakteristika pochvennyh resursov ravninnyh landshaftov Priamur'ya. Kniga pervaya [Comprehensive characteristic of soil resources of the plain landscapes of the Amur region]. Blagoveshchensk: Izdatel'stvo Dal'GAU, 2010. 324 p. (in Russian).
5. Shamov V. V., Onishi T., Kulakov V. V. Stok rastvoryonnogo zheleza v rekah bassejna Amura v konce XX veka [Dissolved iron runoff in Amur basin rivers in the late 20th century]. *Water Resources.* 2014. Vol. 41, No 2. P. 201—209.
6. Bu H., Meng W., Zhang Y. Nitrogen pollution and source identification in the Haicheng River basin in Northeast China. *Science of the Total Environment.* 2011. Vol. 409. P. 3394—3402.
7. Wang J., Fu Z., Qiao H., Liu F. Assessment of eutrophication and Water quality in the estuarine area of Lake Wuli, Lake Taihu, China. *Science of the Total Environment.* 2019. Vol. 650. P. 1392—1402.
8. Goyette J. O., Bennett E. M., Maranger R. Low buffering capacity and slow recovery of anthropogenic phosphorus pollution in watersheds. *Nature Geoscience.* 2018. Vol. 11. P. 921—925.

УДК 504.53.054 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12029

ЗАВИСИМОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИНАНТРОПНЫХ РАСТЕНИЯХ ОТ УСЛОВИЙ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА УЛЬЯНОВСКА

А. В. Маркова, *аспирант, Ульяновский государственный университет, nastyakurgaeva@mail.ru;*
С. В. Ермолаева, *кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, экологии и природопользования, Ульяновский государственный университет, esv@ulsu.ru,*
А. П. Гончаренко, *аспирант, Ульяновский государственный университет, s.ap92@mail.ru, Ульяновск, Россия*

Результаты работ многих исследователей показали присутствие связи между химическим составом растений и элементным составом среды. Растения под воздействием экологического и генетического факторов способны в разной степени накапливать элементы [Ильин, 2006]. В условиях техногенного загрязнения экологический фактор становится приоритетным. Объектами изучения явились почвы, расположенные в черте г. Ульяновск, и произрастающее на них синантропное растение *костёр* (лат. Brómus).

Проведенные исследования показали, что наиболее загрязненным тяжелыми металлами районом является Ленинский. Менее загрязнены тяжелыми металлами Засвияжский и Железнодорожный районы. Наиболее молодым в плане использования территории в промышленных целях является Заволжский район и загрязнение тяжелыми металлами здесь наименьшее, относительно других районов города.

Синантропное растение — костёр (лат. Brómus) имеет барьерную функцию к кадмию, свинцу и цинку, а алюминий, кобальт, медь и никель способны накапливать и проявлять устойчивость к ним.

The results of many researchers' work have shown the presence of a connection between the chemical composition of plants and the elemental composition of the medium. The plants under the influence of ecological and genetic factors are able to accumulate elements to different degrees [Ilyin, 2006]. In the conditions of technogenic pollution, the environmental factor becomes a priority. The objects of the study were the leaves that were found in the city of Ulyanovsk, and the synanthropic plant of Brómus growing on them.

The studies have shown that the heaviest metal contaminated area is the Leninsky District. The Zasvijazhsky and Zheleznodorozhny Districts are less contaminated with heavy metals. The Zavolzhsky District is the youngest in terms of using the territory for industrial purposes and the pollution with heavy metals is the lowest here, relative to other areas of the city.

The synanthropic plant of Brómus has a barrier function to cadmium, lead and zinc, and aluminum, cobalt, copper and nickel are able to accumulate and exhibit resistance to them.

Ключевые слова: факторы среды, тяжелые металлы, синантропные растения, барьерная функция, устойчивость.

Keywords: environmental factors, heavy metals, synanthropic plants, barrier function, stability.

Введение. Экологическая обстановка среды зависит от множества факторов. Для понимания процессов, происходящих в экосистемах, необходимо знание этих факторов. До последнего времени считалось бесспорным, что серьезные нарушения окружающей среды человек совершает в сфере именно производственной деятельности. Заводские и фабричные трубы являлись основным источником загрязнения воздуха, стоки промышленных предприятий — рек и прибрежных морских вод. Хотя в начале XXI в. транспорт и непроизводственная деятельность потеснили промышленность в шкале загрязнителей, все же промышленное и сельскохозяйственное производство остаются одними из главных источников ухудшения окружающей среды.

Хозяйственная деятельность человека способствует поступлению в окружающую среду различных веществ, способных под влиянием условий среды изменять химическую активность. К этим веществам относятся в том числе тяжелые металлы.

Достаточно большое количество элементов соответствует определению «тяжелые металлы», однако, как загрязняющие вещества, соединения этих элементов далеко не равнозначны. Важными условиями для определения категории тяжелых металлов являются их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях и способность к аккумуляции.

Результаты работ многих исследователей показали присутствие связи между химическим составом растений и элементным составом среды [1]. В зависимости от условий окружающей среды экологический фактор является приоритетным в формировании химического состава растений [2]. Некоторые виды растений накапливают высокие концентрации тяжелых металлов и проявляют устойчивость к ним, другие растения пользуются своими барьерными функциями, таким образом, снижая поступление тяжелых металлов.

Химические элементы, поглощаемые растениями из почвы в разных количествах, играют существенную роль в регулировании биохимических и физиологических процессов в растительном организме. Значение тяжелых металлов для физиологии растений существенно различается. В ис-

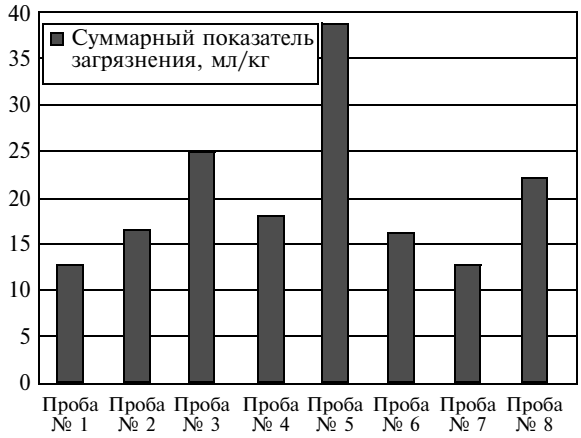


Рис. 1. Степень загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения

следованиях многочисленных авторов приводятся различные значения нормальных концентраций микроэлементов в растениях.

Показателями уровня загрязненности почв являются коэффициент концентрации химического вещества и суммарный показатель загрязнения.

Результаты исследования. Почвенные исследования проводились нами на всей территории г. Ульяновска.

Объектами изучения являлись почвы, расположенные в городской черте. Для более детального определения морфологических особенностей, свойств и плодородия было заложено восемь разрезов на основных типах почв, которые имеют наибольшее распространение в г. Ульяновске. Места расположения участков отбора проб почвы и растений синантропов *костёр* (лат. Brómus) приведены в таблице 1.

Для определения валового содержания ТМ почвенные пробы подвергались анализу на спектроскане MAKS GV, а также на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой ICAP-6000. Подготовку проб проводили методом микроволнового разложения на приборе MARS 5.

По ориентировочной оценочной шкале опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Zc) почвы Заволжского района характеризуются как допустимые по категории загрязнения почв. Категория загрязнения почв Засвияжского и Железнодорожного районов характеризуется как умеренно опасная, а почвы Ленинского района — опасная (рис. 1).

Почва является основой жизни на Земле, частью окружающей человека природной среды. Писатель и агроном Сергей Залыгин писал, что уникальный плодородный слой земли — едва ли не главное чудо нашей планеты. В отличие от воздуха и тем более воды (имеющих способность к самоочищению и самовосстановлению), почва необратимо преображается под воздействием антропогенной деятельности. Тяжелые металлы образуют труднорастворимые соединения, взаимодействуя с гумусом, что приводит к их накоплению в почве. Тяжелые металлы прочно связываются в верхнем слое и под воздействием различных факторов мигрируют на большие расстояния.

Содержание алюминия, кобальта, меди, марганца и цинка в растениях костёр таково, что наименьшее содержание элементов в растениях Заволжского района, а наибольшее — в растениях, отобранных в Ленинском районе (табл. 2). Пробы растений, отобранные в Железнодорожном и Засвияжском районах, содержат одинаковое количество алюминия. Содержание алюминия, кобальта, меди и никеля доказывает наличие устойчивости к загрязнению этими элементами у растения *костёр* (лат. Brómus).

Заключение. Проведенные исследования показали, что наиболее загрязненным тяжелыми металлами районом является Ленинский, так как

Таблица 1

Наименования объектов и места расположения участков отбора проб почвы и растений синантропов костёр (лат. Brómus)

№ пробы	Наименование объекта	Место расположения участка отбора пробы
1	Заволжский район	500 м от Ульяновской ТЭЦ-2, Димитровградское шоссе (54.341922, 48.619554)
2	Заволжский район	75 м от президентского моста, Ул. Нахимова (54.336706, 48.525484)
3	Железнодорожный район	180 м от Татнефть АЗС, ул. Локомотивная (54.286796, 48.362346)
4	Железнодорожный район	22 м от автомойки ул. Хрустальная (54.273621, 48.331390)
5	Ленинский район	80 м от перекрестка ул. Карла Маркса и ул. Марата, ул. Карла Маркса (54.320629, 48.392187)
6	Ленинский район	146 м от перекрестка ул. Льва Толстого и ул. Железной Дивизии, ул. Льва Толстого (54.311885, 48.390013)
7	Засвияжский район	108 м от Лукойл АЗС, ул. Московское шоссе (54.293111, 48.268544)
8	Засвияжский район	Зап. Бульвар (54.307367, 48.324361)

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в растениях синантропах костер (лат. Brómus) мг/50 г

Тяжелые металлы	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3	Проба № 4	Проба № 5	Проба № 6	Проба № 7	Проба № 8
Al	46,7	47,7	70,9	69,8	71,9	70,3	84,7	82,8
Cd	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Co	0,02	0,02	0,05	0,04	0,05	0,03	0,06	0,06
Cu	4,01	4,31	5,7	5,37	6,38	6,11	8,11	9,9
Mn	69,2	69,1	22,1	31,6	25,1	23,0	92	90,8
Ni	2,22	1,96	2,30	2,32	2,24	1,63	1,1	1,92
Pb	1,69	1,06	2,76	1,03	0,52	2,13	0,77	0,29
Zn	9,6	16,9	20,58	21,79	22,42	20,77	26,5	24,55

в этом районе множество старых промышленных предприятий и большая проходимость автомобильного транспорта. Ленинский район отличается высокой плотностью застройки старого города. На ул. Урицкого присутствует одна крупная производственная зона. В Ленинском районе также расположены такие крупные предприятия, как ОАО «Контактор», ОАО «Утес», ОАО «Искра», которые значительно влияют на загрязнение городских почв ТМ. Предприятия ОАО «Контактор» и ОАО «Утес» расположены в центральной части города и окружены жилой зоной.

Менее загрязнены тяжелыми металлами Засвияжский и Железнодорожный районы. В Железнодорожном районе промышленные предприятия, которые являются самыми крупными источниками загрязнения почв, расположены на ул. Локомотивной и на проспекте Гая. В Засвияжском районе крупной производственной зоной является промзона на Московском шоссе, где расположены такие предприятия, как ОАО «Ульяновский автомобильный завод», «Механический завод», Ульяновский завод тяжелых станков, ООО УНП «Вторчермет» и др.

Наиболее молодым в плане использования территории в промышленных целях является Заволжский район и загрязнение тяжелыми металлами здесь наименьшее относительно других районов города.

Синантропное растение — костёр (лат. Brómus) имеет барьерную функцию к кадмию, свинцу и цинку, а алюминий, кобальт, медь и никель способны накапливать и проявлять устойчивость к ним.

Библиографический список

1. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва—растение. Новосибирск: Наука, 2006. 150 с.
2. Полевой В. В. Физиология растений. — М.: Высшая школа, 2008. 464 с.
3. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. С.-П.: ВО Агропромиздат, 2010. 140 с.
4. Абуталыбов М. Т. Значение микроэлементов в растениеводстве. Баку: Кн. Изд-во, 2006. 252 с.
5. Стебаев И. В., Пивоварова Ж. Ф., Смоляков Б. С., Неделькина С. В. Общая биогеосистемная экология. — Новосибирск: Наука, 2003. 288 с.

DEPENDENCE OF HEAVY METALS CONTENT IN SYNANTHROPIC PLANTS IN THE CONDITIONS OF TECHNOGENIC POLLUTION OF SOILS: A CASE STUDY OF THE CITY OF ULYANOVSK

A. V. Markova, graduate student, "Ulyanovsk State University", nastyakurgaeva@mail.ru;
S. B. Ermolaeva, Ph. D. (Biology), Associate Professor of the Department of Biology, Ecology and Nature Management, Ulyanovsk State University, esv@ulsu.ru;
A. P. Goncharenko, postgraduate student, Ulyanovsk State University, s.ap92@mail.ru. Ulyanovsk, Russia

References

1. Il'in V. B. Tyazhelyye metally v sisteme pochva-rasteniye. [Heavy metals in the soil-plant system]. Novosibirsk, Nauka, 2006. P. 150. [in Russian]
2. Polevoy V. V. Fiziologiya rasteniy. [Plant Physiology]. Moscow, Vysshaya shkola. 2008. P. 464. [in Russian]
3. Alekseev Yu. V. Tyazhelyye metally v pochvakh i rasteniyakh. [Heavy metals in soils and plants]. Saint Petersburg, VO Agropromizdat, 2010. P. 140. [in Russian]
4. Abutalybov M. T. Znacheniye mikroelementov v rasteniyevodstve. [The value of trace elements in crop production]. Baku, Kn. Izd-vo, 2006. P. 252. [in Russian]
5. Stebayev I. V., Pivovarova Zh. F., Smolyakov B. S., Nedel'kina S. V. Obshchaya biogeosistemnaya ekologiya. [General biogeosystem ecology]. Novosibirsk, Nauka. 2003. P. 288. [in Russian]

УДК 502.31:504.062:574.474:574.45 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12032

ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ «ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ» В ЛАНДШАФТНО-АДАПТИВНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ СТЕПНОЙ ЗОНЫ

Ю. А. Гулянов, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, iury.gulynov@yandex.ru, Оренбург, Россия,*
А. А. Чибилев, *доктор географических наук, академик РАН, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, orensteppe@mail.ru, Оренбург, Россия*

В статье анализируются негативные экологические последствия расточительного землепользования в России, угрожающие продовольственной безопасности страны, ведущие к углублению экологического кризиса, деградации степных ландшафтов, потере уникальной степной биоты. Обосновывается необходимость разработки инновационных методов восстановления и рационального использования почвенно-биологических ресурсов для обеспечения эффективного сельского хозяйства. Рассматриваются перспективы трансформации сельского хозяйства, основанной на реализации технологий в рамках комплексных научно-технических проектов «Цифровое землепользование» и «Цифровые технологии в управлении АПК». Показаны широкие возможности интеллектуальных «цифровых технологий» в преобразовании землепользования и переводе растениеводства на путь сбалансированного и рационального природопользования.

Акцентировано внимание на интеграции «цифровых технологий» в ландшафтно-адаптивное земледелие степной зоны, которая позволит снизить затраты на производство единицы продукции, обеспечить неистощительное использование почвенно-земельных ресурсов и снизить антропогенную нагрузку на степные ландшафты.

Анализируются проблемы, препятствующие оперативному внедрению «цифровых технологий» и требующие организационной поддержки на государственном уровне. Рассматриваются вопросы разработки дополнительных программ высшего и послевузовского образования для подготовки и переподготовки кадров соответствующего профиля, создания сети обучающих региональных центров и научно-технической базы для проведения обучения.

The article analyzes negative environmental consequences of wasteful land use in Russia, which threatens food security of the country, leads to deepening the environmental crisis, the degradation of the steppe landscapes and loss of the unique steppe biota. The necessity of developing innovative methods for the restoration and rational use of soil and biological resources to provide effective agriculture is substantiated in the article. The prospects for the digital transformation of agriculture are considered within the framework of the comprehensive scientific and technical projects "Digital Land Use" and "Digital Technologies in Agricultural Management".

The wide possibilities of intellectual "digital technologies" in the transformation of land use and the transfer of crop production in the way of balanced and rational environmental management are shown.

The attention is focused on the integration of "digital technologies" into landscape-adaptive farming of the steppe zone, that will reduce the cost of production per unit of production, will ensure the sustainable use of soil and land resources and will reduce the anthropogenic load on the steppe landscapes.

The problems that impede the efficient implementation of "digital technologies" and which demand an organizational support at the state level are analyzed. The issues of developing additional programs of higher and postgraduate education for training and retraining of a relevant type, to create a network of regional training centers and scientific and technical bases for training are discussed.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, неистощительное землепользование, ландшафтно-адаптивное земледелие, эколого-ориентированные инновации.

Keywords: food security, sustainable land use, landscape-adaptive farming, environmental-oriented innovations.

Введение. Развитие в степной зоне РФ негативных экологических последствий, связанных как с интенсивным, так и с экстенсивным землепользованием, требует от законодательной и исполнительной власти всех уровней, научных и образовательных учреждений целенаправленных действий по созданию в основном земледельческом поясе страны устойчивого сельского хозяйства.

За последние 25 лет (1990—2015 гг.), при отсутствии государственной стратегии неистощительного землепользования, несовершенстве природоохранной нормативной базы, диспаритете цен на промышленную и сельскохозяйственную продукцию, мы стали свидетелями неоправданно расточительного отношения к земельным ресурсам.

По данным Почвенного института имени В. В. Докучаева площадь используемой пашни в стране сократилась на 20,6 млн га, выведено из оборота 37,5 млн га кормовых угодий. На обрабатываемых полях площадью 70,6 млн га нарушены освоенные севообороты. Площади орошаемых земель и земель с действующей осушительной сетью уменьшились на 3,1 млн га. Общая площадь земель, подверженных деградации (водная эрозия, дефляция, засоление) выросла на 23,5 млн га. За это время 8,7 млн га пашни заросло кустарником и мелколесьем, прирост овражной сети составляет 20 тыс. км в год [1].

Существующие тенденции природопользования в земледельческих регио-

нах страны ведут к углублению экологического кризиса, угрожают продовольственной безопасности, ухудшают жизненные условия населения.

Подходы и методы. В целях научно-технического обеспечения сельского хозяйства и снижения технологических рисков в продовольственной сфере Указом Президента РФ от 21 июля 2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» предусматривается необходимость разработки и реализации комплекса мер, направленных на создание и внедрение до 2026 года конкурентоспособных отечественных технологий, основанных на новейших достижениях науки [2]. С этой целью в «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», утвержденной указом президента РФ № 642 от 1 декабря 2016 г., предусмотрена трансформация науки и технологий в ключевой фактор развития государства, обеспечивающий эффективное реагирование на большие вызовы без увеличения расходования ресурсов [3].

К наиболее значимым вызовам в области сельскохозяйственного производства отнесены:

— возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду и повышение рисков для жизни и здоровья граждан;

— неэффективное использование природных ресурсов, угрожающее их воспроизводству;

— потребность в обеспечении продовольственной безопасности и снижении технологических рисков в агропромышленном комплексе.

В соответствии с этим в числе научно-технических приоритетов на ближайшие 15 лет выделены направления, обеспечивающие переход к высокоэффективному и экологически чистому агро- и аквохозяйству, созданию безопасных и качественных продуктов питания, внедрению интеллектуальных цифровых технологий [3].

Преобразование сельского хозяйства на основе внедрения цифровых технологий закреплено в качестве поручения Правительству РФ в указе Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года». Одновременно предусматривается сохранение биологического разнообразия путем увеличения площади особо охраняемых природных территорий, реинтродукции редких видов животных, создания инфраструктуры для экологического туризма, воспроизводства вырубленных и погибших лесных насаждений [4].

Обсуждение. Для успешной реализации обозначенных в «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [3] приоритетов предусмотрено развитие прорывных агротехнологий, способных обеспечить технологическую независимость и продовольственную безопасность государства. В их основе лежит цифровая трансформация сельского хозяйства, широкое использование данных дистанционного зондирования земли (ДДЗ) для нужд полеводства, реализация интеллектуальных цифровых технологий в управлении АПК в рамках комплексных научно-технических проектов «Цифровое землепользование» и «Цифровые технологии в управлении АПК» — «Умный сад», «Умное поле», «Умная ферма» и «Умная теплица». В качестве базовой основы при реализации указанных проектов рассматриваются восстановление государственного института земельных ресурсов, формирование экологических каркасов территории, ландшафтно-экологическое территориальное планирование, гармонизация отраслей растениеводства и животноводства.

Грамотная практическая реализация указанных задач должна сопровождаться повышением экономической целесообразности сельскохозяйственного производства и заметным почвовосстанавливающим и средоулучшающим эффектом одновременно. В качестве положительного примера показателен опыт Белгородской области по освоению адаптивно-ландшафтных биологизированных систем земледелия. Они базируются на расширении посевов многолетних трав (особенно на склоновых землях), включении в севообороты бобовых культур, пожнивных посевов, сидеральных культур, мульчировании, переходе на минимальную и нулевую (no-till) обработку почвы, умеренном и адресном применении минеральных удобрений и пестицидов на основе цифровых технологий. Научно-обоснованное внедрение указанных систем позволило в 1,5—2,0 раза повысить урожайность сельскохозяйственных культур при стабилизации, а на отдельных полях и воспроизводстве (на 0,1—0,2 %) содержания гумуса [5].

Необходимо подчеркнуть, что вполне успешные попытки внедрения эколого-ориентированных инноваций в управлении процессами формирования урожая путем оптимизации факторов внешней среды на основе экологически обоснованных математических моделей не так уж и новы, в том числе и в отечественной науке и практике. Подобные исследования были связаны с программированием урожаев полевых культур, создавшем предпосылки для зарождения инновационной методологии управления агротехнологиями [6].

Широко известны опыты одного из основоположников селекции и сортоиспытания картофеля А. Г. Лорха, разработавшего в 30-х годах

прошлого столетия модель оптимального агроценоза картофеля для условий Подмосковья. Управление питанием, водоснабжением и углекислотным обменом растений позволили достичь запрограммированной урожайности клубней 50 т/га, а в последующем — и 70 т/га. В эти же годы М. С. Савицкий, на опытном поле Всесоюзной сельскохозяйственной выставки, путем управления плотностью продуктивного стеблестоя и массой зерна в колосе, смог получить урожайность зерна озимой пшеницы Московская 2411 на уровне 10 т/га [7].

В 70-е годы XX века в СССР были организованы крупные научные центры, занимающиеся разработкой математико-статистических и функционально-динамических моделей формирования урожая. Наиболее значимых успехов достигли в Московской СХА имени К. А. Тимирязева (И. С. Шатилов), Агрофизическом НИИ РАСХН и Петербургском АГУ (В. П. Якушев, Е. Е. Жуковский, Н. Ф. Бондаренко, Р. А. Полуэктов), Волгоградском сельскохозяйственном институте (А. А. Климов, Г. П. Устенко, Г. Е. Листопад, А. Ф. Иванов, В. И. Филин), Белорусском НИИ почвоведения и агрохимии (Т. Н. Кулаковская), Татарском НИИ сельского хозяйства (А. А. Ничипорович) и многих других. Благодаря их усилиям в середине 90-х годов площадь программируемых посевов достигала 4,0 млн га [7].

Подобные исследования проводились нами при выявлении и научном обосновании приемов высокой реализации ресурсного потенциала агроценозов озимой пшеницы на черноземах южных Оренбургского Предуралья (1995—2015 гг.). На их основе разработаны соответствующие современным экологическим стандартам модели агротехнологий, позволяющие при добросовестной реализации повысить урожайность высококачественного зерна на 100—120 % и достичь экономически и экологически целесообразного уровня в 3,0—3,5 т/га.

Установлено, что в современных экологических условиях в зоне сухих степей Оренбургского Предуралья урожайность пшеничных агроценозов чаще всего зависит от плотности продуктивного стеблестоя в уборку и массы зерна с колоса. Экспериментальным путем определены оптимальные параметры экологических факторов и структурных элементов посева, определяющие его итоговую «конструкцию».

Так, полноценные дружные всходы формируются при посеве озимой пшеницы в период с 23 августа по 2 сентября в подготовленное по влагосберегающей технологии паровое поле, с запасом продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы (0—30 см) на уровне 100—120 мм. Заданная густота растений, обеспечивающая оптимальную осеннюю кустистость и зимостойкость озимой пшеницы, достигается при посеве нормой 5,25—6,00 млн всхожих зерен/га (162,2—185,4 кг/га) и сумме среднесуточных температур от всходов до устойчивого перехода через 5 °С — 471—574 °С.

Наиболее благоприятные условия минерального питания складываются при дополнительной подзарядке почвы минеральными удобрениями нормой $N_{51}P_{70}$ — $N_{74}P_{98}$. При этом основная масса фосфора (P_{28} — P_{56}) вносится в почву при уходе за паром, NP_{36} (сумма) — при посеве, NP_{34} (сумма) — в некорневую подкормку весной, N_{23} — совместно с ЖУСС (Cu + B, 4 л/га) и Агатом-23К (14 г/га) в виде некорневой подкормки в фазу выхода в трубку и N_0 — N_{23} — при наливе зерна.

При таком подходе формируются высокопродуктивные экологически сбалансированные агроценозы озимой пшеницы с плотностью продуктивного стеблестоя в уборку 451—499 штук/м^2, максимальной площадью листьев 24,7—25,2 тыс. м^2/га, массой зерна в колосе главного побега 0,73—0,80 г, использующие энергию солнечного света с коэффициентом полезного действия (КПД ФАР) — 1,22—1,23 % [8].

Разработка количественных моделей продукционного процесса сельскохозяйственных культур велась во многих странах мира. Известен успешный опыт этих разработок в научно-исследовательских центрах различного профиля в Голландии, Великобритании, Мексике, Перу, Колумбии, Индии, США [7].

Развитие компьютерных информационных технологий и возможностей роботизированной сельскохозяйственной техники привело к возникновению в конце XX века принципиально нового направления сельскохозяйственной науки, получившего название «прецизионного» или «точного земледелия».

Принципиальное преимущество «точного земледелия» заключается в автоматической дифференциации (чаще минимизации) роботизированными машинами норм технологического воздействия на отдельные участки поля с учетом внутриполевой гетерогенности, выражающейся в их неоднородности по рельефу, уровню плодородия почвы, наличию и степени развития деградационных процессов, зараженности вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, засоренности. Оно интегрирует в себе современные методы агрономической науки и других сфер знаний и представляет собой новаторский подход к решению проблем «зеленой революции» [9].

Внедрение технологий «точного земледелия» может значительно повысить эффективность управления агротехническими мероприятиями, из-

бежать деградации агроландшафтов, повысить качество урожая и прибыльность производства [6].

Применяемые в системе «точного земледелия» машины и орудия оснащаются бортовыми компьютерами, приемниками спутниковых сигналов, различными датчиками, сенсорами и автоматическими устройствами.

Целью внедрения систем «точного земледелия» в конечном итоге является получение максимальной прибыли с единицы обрабатываемой площади на основе оптимизации сельскохозяйственного землепользования, создания одинаковых условий реализации ресурсного потенциала для всех растений на поле независимо от его «пестроты», экономии хозяйственных и природных ресурсов за счет дифференциации внесения агрохимикатов и средств защиты растений. При этом открываются новые возможности производства экологически чистой продукции и сохранения гармоничной и сбалансированной окружающей среды ввиду значительного снижения пестицидной нагрузки и сокращения норм агрохимикатов на анроландшафт в целом [10].

Формирование современных научных знаний, использование интеллектуальных сетей и других инструментов управления данными привели во втором десятилетии XXI века к эволюции «точного земледелия» (precision farming) в «цифровое земледелие» (digital farming). Оно опирается на платформу precision farming на обновленных научном, техническом и технологическом уровнях, позволяющих преобразовывать оперативные данные в эффективный интеллект [11].

Разработка научных основ и методов применения интеллектуальных «цифровых технологий» в РФ имеет широкие возможности преобразования землепользования и перевода растениеводства на путь сбалансированного и рационального природопользования. Успех нового направления сельскохозяйственного использования земель по утверждению многих исследователей [6] будет зависеть от того, насколько органически тесно будут связаны достижения информационных, коммуникационных и прецизионных технологий с накопленным опытом ведения земледелия.

Следует отметить, что мировой практикой в качестве индикатора перспективности внедрения «цифровых технологий» в ряду других чаще всего используется экологический (количество агрохимикатов и средств защиты растений на 1 га пашни) критерий [12]. В соответствии с ним перспективность внедрения «цифровых технологий» в земледелии РФ не настолько высока, как к примеру в развитых странах, поскольку агрохимикаты и средства защиты растений в полеводстве РФ вносятся на 1 усредненный гектар пашни в несопоставимо меньших количествах.

В то же время задачи сохранения природной среды требуют научного обоснования доз вносимых удобрений и средств защиты растений для каждого поля, часто завышенных или некорректно заданных, их дифференцированного внесения с учетом внутриполевой гетерогенности и фитосанитарного состояния посевов. При таком подходе актуальность внедрения технологий «цифрового землепользования», минимизирующих негативные экологические последствия, значительно возрастает.

Интеграция «цифровых технологий» в ландшафтно-адаптивное земледелие степной зоны будет способствовать устойчивому производству экологически чистой продукции при существенном нормировании технологической нагрузки. Это позволит избежать деградации степных ландшафтов, исключит возможность возникновения очагов экологических катастроф и создаст условия сохранения уникальной степной биоты.

Вполне очевидно, что для повсеместного перехода от традиционных подходов в земледелии к инновационным экологоориентированным «цифровым технологиям» потребуется немало усилий и времени на подготовку материально-технического и интеллектуального оснащения.

Оперативному внедрению «цифрового земледелия» в сельскохозяйственном производстве РФ в настоящее время препятствуют проблемы, требующие государственного решения:

— недоступность данных дистанционного зондирования, приуроченных к фазам технологического процесса в растениеводстве (например, по датам вегетации), а также требуемого пространственного разрешения или периодичности и др.;

— слабая разработанность алгоритмов прикладного анализа ДДЗ;

— отсутствие сети стационарных датчиков мониторинга факторов внешней среды (температура, влажность почвы и воздуха, осадки, скорость ветра, показатели почвенного плодородия и пр.), системы удаленного сбора и анализа поставляемой ими информации;

— отсутствие дополнительных финансовых средств и сомнение в экономическом эффекте;

— недостаток высококвалифицированных кадров [1].

Для реализации технологий «цифрового земледелия» требуется:

— создание более приемлемого по стоимости отечественного программного обеспечения;

— формирование общедоступных обновленных электронных баз данных почвенного, агро-

химического и геоботанического обследования полей, сведений о состоянии (нарушенности), составе, свойствах почв, обеспеченности элементами минерального питания;

— разработка единой системы оперативного контроля индикаторов урожайности на основе ДДЗ, моделирования роста растений, калибровки действующих моделей агротехнологий, анализа текущей метеорологической информации.

Одними из первоочередных задач являются разработка дополнительных программ вузовской подготовки и переподготовки кадров соответствующего профиля, создание сети обучающих региональных центров и научно-технической базы для проведения обучения. На первоначальном этапе вхождения в проект «цифровое землепользование» снять напряженность в дефиците указанных ресурсов поможет формирование научно-образовательных центров (НОЦ) на базе региональных аграрных вузов и научно-исследовательских институтов, располагающих высококвалифицированными обучающими и научными кадрами. Потребуется только дооснащение их материально-техническими ресурсами и программными продуктами соответствующего назначения.

Заключение. В историческом масштабе относительно немного времени отделяет нас от того момента, когда подвижник отечественного земледелия, агроном-новатор А. Т. Болотов (1738—1833), постигая азы минерального питания растений, объясняет необходимость удобрения полей невысоким естественным плодородием почв многих российских территорий. При этом он делает заключение, что «одни только степные провинции, имеющие то блаженное преимущество, что земли в них почти повсюду сами собою такой доброты, что никакого удобрения не требуют» [13, стр. 51].

Степи многие столетия исправно служили человечеству не только как источник продовольствия растительного и животного происхождения, а затем еще и как полигоны с крупными нефтегазовыми и рудными месторождениями. Они являлись «визитной карточкой» географического пространства России, символом ее плодородных черноземов, уникальным «вмещающим» ландшафтом для проживающих здесь народов.

В современных условиях степи России стали одной из критических территорий биосферы, утративших зональную типичность, с острыми агроэкологическими проблемами [14].

Интеграция «цифровых технологий» в ландшафтно-адаптивное земледелие степной зоны позволит не только оптимизировать состав и структуру сельскохозяйственных угодий, но и создать земельный резерв для формирования ландшафтно-экологического каркаса степных регионов. Это позволит сосредоточить технологические затраты на лучших землях, будет способствовать достижению продовольственной безопасности страны, а также улучшит условия жизни и здоровье населения. На этой основе станет возможным восстановление степных экосистем, ландшафтного и биологического разнообразия в земледельческих регионах страны.

Статья подготовлена по теме НИР Института степи УрО РАН: «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды», № ГР АААА-А17-117012610022-5.

Библиографический список

1. Иванов А. Л. Научно-технологическое развитие цифрового землепользования в РФ. Государственное регулирование. [Электронный ресурс]. — URL: http://www.sib-science.info/ru/ras/ran-den-vtoroj-pryamaya-translyatsiya-14112018 (дата обращения 24.01.2019)
2. Указ президента РФ «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» от 21 июля 2016 г. № 350. [Электронный ресурс]. — URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71350102/ (дата обращения 18.01.2019)
3. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642. [Электронный ресурс]. — URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449 (дата обращения 14.01.2019)
4. Указ Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» от 07 мая 2018 г. № 204. [Электронный ресурс]. — URL: http://prezident.org/articles/ukaz-prezidenta-rf-204-ot-7-maja-2018-goda-07-05-2018.html (дата обращения 18.01.2019)
5. Савченко Е. С. Выступление на общем собрании членов РАН 14 ноября 2018 г. [Электронный ресурс]. — URL: http://www.sib-science.info/ru/ras/ran-den-vtoroj-pryamaya-translyatsiya-14112018 (дата обращения 05.02.2019)
6. Якушев В. П., Якушев В. В. Перспективы «умного сельского хозяйства» в России // Вестник Российской академии наук. — 2018. — № 9. — С. 773—784.
7. Филин В. И. Программирование урожая: от идеи к теории и технологиям возделывания сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. — 2014. — № 3 (35). — С. 1—11.
8. Гулянов Ю. А., Досов Д. Ж., Умарова С. А. Эффективность использования биоклиматических ресурсов при выращивании озимой пшеницы в Оренбуржье // Известия Оренбургского ГАУ. — 2010. — № 2 (26). — С. 48—50.

9. Измайлов А. Ю., Личман Г. И., Марченко Н. М. Точное земледелие: проблемы и пути решения // Сельскохозяйственные машины и технологии. — 2010. — № 5. — С. 9—14.
10. Шаяхметов М. Р., Дубровин И. А. Точное земледелие (Precision agriculture) — путь к ресурсосбережению // Омский научный вестник. — 2013. — № 1 (118). — С. 197—200.
11. Личман Г. И., Смирнов И. Г., Личман А. А., Беленков А. И. Цифровое земледелие (digital farming) — преемник точного (precision farming) // ФЕРМЕР. ПОВОЛЖЬЕ. — 2017. — № 11 (65). — С. 40—45.
12. McBratney A., Whelan B., Ancev T., Bouma J. Future directions of Precision Agriculture // Precision Agriculture. — 2005. — № 6. — С. 7—23. [Электронный ресурс]. — URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-005-0681-8 (дата обращения 24.01.2019)
13. Болотов А. Т. Избранные труды. — М.: Агропромиздат, 1988. — С. 51.
14. Чибилев А. А., Левыкин С. В., Кочуров Б. И., Казачков Г. В. Перспективы конвергенции наук для решения проблем критических территорий биосферы // Юг России: экология, развитие. — 2018. — Т. 13. — № 4. — С. 129—138.

PROSPECTS FOR THE INTEGRATION OF "DIGITAL LAND USE" IN THE LANDSCAPE-ADAPTIVE FARMING OF THE STEPPE ZONE

Yu. A. Gulyanov, Ph. D. (Agronomy), Dr. Habil, Professor, Institute of the Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, iury.gulynov@yandex.ru, Orenburg, Russia;
A. A. Chibilev, Ph. D. (Geography), Dr. Habil, Academician of the RAS, Institute of the Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, orensteppe@mail.ru, Orenburg, Russia.

References

1. Ivanov A. L. Nauchno-tekhnologicheskoe razvitie czifrovogo zemlepol`zovaniya v RF. Gosudarstvennoe regulirovanie. [Scientific and technological development of digital land use in the Russian Federation. State regulation]. Available at: www.sib-science.info/ru/ras/ran-den-vtoroj-pryamaya-translyatsiya- 14112018, date of access 24.01.2019. [in Russian]
2. Ukaz prezidenta RF "O merakh po realizaczii gosudarstvennoj nauchno-tekhnicheskoj politiki v interesakh razvitiya selskogo khozyajstva" ot 21 iyulya 2016 g. № 350. [Presidential Decree "On measures to implement the state science and technology policy in the interests of agricultural development" dated July 21, 2016, No. 350]. Available at: www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71350102, date of access 24.01.2019. [in Russian]
3. Strategiya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federaczii (utverzhdena Ukazom Prezidenta Rossijskoj Federaczii ot 1 dekabrya 2016 g. № 642. [The strategy of scientific and technological development of the Russian Federation (approved by the Decree of the President of the Russian Federation dated December 1, 2016, No. 642)]. Available at: www.kremlin.ru/acts-/bank/41449, date of access14.01.2019. [in Russian]
4. Ukaz Prezidenta RF "O naczionalnykh czelyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossijskoj Federaczii na period do 2024 goda" ot 07 maya 2018 g. № 204. [Presidential Decree "On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024" dated May 07, 2018, No. 204]. Available at: prezident.org/articles/ukaz-prezidenta-rf-204-ot-7-maja-2018-goda-07-05-2018. html, date of access 18.01.2019. [in Russian]
5. Savchenko E. S. Vystuplenie na obshhem sobranii chlenov RAN 14 noyabrya 2018 g. [Speech at the General Meeting of Members of the Russian Academy of Sciences on November 14, 2018]. Available at: www.sib-science.info/ru/ras/ran-den-vtoroj-pryamaya-translyatsiya-14112018, date of access: 05.02.2019. [in Russian]
6. Yakushev V. P., Yakushev V. V. Perspektivy "umnogo selskogo khozyajstva" v Rossii. [Prospects for "smart agriculture" in Russia]. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk*. 2018. No. 9. P. 773—784. [in Russian]
7. Filin V. I. Programmirovanie urozhaya: ot idei k teorii i tekhnologiyam vozdelyvaniya selskokhozyajstvennykh kultur. [Harvest programming: from the idea to the theory and technologies of cultivation of agricultural crops]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa*. 2018. No. 3 (35). P. 1—11. [in Russian]
8. Gulyanov Yu. A., Dosov D. Zh., Umarova S. A. Effektivnost ispolzovaniya bioklimaticheskikh resursov pri vyrashhivanii ozimoj psheniczy v Orenburzhye. [Efficiency of the use of climatic resources in the cultivation of winter wheat in the Orenburg Region]. *Izvestiya Orenburgskogo GAU*. 2010. No. 2 (26). P. 48—50. [in Russian]
9. Izmailov A. Yu., Lichman G. I., Marchenko N. M. Tochnoe zemledelie: problemy i puti resheniya. [Precision farming: problems and solutions]. *Selskokhozyajstvennye mashiny i tekhnologii*. 2010. No. 5. P. 9—14. [in Russian]
10. Shayakhmetov M. R., Dubrovin I. A. Tochnoe zemledelie (Precision agriculture) — put k resursosberezheniyu. [Precision agriculture — the way to resource saving]. *Omskij nauchnyj vestnik*. 2013. No. 1 (118). P. 197—200. [in Russian]
11. Lichman G. I., Smirnov I. G., Lichman A. A., Belenkov A. I. Tsifrovoe zemledelie (digital farming) — preemnik tochnogo (precision farming). [Digital farming — the successor of precision farming]. *FERMER. POVOLZHYE*. 2017. No. 11 (65). P. 40—45. [in Russian]
12. McBratney A., Whelan B., Ancev T., Bouma J. Future directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*. 2005. No. 6. P. 7—23, available at: link.springer.com/article/10.1007/s11119-005-0681-8, date of access: 24.01.2019.
13. Bolotov A. T. Izbrannye trudy. [Selected Works]. Moscow, Agropromizdat. 1988. P. 52. [in Russian]
14. Chibilev A. A., Levykin S. V., Kochurov B. I., Kazachkov G. V. Perspektivy konvergenczii nauk dlya resheniya problem kriticheskikh territorij biosfery. [Prospects of convergence of sciences for solving the problems of critical areas of the biosphere]. *Yug Rossii: jekologija, razvitie*. 2018, Vol. 13. No. 4. P. 129—138. [in Russian]

УДК 504 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12038

ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ И ГРУНТОВ ГОРОДА БАЛЫКЧЫ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОСЛЕ РЕМЕДИАЦИИ

Г. К. Эсенжанова, *магистрант,*
Институт естественных наук,
Кыргызско-Турецкий университет «Манас»,
ms.rapunsel@mail.ru,
Н. Э. Тотубаева, *к. б. н., доцент,*
Кыргызско-Турецкий университет «Манас»,
totubaevanurzat@gmail.com,
Ж. К. Токпаева, *магистр,*
Институт естественных наук,
Кыргызско-Турецкий университет «Манас»,
j.tokpaeva@gmail.com,
Г. Т. Талайбекова, *магистрант,*
Институт естественных наук,
Кыргызско-Турецкий университет «Манас»,
guljan9393@mail.ru,
К. А. Кожобаев, *д. т. н., профессор,*
Кыргызско-Турецкий университет «Манас»,
kojkanik@gmail.com,
г. Бишкек, Кыргызская Республика

В статье излагаются результаты исследования загрязненной нефтепродуктами супесчаной почвы г. Балыкчы Кыргызской Республики до и после проведения биоремедиации почв, биопрепаратом, содержащим активные углеводородокисляющие штаммы бактерий Pseudomanas, Rhodoccocus, Flavobacterium. Установлены изменения в структуре и составе почв, в частности, почва заметно диспергируется, pH почвы после биоремедиации немного снижается. Содержание CO_2 и гумуса при биоремедиации понижается на 5,8 и 30,7 %, а подвижной формы фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O) после биоремедиации увеличиваются, соответственно, на 32,0 и 93,3 %. Длительный срок загрязнения почвы нефтепродуктами приводит к преобладанию бактерий, использующих органические и минеральные формы азота и даже сравнительно с фоновыми показателями их численность оказывается на порядок выше.

The article presents the results of the study of the oil-contaminated sandy loam soil of the town of Balykchy of the Kyrgyz Republic before and after bioremediation. The changes in the structure and composition of the soil have been established. In particular, the soil is noticeably dispersed, and the pH of the soil after bioremediation decreases slightly. The content of CO_2 and humus during bioremediation decreases by 5.8 and 30.7 %, while the mobile form of phosphorus (P_2O_5) and exchangeable potassium (K_2O) after bioremediation increase, respectively, by 32.0 and 93.3 %. In soil there are succession phenomena that are expressed in a change in the dominance of individual microorganisms actively functioning in the soil. The long term of soil contamination with oil products leads to the predominance of bacteria using organic and mineral forms of nitrogen, and even compared to the background indicators, their number is much higher.

Ключевые слова: биоремедиация, загрязнение грунта, штаммы, углеводородокисляющие микроорганизмы, механический состав.

Keywords: bioremediation, soil pollution, strains, soil structure, hydrocarbon oxidizing bacteria.

Введение. В современном обществе, пока широко использующем углеводородные энергоресурсы, одним из наиболее масштабных техногенных загрязнителей является нефть и продукты ее переработки. Нефть — это жидкое природное ископаемое, состоящее из большого числа высокомолекулярных углеводородов (УВ) разнообразного строения. Легкая фракция нефти, являясь наиболее подвижной ее частью, при попадании в почву, водную или воздушную среды, оказывает наиболее токсическое действие на живые организмы. Легкая фракция мигрирует по почвенному профилю и водоносным горизонтам, значительно расширяя ареал первичного загрязнения [1]. Уже на протяжении нескольких десятилетий в мире нефть и нефтепродукты являются превалирующими загрязнителями окружающей среды.

Попадая в почву, нефть оказывает как прямое, так и опосредованное влияние на биологическую активность почв [2]. При концентрации свыше 2 г на 1 кг почвы происходит необратимое угнетение растений. Основными источниками загрязнения водоемов углеводородами являются: бытовые и промышленные отходы (30 %), суда (27 %), естественные источники (24 %), аварии танкеров и нефтяных платформ (12 %), атмосферные осадки (7 %) [3]. Нефть и нефтепродукты оказывают негативное воздействие также на водные экосистемы: для гибели большинства речных рыб достаточно концентрации нефтепродуктов в 0,01 мг на 1 л пресной воды.

Из-за особого значения поверхностного слоя гидросферы в жизнедеятельности водной флоры и фауны загрязнение воды нефтью и нефтепродуктами наносит ущерб, превышающий другие виды воздействия на природу, образуя пленку, они снижают доступ кислорода к поверхности воды и уменьшают испарение с ее поверхности до 60 % [4].

Рис. 1. Объект исследования

В связи с возрастающим техногенным загрязнением окружающей среды увеличивается число местообитаний, в которых организмы находятся в экстремальных условиях [5]. Загрязнение почвы является одним из самых сложных видов техногенного воздействия на почвы [6]. Загрязнение нефтью и нефтепродуктами также приводит к нарушению естественных биоценозов, ухудшению агрофизических и агрохимических свойств почвы [7]. Известно, что в супесчаные и суглинистые почвы легкие фракции нефти могут проникать на глубину до 1,5—2,0 м, уничтожая все живое и подавляя биологическую активность почв [8].

Одним из эффективных методов очистки загрязненных нефтью и нефтепродуктами почв является метод биоремедиации. Так, ряд исследований показывает различную эффективность фиторемедиации для местных условий различными растениями, разную способность штаммов микроорганизмов к деструкции нефти и нефтепродуктов и намного большую способность специально подбираемых различных консорциумов штаммов, чем индивидуальных штаммов. Метод биоремедиации, кроме очистки, может улучшать и агрофизические свойства почв [9, 10, 12, 13].

Целью настоящей работы было провести исследования по выявлению изменений в структурах и составе загрязненных нефтепродуктами супесчаных почв г. Балыкчы (Кыргызская Республика) после биоремедиации.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования служила нефтезагрязненная почва г. Балыкчы (Кыргызская Республика) с координатами 42°27'13,44" северной широты, 76°12'12,91" восточной долготы (см. рис. 1) и площадью порядка 2300 м. По мнению экспертов, на сегодняшний день утечка горюче-смазочных материалов, в основном дизельного топлива или солярки, составила порядка 600 тонн. Если еще 14—15 лет назад расстояние от точки загрязнения до озера Иссык-Куль, основного курортного района Центральной Азии, было 350 метров, то в настоящее время расстояние составляет всего 30—40 метров. Глубина проникновения в отдельных местах достигает до 3,6 метра. Растительность на этом участке отсутствует, отдельные деревья уже засохли и безжизненны.

Отбор проб грунтов был произведен в городе Балыкчы. Почвенные образцы были отобраны на глубине 0—20 см с пробной площадки 1 × 1 м из пяти точек и объединены в общую пробу массой 400—500 г — согласно ГОСТ 17.43.01—83. Фоновый образец почвы был взят на расстоянии примерно 2000 м от исследуемого объекта. pH почвы измеряли универсальным иономером ЭВ-74, гумус почвы измеряли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО. Влажность почвы определяли гравиметрическим методом, путем просушивания образца в сушильной печи при температуре 105 °С. Определение общего азота, валовых форм фосфора, калия — методом Мещерякова, механический состав почв определяли ситовым методом с использованием сит размером от 0,001 до 10,0 мм в Республиканской почвенной — агрохимической станции ГПИ «Кыргызгипрозем» при МСХППиМ КР.

Микробиологический анализ включал в себя определение следующих систематических и физиологических групп микроорганизмов: аммонификаторов — на мясо-пептонном агаре (МПА);

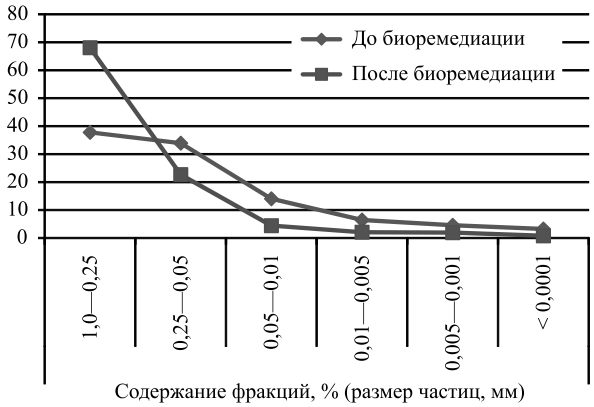


Рис. 2. Гранулометрический состав почвы до и после биоремедиации

микроорганизмов, усваивающих минеральный азот — на крахмало-аммиачном агаре (КАА); микромицетов — на среде Чапека с pH = 5,6. Идентификацию микроорганизмов проводили по культуральным, морфологическим и физиолого-биохимическим признакам [5—8].

Результаты исследований и их обсуждение. Обычно почва состоит из отдельных кусочков (агрегатов) разной формы и размера, которые называют механическими элементами и которые в воде распадаются на еще более мелкие элементы. Среди них по размерам выделяют песчаные частицы (1—0,05 мм), пыль (0,05—0,001 мм), ил (0,001—0,0001 мм), коллоиды (<0,0001 мм). Исследуемая почва до и после биоремедиации имела следующий механический состав (см. рис. 2).

Из графика видно, что после биоремедиации наблюдается заметная диспергация частиц.

Определение валовых форм азота, калия, фосфора дают нам сведения об общем количестве того или другого элемента или того или иного соединения, не разграничивая их на усвояемые и неусвояемые. Поэтому, естественно предполагать, что почва, весьма обеспеченная тем или иным питательным веществом, согласно данным, полученным при валовом ее анализе, может оказаться весьма нуждающейся в усвояемых формах именно этого вещества. Результаты химических анализов почвы по некоторым элементам и веществам до и после биоремедиации приведены в табл. 1 и 2.

Из рассмотрения таблицы 1 видно, что до биоремедиации pH больше на 2 %, чем после биоремедиации или, в абсолютных выражениях, почва «окисляется» с 7,50 до 7,35. Содержание CO_2 и гумуса понижается на 1—1,5 % от общего содержания, соответственно, или на 5,8 и 30,7 % относительных процента. Содержание подвижной формы фосфора (P_2O_5, мг/кг) и обменного калия (K_2O, мг/кг), наоборот, после биоремедиации резко увеличиваются, соответственно на 32,0 и 93,3 %.

В результате исследования влияния нефтяного загрязнения на комплекс почвенных микроорганизмов установлено, что солярка вызывает достоверное снижение численности и видового разнообразия всех групп микроорганизмов — за исключением углеводородокисляющих бактерий (таблица 2). Это связано с гибелью неустойчивых

Таблица 1

Результаты химических анализов почвы

№ п/п	Место отбора	pH	CO_2, %	Гумус, %	Подвижная форма фосфора (P_2O_5), мг/кг	Обменный калий (K_2O), мг/кг
1	До биоремедиации	7,50	1,54	4,88	25,0	120,0
2	После биоремедиации	7,35	1,45	3,38	33,0	232,0

Таблица 2

Численность различных эколого-таксономических групп микроорганизмов в исследуемых почвах

Наименование почвы	Численность микроорганизмов, КОЕ г/почвы		
	Бактерии, $\times 10^6$	Актиномицеты, $\times 10^5$	Микроскопические грибы, $\times 10^4$
Загрязненный грунт	60	60	34
Фон	76	694	24

групп или большинства микроорганизмов в результате токсического действия нефти. Возникают сукцессионные процессы, которые выражаются в изменении доминирования отдельных активно функционирующих в почве микроорганизмов. В нефтезагрязненной почве доминировали актиномицеты секции *Cinereus*, а также в незначительной численности отмечены секции *Helvolo-Flavus* и *Albus,* тогда как в фоновой почве преобладали секции *Cinereus* и *Roseus.* Основными представителями микроскопических грибов в загрязненной нефтью почве были роды *Aspergillus, Fusarium и Penicillium.*

После обработки почвы биопрепаратом, содержащим активные углеводородокисляющие штаммы бактерий *Pseudomanas*, *Rhodoccocus*, *Flavobacterium*, отмечено преобладание групп бактерий над другими физиологическими группами микроорганизмов.

Заключение. Исследования загрязненной нефтепродуктами (соляркой) супесчаной почвы в черте города Балыкчы Кыргызской Республики после проведения биоремедиационных работ показали улучшение свойств грунта, которое выражалось в заметном ее диспергировании, в особенности это касается ее самой крупной песчаной фракции частиц. Замечено влияние на pH почвы, которая до биоремедиации оказалась больше на 2 %, чем после биоремедиации или, в абсолютных выражениях, почва «окислилась» с 7,50 до 7,35. Содержание CO_2 и гумуса при биоремедиации понизилось на 1—1,5 % от общего содержания, соответственно, или на 5,8 и 30,7 % относительных процента. Содержание подвижной формы фосфора (P_2O_5, мг/кг) и обменного калия (K_2O, мг/кг) после биоремедиации резко увеличились, соответственно, на 32,0 и 93,3 %. Длительный срок загрязнения почвы нефтепродуктами приводит к преобладанию бактерий, использующих органические и минеральные формы азота и даже сравнительно с фоновыми показателями их численность оказывается на порядок выше.

Библиографический список

1. Шамраев А. В., Шорина Т. С. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды. Вестник ОГУ № 6 (100), 2009.
2. Кабиров Т. Р. Использование многоуровневой системы индикации биологической активности почв для оценки эффективности методов биорекультивации нефтезагрязненных территорий. Уфа, 2009.
3. Аренс В. Ж., Саушкин А. З., Гридин О. М., Гридин А. О. Очистка окружающей среды от углеводородных загрязнений. М.: Изд-во «Интербук», 1999. — 371 с.
4. Химия окружающей среды. Перевод с английского языка под редакцией А. Цыганкова. — Москва: Химия, 1982 г.
5. Ишкова С. В., Троц Н. М., Горшкова О. В. Влияние нефтяных установок на загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами и нефтепродуктами. 2012.
6. Терехова В. А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. 2006.
7. Гилязов М. Ю. Изменение некоторых агрохимических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении его нефтью. Агрохимия. — 1980, № 12.
8. Назарько М. Д., Шербаков В. Г., Александрова А. В. Перспективы использования микроорганизмов для биодеградации нефтяных загрязнений почв // Известия вузов. Пищевая технология. № 4, 2004 г. стр. 89—91.
9. Баутиста Э. Активность фитобиоремедиации нефтезагрязненных почв бактериальными консорциумами различных климатических зон // Автореф. Диссер. на соискание уч. степени кандидата биологических наук. 03.02.03 — микробиология. Казань, 2018. — 23 с.
10. Курицын А. В., Курицына Т. В., Катаева И. В. Биоремедиация нефтезагрязненных грунтов на технологических площадках. 2011.
11. Емельянова Е. К., Алексеев А. Ю., Шестопалов А. М., Забелин В. А. Экологические подходы к биорекультивации нефтезагрязненных грунтов и водоемов в условиях сибири. 2015.
12. Бабаев Э. Р., Мовсумзаде М. Э. Преобразование нефти в процессе ее микробиологической деградации в почве. 2009.
13. Бабаев Э. Р., Мамедова П. Ш., Кулиева Д. М., Мовсумзаде М. Э. Выбор активного микроорганизма — деструктора углеводородов для очистки нефтезагрязненных почв Балаханского месторождения. 2009.

CHANGES IN SOME INDICATORS OF SOILS AND GROUNDS OF THE TOWN OF BALYKCHY POLLUTED BY OIL PRODUCTS AFTER REMEDIATION

G. K. Esenzhanova, Master student, Institute of Natural Sciences, Kyrgyz-Turkish Manas University, ms.rapunsel@mail.ru;
N. E. Totubaeva, Ph. D. (Biology), Associate Professor, Kyrgyz-Turkish Manas University, totubaevanurzat@gmail.com;
Zh. K. Tokpaeva, M. Sc. (Biology), Institute of Natural Sciences, Kyrgyz-Turkish Manas University, j.tokpaeva@gmail.com;
G. T. Talaibekova, Master student, Institute of Natural Sciences, Kyrgyz-Turkish Manas University, guljan9393@mail.ru;
K. A. Kozhobaev, Ph. D. (Engineering), Dr. Habil., Professor, Kyrgyz-Turkish Manas University, kojkanik@gmail.com,
Bishkek, Kyrgyz Republic

References

1. Shamraev A. V., Shorina T. S. Vliyaniye nefti i nefteproduktov na razlichnyye komponenty okruzhayushchey sredy. [Effect of oil and oil products on various environmental components]. *Bulletin of the OGU.* No. 6 (100). 2009. [in Russian]
2. Kabirov T. R. Ispol'zovaniye mnogourovnevoy sistemy indikatsii biologicheskoy aktivnosti pochv dlya otsenki effektivnosti metodov biorekul'tivatsii neftezagryaznennykh territoriy. [The use of a multi-level system for indicating the biological activity of the soil to assess the effectiveness of the methods of bioremediation of oil-contaminated areas]. Ufa, 2009. [in Russian]
3. Arens V. Zh., Saushkin A. Z., Gridin O. M., Gridin A. O. Ochistka okruzhayushchey sredy ot uglevodorodnykh zagryazneniy. [Cleaning the environment from hydrocarbon contamination]. Moscow, Izd-vo "Interbuk". 1999. P. 371. [in Russian]
4. Khimiya okruzhayushchey sredy. Perevod s angliyskogo yazyka pod redaktsiyey A. Tsygankova [Environmental Chemistry. Translation from English under the editorship of A. Tsygankov]. Moscow, Chemistry. 1982. [in Russian]
5. Ishkova S. V., Trots N. M., Gorshkova O. V. Vliyaniye neftyanykh ustanovok na zagryazneniye pochvennogo pokrova tyazhelymi metallami i nefteproduktami [Effect of oil installations on soil contamination with heavy metals and oil products]. 2012. [in Russian]
6. Terekhova V. A. Mikromitsety v ekologicheskoy otsenke vodnykh i nazemnykh ekosistem [Micromycetes in the ecological assessment of aquatic and terrestrial ecosystems]. 2006. [in Russian]
7. Izmeneniye nekotorykh agrokhimicheskikh svoystv vyshchelochennogo chernozema pri zagryaznenii yego neft'yu. [M. Yu. Gilyazov change of some agrochemical properties of leached chernozem when it is polluted with oil], Agrokhimiya. 1980. No. 12. [in Russian]
8. Nazarko M. D., Sherbakov V. G., Aleksandrov A. V. Perspektivy ispol'zovaniya mikroorganizmov dlya biodegradatsii neftyanykh zagryazneniy pochv. [Prospects for the use of microorganisms for the biodegradation of oil pollution of soils]. *Izvestia vuzov, Pishevaya technologia.* No. 4, 2004, 89—91. [in Russian]
9. Bautista E. Aktivnost phytobiopemediachii neftezagryznennyx pochv bakterialnimi konsorchiumami razlichnix klimatitechkix zon, Avtoreferat dissertachii na uch.stepeni kandidata biologicheskich nauk. 03.02.03 — mikrobiologia. Kazan, 2018, 23 s. [in Russian]
10. Kuritsyn A. V., Kuritsyna T. V., Kataeva I. V. Bioremediatsiya neftezagryaznennykh gruntov na tekhnologicheskikh ploshchadkakh. [Bioremediation of oil-contaminated soils on technological sites]. 2011. [in Russian]
11. Emelyanova Ye. K., Alekseev A. Yu., Shestopalov A. M., Zabelin V. A. Ekologicheskiye podkhody k biorekul'tivatsii neftezagryaznennykh gruntov i vodoyemov v usloviyakh sibiri [Ecological approaches to the bioremediation of oil-contaminated soils and reservoirs in Siberia], 2015. [in Russian]
12. Babayev E. R., Movsumzade M. E. Preobrazovaniye nefti v protsesse yeye mikrobiologicheskoy degradatsii v pochve [Transformation of oil in the process of its microbiological degradation in the soil]. 2009. [in Russian]
13. Babaev E. R., Mamedova P. Sh., Kuliyeva D. M., Movsumzade M. E. Vybor aktivnogo mikroorganizma — destruktora uglevodorodov dlya ochistki neftezagryaznennykh pochv Balakhanskogo mestorozhdeniya [The choice of an active microorganism — a destructor of hydrocarbons for the cleaning of oil-contaminated soils of the Balakhani field]. 2009. [in Russian]

УДК 911.9 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12043

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БЕРЕГОВЫХ ЗОН НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ШИРОТНОМ УЧАСТКЕ СРЕДНЕЙ ОБИ

С. Е. Коркин, *к. г. н., доцент, Нижневартовский государственный университет, Нижневартовск, Россия, egf_nv@mail.ru,*
В. А. Исыпов, *аспирант, Нижневартовский государственный университет, Нижневартовск, Россия, dodi_94@mail.ru*

В работе произведен геоэкологический анализ береговых зон населенных пунктов, расположенных на широтном участке средней Оби с применением полевых (геометрического нивелирования, морфометрического метода и GPS-съемки) и дистанционных методов исследования (дешифрирования космических снимков и работы с картографическими материалами). Приведены результаты обследования по каждому населенному пункту Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, расположенных на участке средней Оби в муниципальных границах Нижневартовского, Сургутского, Нефтеюганского и Ханты-Мансийского районах. Представлена краткая характеристика по известным данным, наличие берегоукрепительных сооружений, необходимости в их постройке и их реконструкции, нахождение домов и людей, живущих в зоне риска. Итоговая информация структурирована в сводную таблицу «Рекомендации к проведению противоэрозионных мероприятий», в которой показаны названия населенных пунктов, наличие или отсутствие водозащитного сооружения и рекомендации к проведению противоэрозионных мероприятий.

In this paper, the geoecological analysis of the coastal zones of the settlements located in the latitudinal section of the Central Ob was carried out applying field (geometric leveling, morphometric method and GPS survey) and remote sensing methods (satellite image interpretation and work with cartographic materials). The results of the survey for each settlement of Khanty-Mansi Autonomous Okrug — Yugra located on the site of the Central Ob in the municipal borders of the Nizhnevartovsk, Surgut, Nefteyugansk and Khanty-Mansiisk districts are presented. A brief description of the known data, the presence of shore protection structures, the need for their construction and their reconstruction, finding houses and people living in the risk zone are presented. The summary information is structured into a summary table "Recommendations for anti-erosion measures", which shows the names of settlements, the presence or absence of a waterproofing structure and recommendations for anti-erosion measures.

Ключевые слова: геоэкологический анализ, эрозия, русловые процессы, берегоукрепление, морфометрия, геоморфологический анализ, береговая деформация.

Keywords: geoecological analysis, erosion, channel processes, bank protection, morphometry, geomorphological analysis, shore deformation.

Введение. Важнейшей предпосылкой устойчивого социально-экономического развития региона является обоснование экологической стратегии развития городов, поселков, сел и деревень. Населенные пункты множеством геоэкологических связей объединяются с природной средой. Их учет позволяет предвидеть и своевременно применить комплекс инженерных мероприятий по предотвращению деструктивных процессов, оптимизации культурного ландшафта [1].

Основной целью наблюдений за состоянием берегов водных объектов является получение фактического материала о деформациях речных русел и пойм, необходимого для оценки и прогноза негативного воздействия вод, и принятия своевременных мер по его предупреждению. Выбор участков общих наблюдений за состоянием берегов водных объектов основывался на установлении возможного экономического и экологического ущерба при возникновении чрезвычайной ситуации, вызванной негативным воздействием вод. Также при выборе участков общих наблюдений особое внимание уделялось наличию и техническому состоянию существующих объектов инженерной защиты от негативного воздействия вод (продольные дамбы обвалований, участки спрямления русел, шпоры, укрепления берегов), а также учитывалось размещение проектируемых и строящихся водозащитных сооружений.

Одним из существенных параметров, влияющим на степень проявления негативного воздействия вод, является тип руслового процесса. Всего, согласно существующей типизации руслового процесса, на территории Ханты-Мансийского автономного округа — Югры выделяются: свободное меандрирование; незавершенное меандрирование; пойменная многорукавость; побочневый тип и русловая многорукавость [2].

Теоретико-методологической основой исследования послужили работы таких авторов, как Р. С. Чалов, А. С. Завадский, А. В. Панин [3—5], Б. И. Кочуров [6], а на региональном уровне исследования ведутся С. Е. Коркиным, Н. С. Мироновой, Е. К. Кайль [7—9], В. С. Хромых [10].

На территории населенных пунктов Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, расположенных на широтном участке средней Оби, русловые деформации относятся к числу опасных природных процессов, связанных с работой водных потоков. Наиболее ярко среди них выражены размывы берегов под действием боковой эрозии. Представленный в работе участок средней Оби в муниципальных границах относится к Нижневартовскому, Сургутскому, Нефтеюганскому и Ханты-Мансийскому районам.

Методы и материалы. В работе по геоэкологическому анализу береговых зон были применены полевые и дистанционные методы исследования.

Полевые методы: *Геометрические нивелировочные работы* для фиксации перепадов высот в пределах береговых зон. Используются оптический нивелир и геодезическая рейка. *Морфометрический метод* с применением геодезической рейки и рулетки. Производится измерение 3 величин — высоты, расстояния по прямой и расстояния по рельефу.

GPS-съемка заключается в применение высокоточного спутникового оборудования Leica GS10 для съемки береговой линии. Во время исследования была проведена работа по определению координат и высоты характерных точек береговой линии, анализ уклонов и экспозиции склонов на исследуемых участках. Более подробно метод с применением спутникового оборудования рассмотрен в статье, посвященной гис-технологии [11, 12].

Метод дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) заключается в работе по подбору разновременных космических снимков, их анализу и в дальнейшем производится оцифровка береговой линии по этим снимкам средствами ГИС-пакета MapInfo Professional или Qgis. Выделаются участки активно разрушающихся берегов водотоков с определением факторов, стимулирующих развитие эрозионных процессов.

Дешифрирование космических снимков с целью локализации водных объектов обеспечивает точное проведение границ раздела «вода — суша». Космическая съемка позволяет не просто выполнить разовое установление границы водоема, но и осуществлять регулярное определение положения береговой линии других водных объектов, отслеживать все изменения конфигурации водного зеркала с заданной степенью периодичности, так и для определения динамики меандрирования рек и тенденций плановых переформирований русловых мезоформ [8].

Картографический метод — это метод исследований, основанный на получении необходимой информации с помощью карт для научного и практического познания изображенных на них явлений [13]. Метод применялся для выявления мест с тенденцией к размыву.

Результаты и обсуждение. Для защиты города Нижневартовска возведено берегоукрепительное сооружение, которое находится в удовлетворительном состоянии. В настоящее время закончен 6-й этап строительства водозащитного сооружения в старой части города и ведется подготовка к 7-му этапу. Началось возведение набережной в 1986 году. Деревня Пасол Нижневартовского района с населением 42 человека расположена на берегу реки Пасол, в излучине реки. Водозащитных сооружений нет. Берег реки на участке длиной около 130 метров и в большей степени обрушается в период половодья. В зоне риска проживает 5 человек. На данной территории происходит размыв поймы реки и деформация береговой линии на протяжении 407 метров. В зоне обрушения расположено 6 домов. Берег д. Чехломей пологий, высота берега колеблется от 3,0 до 6,0 метров. Происходит процесс эрозии берега, вынос песчаных частиц. В зону возможного подтопления попадают 10—12 жилых домов, капитальность — IV. В зоне риска проживает 14 человек. В зоне обрушения берега п. Зайцева Речка расположен один жилой дом, где проживают 7 человек. Гидрография сельского поселения Зайцева Речка представлена рекой Зайцева Речка, рекой Большой Еган и протокой Большой Пасол. На данной территории береговая деформация происходит только в восточной части поселка, за счет впадения р. Большой Еган в пр. Большой Пасол. Поселок Зайцева Речка расположен в пределах II надпойменной террасы, которая примыкает к области озерно-аллювиальных равнин, образованных в среднем неоплейстоцене. Территория поселка относится к ограниченно благоприятной для размещения объектов капитального строительства, т. е. строительство возможно, но требует повышенных затрат. В городе Мегион имеется берегоукрепительное сооружение и находится в удовлетворительном состоянии. В зоне возможного затопления находятся 165 домов и проживает 432 человека. В Мегионе начались восстановительные работы по возведению насыпной дамбы, которая была разрушена в 2015 году. Стоит отметить, что целостность объекта в период высокой воды имеет большое значение для безопасности жителей. Деревня Вата расположена на берегу протоки Старица, соединяющейся с рекой Обь, находящаяся на I надпойменной террасе. Зона обрушения береговой линии находится в пределах территории кладбища, а в жилой зоне ведется активное укрепление берега после высокого уровня воды 2015 года [14].

В с. Локосово возведено берегоукрепительное сооружение, проектная документация существует. Гидротехнические сооружения города Сургута находятся в удовлетворительном состоянии, и имеется участок обрушения береговой линии протяженностью 475 м. Для защиты пгт. Белый Яр возведено берегоукрепительное сооружение, которое находится в аварийном состоянии и необходима его реконструкция. Длина участка активного обрушения в п. Высокий Мыс Сургутского района составляет 750 м. В зоне обрушения

берега расположено 5 домов. Необходимость в строительстве водозащитного сооружения есть, интенсивность обрушения береговой линии за последние 10 лет составила 20 м, в зоне риска проживает 500 человек. Населенный пункт находится в низине, территория сильно заболочена и подвержена затоплению. В с. Сытомино возведено берегоукрепительное сооружение протяженностью 1800 метров, но проектная документация отсутствует. В селе произведено берегоукрепление с помощью деревьев, корни ивы держат песок и не дают воде его размыть.

Существующее берегоукрепительное сооружение в городе Нефтеюганске достроено в 2014 году и сильно пострадало после наводнения 2015 года. Водозащитные сооружения в селе Чеускино Нефтеюганского района отсутствуют, и необходимость в строительстве существует и имеется участок обрушения береговой линии протяженностью 451 м. В непосредственной близости от берега находятся земельные участки с жилыми домами и в зоне разрушения находятся 25 человек. Площадь разрушаемого берега составляет 230—290 м^2.

Протяженность участка обрушения береговой линии д. Шапша Ханты-Мансийского района составляет 1300 м. В зону обрушения попадает мемориал. В период высокого уровня воды в с. Зенково подтапливается 100 % территории населенного пункта, количество населения в зоне затопления составляет 90 человек. Капитальность объектов — IV. В июне 2015 года были проведены работы по укреплению участков береговой линии в целях предотвращения размыва в с. Зенково и д. Шапша. При создании земляного вала завезено 9000 м^3 грунта. Возведен вал протяженностью 850 м, укреплена береговая линия на участке более 800 м. Высота берега в с. Нялинское колеблется от 1,5 до 10 метров. Берег крутой, обрывистый, с многочисленными участками обрушения. В зоне обрушения расположено 15 домов. Для защиты п. Кирпичный построена дамба обвалования протяженностью 3650 м. По гребню дамбы проходит автомобильная дорога. Откосы дамбы не укреплены, наблюдаются участки осыпания откосов, промоины. Количество населения, попадающего в зону затопления при аварии на сооружении, составляет более 60 % от общего количества населения. В 2015 году проведены работы по укреплению дамбы от размыва приливной волной (уложены плиты). В д. Белогорье для защиты населенного пункта возведена дамба обвалования. Протяженность сооружения составляет 1740 м, откосы дамбы не укреплены, на всем

Таблица 1

Рекомендации к проведению противоэрозионных мероприятий

Название населенного пункта	Наличие водозащитного сооружения	Рекомендации
г. Нижневартовск	Берегоукрепление	Реконструкция берегоукрепления, завершение дополнительного берегоукрепления
г. Мегион	Частичное берегоукрепление	Завершение берегоукрепления
д. Пасол	Отсутствует	Переселение жителей из зоны риска
д. Чехломей	Отсутствует	Строительство берегоукрепления
с. Былино	Отсутствует	Переселение жителей из зоны риска
п. Зайцева Речка	Отсутствует	Переселение жителей из зоны риска
д. Вампугол	Отсутствует	Переселение жителей из зоны риска
с. Вата	Отсутствует	Строительство берегоукрепления
с. Покур	Отсутствует	Переселение жителей из зоны риска
г. Сургут	Частичное берегоукрепление	Завершение берегоукрепления
пгт. Белый Яр	Берегоукрепление	Реконструкция берегоукрепления (аварийное состояние)
п. Высокий мыс	Отсутствует	Строительство берегоукрепления
с. Сытомино	Берегоукрепление	Строительство противопаводковой дамбы
с. Локосово	Берегоукрепление	Реконструкция берегоукрепления (удовлетворительное состояние)
г. Нефтеюганск	Берегоукрепление	Завершение строительства
с. Чеускино	Отсутствует	Строительство берегоукрепления
с. Селиярово	Отсутствует	Переселение жителей из зоны риска
с. Зенково	Отсутствует	Переселение жителей из зоны риска
с. Нялинское	Отсутствует	Переселение жителей из зоны риска
д. Шапша	Отсутствует	Строительство берегоукрепления
п. Кирпичный	Противопаводковая дамба	Завершение строительства противопаводковой дамбы
д. Белогорье	Противопаводковая дамба	Строительство дополнительной противопаводковой дамбы
п. Луговской	Противопаводковая дамба	Завершение строительства противопаводковой дамбы

протяжении имеются участки разрушения тела дамбы. Сооружение не может в полной мере обеспечить защиту населенного пункта. Количество населения, попадающего в зону затопления, составляет более 54 % от общего количества. В 2015 году Опасный участок дамбы укреплен мешками с грунтом. Для защиты п. Луговской возведена дамба обвалования, откосы не укреплены, присутствуют участки разрушения тела дамбы. В период высокого уровня воды в зону возможного затопления попадает 15—20 домов, капитальность — IV, проживает 25—30 человек. Мониторинг данного участка поможет в принятие правильных управленческих решений.

По результатам наблюдения инженерные сооружения отсутствуют в большинстве населенных пунктов (табл. 1). В настоящее время многие из существующих систем инженерной защиты находятся в неудовлетворительном техническом состоянии, некоторые из них частично или полностью разрушены или построены хозяйственным способом, что является одной из основных причин, приводящих к затоплению значительных территорий.

Заключение. По результатам исследования была составлена таблица с перечнем населенных пунктов, подверженных затоплению и эрозионным процессам, наличие берегоукрепительных сооружений и приведены необходимые мероприятия.

Всего было проанализировано 23 населенных пункта, расположенных на широтном участке средней Оби, в семи из них имеется полное или частичное берегоукрепление и в трех построены противопаводковые дамбы, но во всех случаях требуется реконструкция, строительство новых берегоукреплений и завершение имеющихся. В остальных населенных пунктах берегоукрепления отсутствуют. В восьми из них нецелесообразно строить берегоукрепление, но опасность эрозионной активности есть, поэтому рекомендуется переселить граждан из зоны риска. В 5 населенных пунктах необходимость и целесообразность в строительстве берегоукрепительного сооружения есть.

Исследование выполнено в рамках исполнения инициативного научного проекта № 5.7590.2017/8.9 Минобрнауки России и при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ханты-Мансийского автономного округа — Югры в рамках научного проекта № 18-45-860001 р_а.

Библиографический список

1. Геоэкология населенных пунктов Республики Мордовия / Науч. ред. и сост. А. А. Ямашкин. — Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. — 240 с.
2. Петров И. Б. Обь-Иртышская пойма (типизация и качественная оценка земель). — Новосибирск: Наука, 1979. 136 с. http://ukhtoma.ru/geobotany/petrov04.html
3. Чалов Р. С., Завадский А. С., Панин А. В. Речные излучины / Науч. ред. Р. С. Чалов. — М.: Изд-во МГУ, 2004. — 371 с.
4. Чалов Р. С. Русловедение: теория, география, практика. — Том 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел, ЛКИ, 2008. — 610 с.
5. Чалов Р. С. Русловедение. Теория, география, практика. — Том 2: Морфодинамика речных русел. — М.: КРАСАНД, 2011. — 960 с.
6. Кочуров Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие: Учебное пособие / Б. И. Кочуров. — Москва—Смоленск: Маджента, 2003. — 384 с.
7. Коркин С. Е. Природные опасности в долинных ландшафтах среднего Приобья: монография. — Нижневартовск: Изд-во НГГУ, 2008. — 226 с.
8. Коркин С. Е. Противоэрозионная организация территории в восточной части широтного отрезка реки Обь на основе мониторинговых данных / Коркин С. Е., Миронова Н. С., Кайль Е. К. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 6. С. 104—109.
9. Коркин С. Е. Воздействие добычи песка на русловые процессы реки Обь в районе города Нижневартовска / Коркин С. Е., Исыпов В. А. // Современные проблемы эрозионных, русловых и устьевых процессов: межд. конф. (Архангельск, 26—30 сентября 2016 г.). — Архангельск. 2016. С. 118—119.
10. Хромых В. С. Природное районирование поймы Средней Оби // Вопросы географии Сибири. — 1979. — Вып. 12. — С. 69—86.
11. Исыпов В. А., Слива Е. А., Коркин С. Е. Применение гис-технологий в исследовании процесса береговой эрозии // XIX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета (Нижневартовск, 04—05 апреля 2017 г.). Нижневартовск. 2017. С. 451—453.
12. Коркин С. Е., Исыпов В. А. Измерение береговой линии ГНСС-съемкой // Восемнадцатая всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета: статьи докладов / Отв. редактор А. В. Коричко. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2016. С. 1114—1117.
13. Берлянт А. М. Картографический метод исследования. — 2-е изд. — М.: Изд-во МГУ, 1988. — 252 с.
14. Docplayer [Электронный ресурс]: «Обследование водозащитных сооружений в населенных пунктах Ханты-Мансийского автономного округа Югры с целью комплексной оценки состояния защиты». URL: https://docplayer.ru/58829915-Obsledovanie-vodozashchitnyh-sooruzheniy-v-naselennyh-punktah-hanty-mansiyskogo-avtonomnogo-okruga-yugry-s-celyu-kompleksnoy-ocenki-sostoyaniya-zashchity.html (дата обращения 20.09.2019)

S. E. Korkin, Ph. D. (Geography), Associate Professor, Nizhnevartovsk State University, egf_nv@mail.ru;
V. A. Isypov, Graduate student, Nizhnevartovsk State University, dodi_94@mail.ru. Nizhnevartovsk, Russia

References

1. *Geoehkologiya naselennyh punktov Respubliki Mordoviya* [Geoecology of the settlements of the Republic of Mordovia]. Nauch. red.i sost. A. A. YAmashkin. Saransk, Izd-vo Mordov. un-ta, 2001, 240 p.
2. Petrov I. B. Ob'-Irtyshskaya pojma (tipizaciya i kachestvennaya ocenka zemel') [The Ob-Irtysh flood plain (typification and quality standard of the lands)]. Novosibirsk, Nauka, 1979. 136 p.
3. Chalov R. S., Zavadskiy A. S., Panin A. V. *Rechnye izluchiny* [River Bends]. Nauch. red. R. S. Chalov, M.: Izd-vo MGU, 2004, 371 p.
4. Chalov R. S. *Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika. Tom 1: Ruslovye processy: faktory, mekhanizmy, formy proyavleniya i usloviya formirovaniya rechnyh rusel* [Riverbed studies: Theory, Geography, Practice. Volume 1: Channel Processes: Factors, Mechanisms, Forms of Manifestation and Condition of Formation of River Beds]. LKI, 2008, 610 p.
5. Chalov R. S. *Ruslovedenie. Teoriya, geografiya, praktika. Tom 2: Morfodinamika rechnyh rusel* [Riverbed studies: teoriya, geografiya, praktika. Volume 2: Morphodynamics of River Beds]. Moscow, KRASAND, 2011, 960 p. (In Russian).
6. Kochurov B. I. *Ehkodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie* [Ecodiagnostics and Balanced Development]. B. I. Kochurov. Moscow—Smolensk: Madzhenta, 2003, 384 p. (In Russian).
7. Korkin S. E. *Prirodnye opasnosti v dolinnyh landshaftah srednego Priob'ya* [Natural Dangers in the Valley Landscapes of the Middle Ob]. Nizhnevartovsk, Izd-vo NGGU, 2008, 226 p.
8. Korkin S. E. *Protivoehrozionnaya organizaciya territorii v vostochnoj chasti shirotnogo otrezka reki Ob' na osnove monitoringovyh dannyh* [The Antierosion Organization of the Territory in the East Part of the longitudinal part of the Ob River on the Basis of the Monitoring Data]. Korkin S. E., Mironova N. S., Kayl' E. K. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk* [*Newsletters of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*]. 2015. Vol. 17, No. 6. P. 104—109. (In Russian).
9. Korkin S. E. *Vozdejstvie dobychi peska na ruslovye processy reki Ob' v rajone goroda Nizhnevartovska* [Impact of Extraction of Sand on the Channel Processes of the Ob River Near the City]. Korkin S.E, Isypov V. A., *Sovremennye problemy ehrozionnyh, ruslovyh i ust'evyh processov* [*Modern Problems of Erosive, Channel and Estuarial Processes*]. (Arhangel'sk, 26—30 sentyabrya 2016 g.). Arhangel'sk, 2016. P. 118—119 (In Russian).
10. Khromykh V. S. Prirodnoe rajonirovanie pojmy Srednej Obi [Natural Zoning of a Flood Plain of the Central Ob], *Voprosy geografii Sibiri* [*Questions of Geography of Siberia*]. 1979, Vol. 12. P. 69—86 (In Russian).
11. Isypov V. A., Sliva E. A., Korkin S. E. Primenenie gis-tekhnologij v issledovanii processa beregovoj ehrozii [Applying Gis-technologies in the Research of the Process of Coastal Erosion], *XIX Vserossijskaya studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta* [*The 19th All-Russian Student's Scientific and Practical Conference of Nizhnevartovsk State University*] (Nizhnevartovsk, 04—05 aprelya 2017 g.). Nizhnevartovsk. 2017. P. 451—453 (In Russian).
12. Korkin S. E., Isypov V. A. Izmerenie beregovoj linii GNSS-s"emkoj [Measurement of the Coastline GNSS-shooting], *Vosemnadcataya vserossijskaya studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta* [*The Eighteenth All-Russian Student's Scientific and Practical Conference of Nizhnevartovsk State University*]. Otv. redaktor A. V. Korichko. Nizhnevartovsk: Izd-vo Nizhnevart. gos. un-ta, 2016. P. 1114—1117. (In Russian).
13. Berlyant A. M. *Kartograficheskij metod issledovaniya* [Cartographic Method of Research], 2-e izd., M.: Izd-vo MGU, 1988, 252 p.
14. *Docplayer* [Электронный ресурс]: "Obsledovanie vodozashitnyh sooruzhenij v naselennyh punktah Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga Yugry s celyu kompleksnoj ocenki sostoyaniya zashity" [Inspection of water protective structures in populated areas of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug of Ugra with the aim of a comprehensive assessment of the protection status]. URL: https://docplayer.ru/58829915-Obsledovanie-vodozashchitnyh-sooruzheniy-v-naselennyh-punktah-hanty-mansiyskogo-avtonomnogo-okruga-yugry-s-celyu-kompleksnoy-ocenki-sostoyaniya-zashchity.html (date of access 20.09.2019)

УДК 504.054 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12048

ДИНАМИКА СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ В ИМПАКТНОЙ ЗОНЕ КАНДАЛАКШСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА

Н. Б. Нестерова, *Младший научный сотрудник, Тюменский Государственный Университет, n.b.nesterova@utmn.ru, Тюмень, Россия*

Разрушительное воздействие Кандалакшского алюминиевого завода (КАЗ) на ландшафты импактной зоны изучались на протяжении десятков лет. Многократное сокращение выбросов в 2005 г. привело к восстановительным сукцессиям прилегающих ландшафтов. Через несколько лет были проведены повторные исследования состояния почвенного покрова района исследования и сравнительный анализ загрязнения почв. Однако нет схожих повторных исследований об изменении состояния растительного покрова и ландшафтов в целом. В данной статье представлены результаты изучения динамики ландшафтов импактной зоны КАЗ за период 1987—2015 гг. Методами полевого изучения было составлено экологическое описание ландшафтов, основанное на индикаторах загрязнения, приближенных к использованным исследователями в конце XX века. Полученные результаты позволили выделить и закартографировать три зоны деградации прилегающих ландшафтов. После сопоставления современного состояния ландшафтов с описанным прежде была выявлена восстановительная динамика, смягчение проявления индикаторов загрязнения, а также сокращение зон деградации. Полученные результаты могут представлять интерес для занимающихся рекультивацией импактной зоны, а примененная методика сопоставления разновременных индикаторов состояния ландшафтов является универсальной и может быть использована в других областях.

The destructive effect of the Kandalaksha Aluminum Plant (KAZ) on the landscapes of the impact zone has been studied for decades. Multiple emission reduction in 2005 led to the recovery successions of the surrounding landscapes. Several years later, repeated studies on the state of soils were carried out and a comparative analysis of soil pollution was performed. However, there are no similar repeated research of the changes in vegetation cover and landscapes in general. This article presents the results of studying the dynamics of the landscapes in the impact zone of the KAZ for the period of 1987—2015. During the field work we applied the method of ecological landscape description based on the pollution indicators close to the ones used by researchers at the end of the 20th century. The obtained results allowed us to identify and map three zones of landscape degradation. After comparing the current state of the landscapes with those described before, the recovery dynamics, mitigation of pollution indicators, as well as the reduction of degradation zones were revealed. The results of this research may be of interest to those working with land reclamation of the impact zone, and the applied methods of comparing multi-temporal indicators of the landscape state are versatile and can be used in other areas of interest.

Ключевые слова: аэротехногенные выбросы, Кандалакшский алюминиевый завод, импактная зона, модернизация, восстановление ландшафтов.

Keywords: anthropogenic air pollution, the Kandalaksha Aluminum Smelter, impact zone, modernization, environmental restoration.

Введение. Основными воздушными выбросами Кандалакшского алюминиевого завода (КАЗ) являются высокоопасные фтористые соединения [1], загрязнение воздуха которыми разрушительно влияет на состояние древостоя [2, 3] и почвенной подстилки [4]. Несмотря на наличие других источников экологической опасности в районе исследований, КАЗ является основным [2]. В конце XX в. проводились исследования по зонированию прилегающих ландшафтов (импактной зоны) КАЗ по уровню загрязнения почв, деградации растительного покрова и экосистем в целом [2—6].

В 2005 г. сократившиеся в ~10 раз после экологической модернизации выбросы КАЗ [7] помогли естественному процессу восстановления ландшафтов. Через несколько лет были проведены повторные сравнительные исследования изменения состояния почв [8, 9], однако схожие работы по состоянию ландшафтов в целом — отсутствуют.

Цель данной работы — изучение динамики прилегающих ландшафтов КАЗ после многократного сокращения загрязнения за период 1987—2015 гг. Задачи исследования: экологическая характеристика ландшафтов импактной зоны, выделение и картографирование современных зон деградации, сравнительный анализ состояния ландшафтов с описанным в исследованиях конца XX в.

Модели и методы. Объект исследования — импактная зона КАЗ, имеющая разную область протяжения [2, 3, 5]. Мы определяем импактную зону завода как эллипсовидную вытянутую на север область, включающую в себя I и II зоны деградации, описанные в работах конца XX в. [3, 5]. Район исследования располагается в восточноевропейской северной тайге с малоустойчивыми к антропогенному воздействию ландшафтами [10]. Распространены сосняки кустарничково-зеленомошные, среди почв преобладают карликовые иллювиально-железистые подзолы [11].

Данное исследование состоит из двух этапов: полевого и аналитико-картографического. На первом этапе применены методы ландшафтной индикации. На расстоянии 100 м — 3 км на север от КАЗ был заложен субмеридиональный профиль. На площадках 20 × 20 м каждые 600 м фиксировались индикаторы аэротехногенного загрязнения. Был выделен набор индикаторов, основанный на исследованиях конца XX века: состояние древостоя, подлеска и подроста, живого напочвенного покрова, мохового покрова, лихенофлоры, лесной подстилки, верхних горизонтов почв.

На втором этапе исследования по результатам индикационного анализа в импактной зоне КАЗ были выделены

Полигон исследований импактной зоны Кандалакшкского алюминиевого завода и зоны дегродации

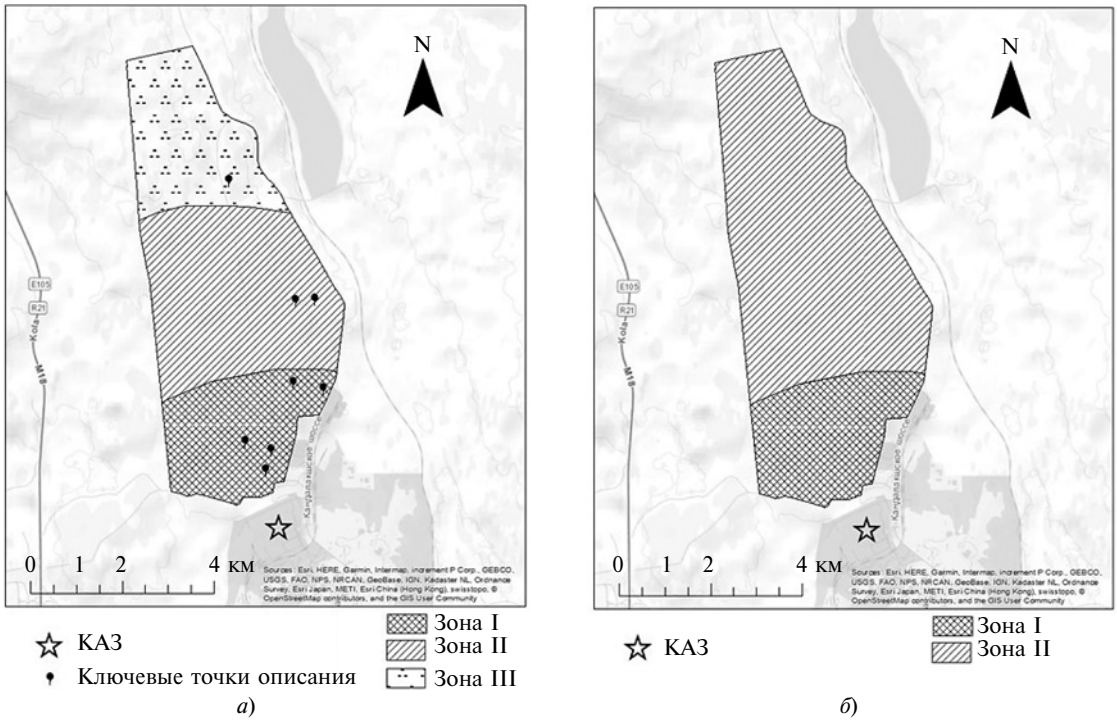


Рис. 1. а) Полигон исследования (2015), разделенный на зоны деградации: зона I — значительного разрушения, зона II — относительного разрушения, зона III — начального разрушения ландшафтов; б) Полигон исследования, разделенный на зоны деградации, составленный автором по материалам Сыроида [5], Крючкова и Макаровой [3], Георгиевского [2]: зона I — полного разрушения экосистем, зона II — сильного разрушения экосистем

и закартографированы в среде ГИС условные зоны деградации для дальнейшего сравнительного анализа.

Результаты и обсуждение. Проведенные полевые исследования позволили выделить три условные зоны деградации ландшафтов: I — значительного разрушения, II — относительного, III — начального разрушения ландшафтов. Они отображены на рис. 1 (*а*) вместе с полигоном исследования, границы которого оконтуривают улицу Промышленную, вырубки под ЛЭП и проселочную дорогу вокруг КАЗ, северная граница не имеет физической привязки. Границы зон условные, переход постепенный, форма зон эллипсовидная, как в работах XX в. [3, 5]. Возможные анклавы внутри зон не были учтены из-за незначительных в площадном отношении перепадов высот по профилю. Зоны деградации, выделенные Крючковым и Макаровой [3] и Сыроидом [5], спроецированные на полигон исследования, изображены на рис. 1 (*б*).

Ключевые индикаторы аэротехногенного загрязнения, обнаруженные в каждой зоне, и результаты предыдущих исследований [2, 3, 5] отражены в таблице. Границы зон, выделенных Крючковым и Макаровой [3], Сыроидом [5] и Георгиевским [2], примерно схожи, но, так как нет четко закартографированных границ, погрешности в сравнении зон могут допускать ошибку в 2—3 сотни метров.

Таким образом, выделенная нами *Зона I* совпадает с зоной I (полного разрушения экосистем — рис. 1, *б*), выделенной другими исследователями [2, 3, 5]. Она представлена сосново-осиновым багульниково-чернично-бруснично-шикшевым лесом на иллювиально-железистых подзолах, местами смытых. По сравнению с исследованиями XX в. для зоны характерна восстановительная динамика в виде увеличения сомкнутости крон, уменьшения суховершинности, подверженности древостоя некрозу, восстановления травяно-кустарничкового покрова, эпигейного накипного мха и эпилитного накипного лишайника.

Выделенная нами *зона II* совпадает с определенной прежде зоной II (сильного разрушения экосистем — рис. 1, *б*) [2, 3, 5]. Для зоны присущ сосновый чернично-бруснично-зеленомошно-багульниковый лес на торфянистых иллювиально-железистых подзолах. По сравнению с предыдущими исследованиями [2, 3, 5] в зоне наблюдалось также уменьшение суховершинности, увеличение сомкнутости крон, уменьшение некроза хвои, восстановление подлеска и подроста, тра-

Результаты полевых исследований по зонам

Полевые исследования 2015 г.	Полевые исследования конца XX в.
Зона I	
Усыхание и суховершинность <30 % елей	Суховершинность и усыхание у 30 % елей [2]
Много сухих веток до высоты 5 м	
Повреждение коры	
Единичный некроз хвои	100 % некроз [3, 5]
Дефолиация	Кроны молодых сосен редкие [2]
Сомкнутость крон ≤50 %	Единичные экземпляры [3, 5]
Угнетен древостой, фитопатологии	Срок жизни хвои 2—3 года [2]
Угнетены подлесок и подрост	Кусты ив и березы угнетены [3, 5]; Кустарники удовлетв. [2]
Единичное разрушение кустарничков	Кустарнички — пятнами [3]
Единичные эпилитные лишайники	Все лишайники погибли [3, 5];
Отсутствие эпифитных лишайников	Лишайниковая пустыня [2]
Единичная представленность эпигейного мха в хорошем состоянии	Под слоем пыли отмирают мхи [3, 5]; Сильно угнетенный моховой покров, до 70 % гибнет [2]
Слаборазложившийся хвойный опад	Подстилка разрушена [5]
Разрушение верхних горизонтов почв и обнажение минеральных горизонтов А2 и В	Почва обнажена на 70—90 %; [3]: Горизонт А разрушен, почва обнажена на 70—90 % [5]
Зона II	
Не была замечена суховершинность	Суховершинность старых елей и сосен [2]; Много суховершинных елей [3, 5]
Масштабное распространение сухих веток до высоты 5 метров	
Сомкнутость крон ≤60 %	20—30 % [2]; ~10 % [3]; Единичные экземпляры [5]
Сильный некроз хвои и пожелтение не были отмечены	Пожелтение хвои [2]; некроз хвои по всей кроне 50—80 % [3, 5]
Фрагментарное разрушение подлеска и подроста	Подрост очень редок и угнетен [3]; Подлесок угнетен [5]
Проективное покрытие травяно-кустарничкого покрова ~ 70 %	50—70 % в удовлетворительном состоянии [2]; 30—50 % [5]
Наличие эпилитных накипных лишайников	Эпилитные лишайники: мелкие и угнетены [2], разрушены [5]; Проективное покрытие лишайников: 10—15 % [5], 23—30 % [2]
Отсутствие эпифитных лишайников	Эпифитные лишайники: сильно угнетены [2]; отсутствуют [3, 5]
Широкое распространение эпигейного мха в хорошем состоянии, проективное покрытие ~60 %	Проективный покров мхов 30—50 %, развит хорошо [2]; Эпигейные мхи: деградируют [3], в виде сухих остатков, проект. покр. <20 % [5]
Слаборазложившийся хвойный опад	Подстилка разрушается [5]
Почвенный покров морфологически не трансформирован, повсеместное наличие органогенных горизонтов	Напочвенный горизонт Ао разрушается, обнаженность почвы 40—50 % [3, 5]
Зона III	
Не была замечена суховершинность	Суховершинность старых елей и сосен [2]; Много суховершинных елей [3, 5]
Масштабное распространение сухих веток до высоты 5 м	
Высота сосен ~20 м	Высота древостоя: 8—12 м [2], 9—10 м [3, 5]
Сомкнутость крон ~70 %	20—30 % [2]; ~10 % [3]; Единичн. [5]
Некроз хвои и пожелтение не были отмечены	Пожелтение хвои [2]; Некроз хвои по всей кроне 50—80 % [3, 5]
Подрост и подлесок — не сплошной ярус, состояние удовлетворительное	Подрост очень редок и угнетен [3]; Подлесок угнетен [5]
Проективное покрытие травяно-кустарничкового покрова 80 %.	50—70 % в удовлетворительном состоянии [2]; 30—50 % [5]
В хорошем состоянии эпилитные накипные лишайники	Эпилитные лишайники мелкие и угнетены, проективное покрытие 23—30 % [2]; Проективное покрытие лишайников 10—15 %, эпилитные лишайники разрушены [5]

вяно-кустарничкового покрова, эпигейного накипного мха, эпилитных лишайников, органогенных горизонтов почвенного профиля и сокращение обнаженности почвы.

Зона III, выделенная нами (рис. 1, *а*), также совпадает с зоной II (сильного разрушения экосистем — рис. 1, *б*) [2, 3, 5], характеризуется сосновым шикшево-чернично-бруснично-багульниковым лесом на торфянистых иллювиально-железистых подзолах. Присущие восстановительные сукцессии представлены увеличением сомкнутости крон и средней высоты деревьев, значительным сокращением некроза хвои, отсутствием суховершинности, увеличением проективного покрытия травяно-кустарничкового покрова, восстановлением подлеска и подроста, эпигейного накипного мха, эпилитных лишайников и органогенных горизонтов почвенного профиля, сокращением обнаженности почвы.

В целом, в каждой зоне произошло восстановление ландшафтов и значительное смягчение проявления индикаторов загрязнения и деградации: характеристика I зоны сменилась с «полного разрушения ландшафтов» на «значительное разрушение». Отмечается сокращение границ выделяемой в XX в. зоны II (сильного разрушения экосистем), ее северная граница сместилась на ~8 км. Выявленная тенденция к восстановлению ландшафтов и сокращению границ зон деградации согласуется с результатами сравнительных исследований состояния почв импактной зоны КАЗ [8, 9]. В них отмечается, что зона максимального загрязнения почв фторидами сократилась с 2,5 до 1,5 км, а территория сильного и умеренного загрязнения — на 5 км. Подобная восстановительная динамика после десятикратного сокращения выбросов подтверждает прогнозы Крючкова и Макаровой [3] о том, что для предотвращения деградации природы необходимо уменьшение аэротехногенных выбросов в 10—15 раз.

Полученные результаты репрезентативны для конкретной импактной зоны с уникальной ситуацией. Однако примененная методика сравнения разновременных индикаторов состояния ландшафтов импактной зоны носит универсальный характер и может быть использована для оценки последствий экологических модернизаций любого направления.

Заключение. Проведенные повторные сравнительные исследования демонстрируют восстановительную динамику ландшафтов после многократного сокращения выбросов. Смягчилось проявление индикаторов загрязнения по сравнению с концом XX в., сократилась зона сильного разрушения ландшафтов. Вывод о сокращении зон согласуется с результатами предыдущих сравнительных исследований загрязнения почв [8, 9].

Благодарности

Автор благодарит Медведкова А. А. за помощь в сборе и анализе материала, огромная благодарность Кандалакшскому заповеднику, в частности Толмачевой Е. Л., за возможность проведения полевых исследований. Отдельная благодарность Некрич А. С. за научные консультации.

Библиографический список

1. Юрченко С. В., Корякин А. С. Кандалакшский алюминиевый завод: борьба за строительство очистных сооружений и снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, 1989—2007 гг. // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Апатиты, 14—16 октября 2008 г. Часть 2. — А: Издательство КНЦ РАН, 2008. — С. 121—123.
2. Георгиевский А. Б. Изменения в растительном покрове пригородной зоны Кандалакши и Кандалакшского заповедника под влиянием атмосферных выбросов предприятий // Флора и растительность островов Белого и Баренцева морей: Сб. науч. тр. — М.: 1996. С. 162—172.
3. Крючков В. В., Макарова Т. Д. Аэротехногенное воздействие на экосистемы Кольского севера // КНЦ АН СССР — А: 1989. — 95 с.
4. Евдокимова Г. А., Зенкова И. В. Влияние выбросов алюминиевого завода на биоту почв Кольского полуострова // Почвоведение. — М.: 2003. — С. 973—979.
5. Сыроид Н. А. Влияние газообразных отходов промышленных предприятий на фитоценозы окружающих территорий // Проблемы изучения и охраны природы Прибеломорья: Сб. науч. тр. — М.: Кн. Изд-во, 1987. — С. 139—147.
6. Evdokimova G. A., Mozgova N. P., Shtina E. A. Soil pollution by fluorine and evaluation of the soil microflora status in the area of influence of an aluminum plant // Eurasian soil science. — M.: 1997. — P. 796—803.
7. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области за 2004 г. // Комитет промышленного развития, экологии и природопользования Мурманской области. — М.: 2005.
8. Evdokimova G. A., Mozgova N. P. Comparative estimation of soil and plant pollution in the impact area of air emissions from an aluminium plant after technogenic load reduction // Journal of Environmental Science and Health, Part A. — 2015. — P. 547—552.
9. Евдокимова Г. А., Корнейкова М. В., Мозгова Н. П. Изменения свойств почв и почвенной биоты в зоне воздействия аэротехногенных выбросов Кандалакшского алюминиевого завода // Почвоведение. — М.: 2013. — С. 1274—1274.
10. Федеральный атлас «Природные ресурсы и экология России» / Рыбальский Н. Г. и Снакин В. В. (ред.). — М.: НИА «Природные ресурсы», 2002.
11. Герасимова М. И. География почв России. — М.: Издательство МГУ, 2006. — 312 с.

DYNAMICS OF THE NORTH TAIGA LANDSCAPES IN THE IMPACT ZONE OF THE KANDALAKSHA ALUMINUM PLANT

N. B. Nesterova, Junior Researcher, Tyumen State University, n.b.nesterova@utmn.ru, Tyumen, Russia

References

1. Yurchenko S. V., Koryakin A. S. Kandalakshskiy alyuminievyy zavod: bor'ba za stroitel'stvo ochistnykh sooruzheniy i snizhenie vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu, 1989—2007 gg. Ekologicheskie problemy severnykh regionov i puti ikh resheniya. *Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Apatity, 14—16 oktyabrya 2008 g.* [Kandalaksha Aluminum Smelter: the debate on the construction of pollutant filters and the decrease of air pollution emissions. *Proceeding of all-Russian scientific conference with international participance. Apatity, 14—16 October 2008 Part 2*]. Apatity, Izdatel'stvo KNTs RAN, 2008. P. 121—123. (in Russian)
2. Georgievskiy A. B. Izmeneniya v rastitel'nom pokrove prigorodnoy zony Kandalakshi i Kandalakshskogo zapovednika pod vliyaniem atmosfernykh vybrosov predpriyatiy *Flora i rastitel'nost' ostrovov Belogo i Barentseva morey: Sb. nauch. tr.* [Changes in the vegetation cover of the suburban area of Kandalaksha and the Kandalaksha Reserve under the influence of atmospheric emissions of enterprises. *Flora and vegetation of the islands of the white and Barents seas: Collected papers*]. Murmansk. 1996. P. 162—172. (in Russian)
3. Kryuchkov V. V., Makarova T. D. Aerotekhnogennoe vozdeystvie na ekosistemy Kol'skogo severa *KNTs AN SSSR* [Aerial technogenic impact on the ecosystems of the Kola North. *Kola scientific center of the USSR AS*]. Apatity. 1989. (in Russian)
4. Evdokimova G. A., Zenkova I. V. Vliyanie vybrosov alyuminievogo zavoda na biotu pochv Kol'skogo poluostrova *Pochvovedenie* [Influence of aluminum plant emissions on the soil biota of the Kola Peninsula. Pedology]. Moscow: 2003. P. 973—979. (in Russian)
5. Syroid N. A. Vliyanie gazoobraznykh otkhodov promyshlennykh predpriyatiy na fitotsenozy okruzhayushchikh territoriy *Problemy izucheniya i okhrany prirody Pribelomor'ya: Sb. nauch. tr.* [The influence of the gaseous waste of industrial enterprises on the vegetation of the surrounding areas. *Problems of study and conservation of White Sea area: Collected papers*]. Murmansk, Kn. Izd-vo, 1987. P. 139—147. (in Russian)
6. Evdokimova G. A., Mozgova N. P., Shtina E. A. Soil pollution by fluorine and evaluation of the soil microflora status in the area of influence of an aluminum plant. *Eurasian soil science*. Moscow, 1997.
7. Doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Murmanskoy oblasti za 2004 g. Komitet promyshlennogo razvitiya, ekologii i prirodopol'zovaniya Murmanskoy oblasti. [Report on the state and environmental protection of the Murmansk Region for 2004. Committee for industrial development, ecology and environmental management of the Murmansk Region.]. Murmansk. 2005. (in Russian)
8. Evdokimova G. A., Mozgova N. P. Comparative estimation of soil and plant pollution in the impact area of air emissions from an aluminium plant after technogenic load reduction, *Journal of Environmental Science and Health,* 2015. Part A, DOI: 10.1080/10934529.2015.994937
9. Yevdokimova G. A., Korneykova M. V., Mozgova N. P. Izmeneniya svoystv pochv i pochvennoy bioty v zone vozdeystviya aerotekhnogennykh vybrosov Kandalakshskogo alyuminievogo zavoda *Pochvovedenie* [Changes in soil properties and soil biota in the impact zone aerial technogenic emissions of the Kandalaksha aluminium plant. *Pedology*]. Moscow. 2013. P. 1274—1274. (in Russian)
10. Federal'nyy atlas “Prirodnye resursy i ekologiya Rossii” [Federal Atlas “Natural resources and ecology of Russia” / Rybal'skiy N. G. i Snakin V. V.], Moscow, NIA “Prirodnye resursy”, 2002. (in Russian)
11. Gerasimova M. I. Geografiya pochv Rossii [Geography of soils of Russia]. Moscow, Izdatel'stvo MGU, 2006. P. 312. (in Russian)

УДК 504.054 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12053

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПОДХОДА

А. Г. Титова, *аспирант,*
Институт географии
Российской академии наук (ИГ РАН),
anastasititova@igras.ru,
Москва, Россия

На территории России остро стоит ситуация с твердыми коммунальными (ранее — бытовыми) отходами (ТКО) и методом их удаления посредством захоронения на свалках и полигонах, которые, в свою очередь, загрязняют окружающую среду и негативно влияют на здоровье человека. В данной статье отражены основные результаты оценки негативного воздействия на окружающую среду конкретного объекта размещения ТКО — полигона захоронения ТКО в Московской области. Для исследования объекта были задействованы полевые, дистанционные и лабораторные методы. Полевые исследования включали: маршрутное экологическое обследование (описание растительного и почвенного покрова, визуальный анализ экосистем); отбор проб компонентов природной среды (почвы, природной воды); отбор проб отходов (фильтрата); определение радиационного состояния; проведение дистанционного зондирования исследуемой территории. Сделано описание полигона при маршрутном исследовании, рассчитаны метрические параметры полигона и получены результаты химического анализа проб компонентов природной среды и отходов. Сделаны выводы о том, что данный объект отвечает основным нормам и правилам захоронения отходов, однако требует усовершенствования инфраструктуры. Также даны рекомендации по минимизации негативного воздействия на прилегающие ландшафты.

The situation with solid municipal (formerly household) waste (MSW) and the method of its disposal through burial at landfills and dump sites, which in turn pollute the environment and adversely affect human health, is acute in Russia. This study reflects the main results of the assessment of the negative impact of the particular landfill in the Moscow Region on the environment. Field, distance and laboratory methods were used to study the landfill. The field studies included: itinerary environmental survey (description of vegetation and soil cover, visual analysis of ecosystems); sampling the components of the natural environment (soil, water); sampling waste (filtrate); identifying the radiation state; remote sensing of the study area. The description of the landfill was made during the route study, the metric parameters of the landfill were calculated and the results of chemical analysis of the samples of environmental components and waste were obtained. In conclusion, this facility meets the basic norms and rules for the disposal of waste, but requires improvements in the infrastructure. The recommendations were also given to minimize the negative impact on the adjacent area.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, отходы, полигоны, свалка, дистанционное зондирование.

Keywords: municipal solid waste, waste, landfill, dump, remote sensing.

Введение. В России на законодательном уровне закреплено введение государственного реестра объектов размещения отходов (ГРОРО), который включает исчерпывающий перечень объектов, на которых разрешено захоронение отходов, в том числе ТКО. В свою очередь, под объектом размещения отходов понимается специально оборудованное сооружение, которое отвечает основным нормам и правилам, регулирующим деятельность в сфере утилизации отходов [1].

Предыдущие исследования свалок и полигонов ТКО на территории России показали [2—9], что в подавляющем большинстве случаев данные объекты образовывались стихийно в прошлом веке в отработанных карьерах, различных выемках, котлованах — без учета природоохранных требований, планировочных ограничений и технологических решений. В частности, не учитывалось геологическое строение, гидрогеологические и ландшафтно-геохимические условия, сложившаяся социально-экономическая обстановка и культурно-исторический облик региона. Несмотря на это, те из них, которые привели к соответствию с существующими нормами и правилами являются специальными оборудованными сооружениями — полигонами, и подлежат включению в ГРОРО. Однако защитные инженерные мероприятия (гидроизоляция, строительство систем сбора фильтрата и свалочного газа и т. п.) как до начала, так и в процессе эксплуатации полигонов, в большинстве случаев, не проводились. Таким образом, многие полигоны не обеспечивают надлежащей изоляции отходов, и загрязняющие вещества продолжают поступать в окружающую среду.

Вышеуказанные обстоятельства усугубляют изменения, происходящие в морфологическом составе ТКО, которые привели к увеличению доли содержания полимерных материалов. Это обосновывается тем, что продукты питания, товары личной гигиены и другие предметы, которые используются в быту, помещены в упаковку, состоящую из полимерных соединений, которые в естественных условиях разлагаются в течение длительного времени, зачастую превышающего несколько поколений человеческих жизней. К сложившейся ситуации накладывается тот факт, что отходы не проходят тщательную сортировку перед их захоронением, т. е. вместе с неопасным мусором поступают токсичные и легковоспламеняющиеся отходы, а также отходы, содержащие полезные компоненты, которые можно утилизировать.

Известно, что многие хозяйствующие субъекты на полигонах не соблюдают технологию захоронения отходов, которая минимизирует выбросы загрязняющих веществ в природную среду. Например, в Волоколамском районе Московской области выбросы свалочного газа от полигона ТКО, расположенного в 3 км к востоку от границы г. Волоколамска, вызвали массовые жалобы жителей города на их здоровье.

Эти обстоятельства доказывают возможность объектов, включенных в ГРОРО, негативно воздействовать на компоненты природной среды (подземные и поверхностные воды, почвы, атмосферный воздух, растительный покров) и здоровье человека. Особенно актуальна эта проблема на урбанизированных территориях, так как крупные мегаполисы являются основными поставщиками отходов.

Таким образом, цель данного исследования заключается в оценке возможного негативного воздействия на окружающую среду полигона, включенного в ГРОРО, на примере полигона ТКО в Московской области с применением различных методов исследования.

Материалы и методы. Объектом исследования является полигон ТКО, расположенный на водораздельной поверхности притоков Оки — р. Чавры (правого притока р. Нары) и безымянного ручья. Климат района умерено континентальный. Преобладающее направление ветров летом — юго-запад, запад и северо-запад, зимой — юго-запад, запад и юг. Участок относится к Москворецко-Окскому округу дерново-подзолистых и светло-серых лесных глинистых и тяжелосуглинистых почв.

Оценка состояния окружающей среды проводилась на основе сведений, представленных от хозяйствующего субъекта о производственном мониторинге и данных, полученных в ходе полевых и лабораторных исследований. Полевые исследования включали: маршрутное экологическое обследование (описание растительного и почвенного покрова, визуальный анализ экосистем); отбор проб компонентов природной среды (почвы, природной воды); отбор проб отходов (фильтрата); определение радиационного состояния; проведение дистанционного зондирования исследуемой территории.

Измерения кислотности, солесодержания (минерализации) и температуры природной воды проводились мультипараметровым прибором непосредственно на месте отбора проб.

Радиационное обследование проводилось при положительной температуре воздуха в 2 этапа. Первый этап включал гамма-съемку территории для выявления радиационных аномалий — поиск участка с дозой гамма-излучения в 2 или более раз выше, чем на остальной территории. Второй этап заключался в измерении радиации в контрольных точках.

Состояние деревьев и насаждений определялось в ближайшем лесном массиве методом оценки состояния насаждений и негативной роли вредителей и болезней [10].

Дистанционное зондирование полигона было проведено квадракоптером DJI Inspire 1 PRO. В результате бесконтактного метода были получены аэрофотоснимки.

Для аэрофотоснимков были проведены радиометрическая и геометрическая калибровки и фотограмметрическая обработка. В результате чего, в геоинформационной системе (Agisoft PhotoScan Professional) были получены плановые изображения — ортофотопланы, обеспечивающие максимальную точность определения положения объектов на местности и их пространственных характеристик. Полученные данные способствовали созданию цифровой модели местности (ЦММ), карты высот, гипсометрической карты, 3D модели. В программе Global Mapper проводились метрические вычисления параметров объекта. Все пространственные данные представлены в проекции UTM, зона 37 на эллипсоиде WGS-84.

Дешифрирование полигона выполнено визуальным методом со зрительным и логическим видами восприятия исследователя по системе дешифровочных признаков. В результате чего составлена карта результатов дешифрирования полигона.

Таким образом, в исследовании использовался междисциплинарный подход, а достижение поставленной цели базировалось на материалах, полученных с использованием наземных (методы полевых и камеральных ландшафтных исследований и др.), дистанционных методов (метод дистанционного зондирования, геоинформационный метод, картографический метод) и лабораторных методов.

Результаты и обсуждения. При маршрутном обследовании объекта выявлено, что основными компонентами отходов, составляющих тело полигона, являются: пищевые отходы, бумага и картон, полимерные материалы, стекло, текстиль, кожа и резина, гигиенические средства, композитная упаковка. В 850 м юго-восточнее полигона расположена ближайшая жилая застройка, которая находится в частном секторе. Необходимо отметить, что в частном секторе имеются земельные участки, на которых строятся новые жилые дома.

Территория объекта разделена на хозяйственную и производственную зоны.

Описание хозяйственной зоны. Въезд на тело полигона осуществляется через территорию хозяйственной зоны, оборудованную контрольно-пропускным пунктом. Зона расположена в северной части полигона. Основными элементами зоны являются: административно-бытовое здание, контрольно-пропускной пункт, пункт весового контроля, гараж для стоянки машин и механизмов, мастерские для их ремонта, цистерны с водой для пожаротушения, бетонная ванная для дезинфицирования ходовой части мусоровозов. На территории находятся контрольные скважины, предназначенные для определения уровня поднятия фильтрата полигона и для отбора проб жидких отходов. Зона граничит с подъездной дорогой и имеет твердое покрытие в виде бетонных плит. В 5 м северо-западнее от въезда на полигон имеется искусственный поверхностный водоем, используемый в качестве пожарного резервуара.

Производственная зона включает три очереди эксплуатации. В северной части — отработанная очередь, в восточной — эксплуатируемая, в южной — новая разрабатываемая.

По границе территории, отведенной для захоронения отходов, установлено ограждение — забор из металлической сетки, у основания которого зафиксированы отходы легкой фракции. В данном случае ограждение служит не только в качестве обозначения границ территории, но и сдерживает отходы от разноса ветром. На полигоне спроектирована дорожная сеть с бетонным и грунтовым покрытиями, которая используется для обеспечения подъезда мусоровозов к месту складирования отходов. С западной и восточной границ объекта имеются перехватывающие обводные каналы, предназначенные для сбора и отвода фильтрата. По краям первой и второй очереди эксплуатации сооружены стойкие обваловочные канавы, которые укрепляют стенки производственных площадок от сползания отходов (рис. 1).

Согласно вычислениям фактическая площадь полигона составляет 32 га, при разрешимой — 32,8 га. Сопоставление границ полигона и границ землеотвода показало незначительный выход с северо-восточной стороны границ полигона.

ЦММ и гипсометрическая карта территории дают информацию о высотах полигона. Абсолютная отметка насыпи полигона составляет 168 м. По данным, представленным хозяйствующим субъектом, в результате выполнения маркшейдерской съемки в 2016 году фактическая абсолютная отметка насыпного холма достигала 176,9 м. Уменьшение высоты насыпного холма связано с просадкой тела полигона при уплотнении отходами. Допустимая высота полигона — 199,4 м (рис. 2). Таким образом, в момент дистанционного зондирования значение высот не превышает допустимое.

Основные выводы дешифрирования и анализа объекта в геоинформационной системе:

1. На объекте в качестве технологии захоронения используется метод «надвига» отходов с промежуточной изоляцией отходов изолирующим материалом (грунтом).

2. В момент обследования на ортофотоплане на территории отработанной производственной площадки зафиксированы работы по установке скважин для сбора биогаза из тела полигона. Чугунные люки при дешифрировании отчетливо видны на снимке и имеют бледно-желтый цвет. Скважины пробурены со средней глубиной 20 м.

3. Присутствуют основные элементы производственной зоны (ограждение, обваловочные канавы, обводные каналы, гидроизолирующий материал на новой производственной площадке и др.).

4. Отсутствует пункт стационарного радиометрического контроля и объездная дорога вдоль границ полигона.

5. С восточной стороны землеотвода вблизи ограждения на расстоянии 3 метров зафиксирован разнос отходов с тела полигона.

6. Сопоставление границы землеотводов с фактическими границами полигона показало незначительный выход производственной зоны в северо-восточной части объекта.

7. Метрические измерения полигона не превышают пороговых значений, предусмотренных проектной документацией.

Радиационное обследование. В связи с тем что отходы на объект поступают не в сортированном виде, а на вспомогательной зоне отсутствует радиометрический контроль мусоровозов, было принято решение о необходимости проведения радиационного обследования. По результатам которого на участке обследования зон радиационных аномалий не выявлено, радиационное излучение находится в пределах допустимых значений.

Оценка ближайшего лесного массива. Примерно в 1 км северо-восточнее объекта находится лесной массив. В составе лесных культур преобладают осина, береза, ель, иногда с примесью сосны, дуба и липы. При маршрутном обследовании участков угнетенного леса не выявлено.

Оценка почв. В пробах почвы, отобранных на склоне полигона, обнаружено увеличение по сравнению с фоновым количество хлоридов. Содержание всех остальных исследованных загрязняющих веществ ниже установленных норматиф-

вов предельно допустимых значений и не превышает фоновых значений, взятых на расстоянии 1 км от полигона в лесном массиве.

Оценка атмосферного воздуха. Материалы по выбросам загрязняющих веществ представлены хозяйствующим субъектом. Анализ представленных данных показал увеличение содержания диоксида азота и оксида азота, в незначительных количествах обнаружены концентрации сероводорода с подветренной стороны объекта. Данные, полученные на расстоянии 1 км с северо-восточной стороны от тела полигона, подтверждают превышение диоксида азота в 2 раза, содержание оксида азота находится на уровне ПДК.

Оценка качества природной воды. По результатам анализа отобранных проб выявлено, что природная вода из водоемов, расположенных с северо-западной стороны от полигона, превышает ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования в 1,5—2,5 раза органическими веществами, хлорид-ионами, железом, марганцем и никелем.

Оценка фильтрата полигона. По результатам полученных данных был проведен расчет класса опасности для окружающей природной среды. Фильтрат относится к IV классу опасности. На основании компонентного состава и класса опасности жидкий отход соответствует отходу Федерального классификационного каталога отходов «фильтрат полигонов захоронения твердых коммунальных отходов малоопасный», что допустимо и предусмотрено проектной документацией.

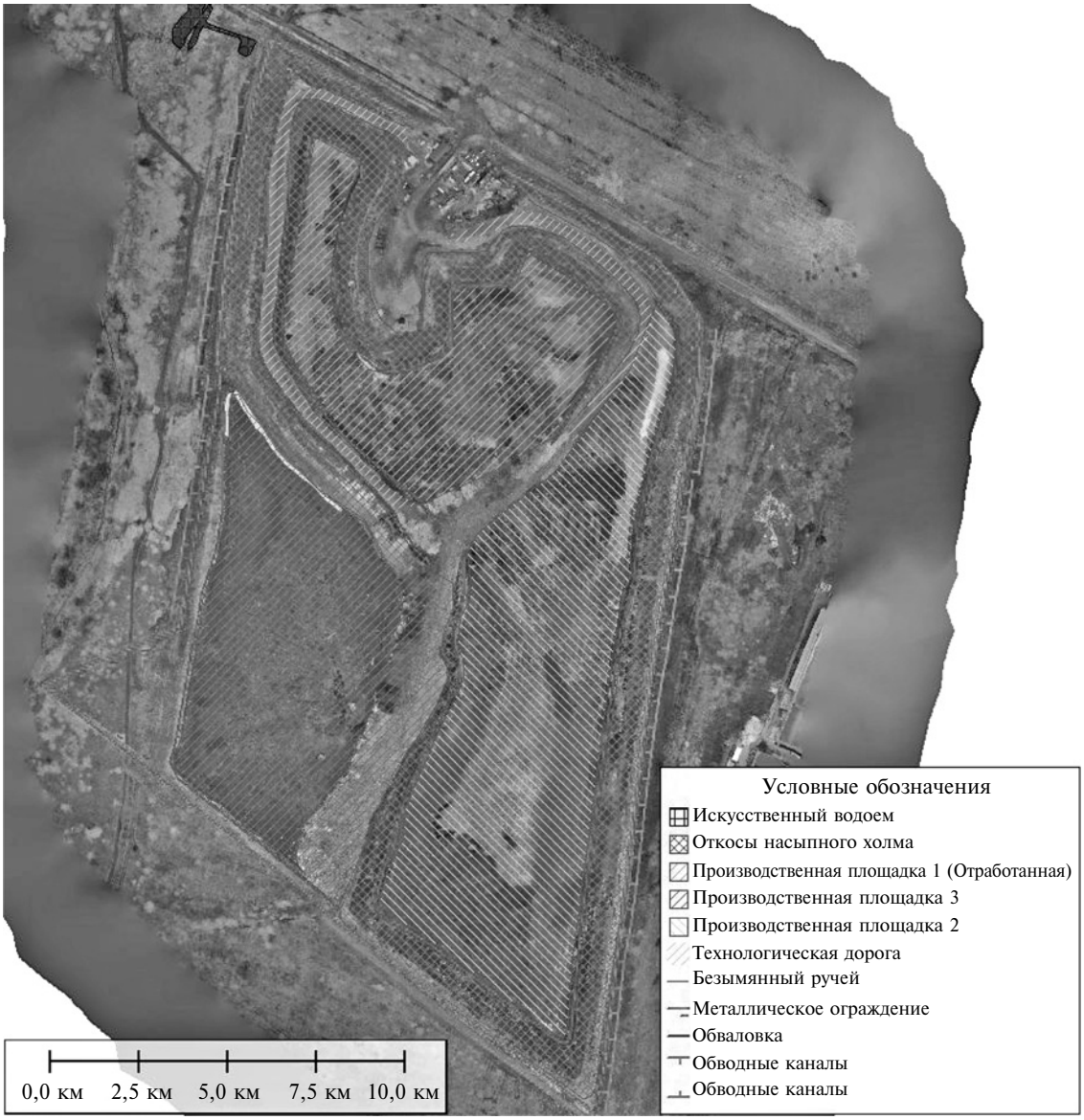


Рис. 1. Дешифрирование полигона твердых коммунальных отходов

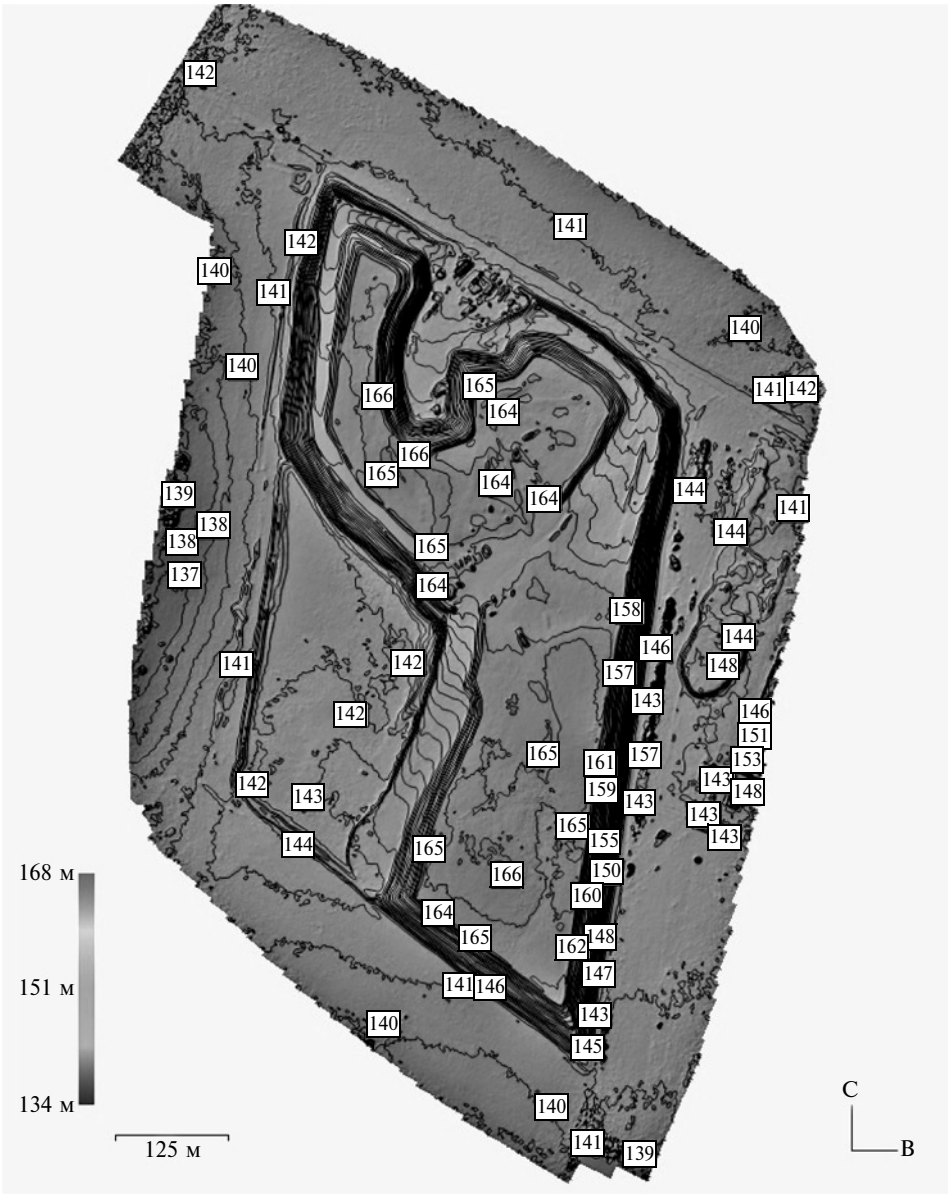


Рис. 2. Карта высот полигона твердых коммунальных отходов

На основании полученных результатов для минимизации загрязнения рекомендуется: установить дренажные системы по всему периметру объекта, укрепить металлическое ограждение и увеличить его высоту, провести очистку прилегающих территорий от разбросанного ветром мусора, проложить объездную дорогу вдоль границ землеотвода, своевременно производить откачку и вывоз фильтрата на очистные сооружения для обезвреживания, запретить возведение жилой постройки вблизи полигона как минимум в пределах 1 км от полигона, выделить жителям, которые живут в радиусе 2 км от полигона, льготы на оплату захоронения их отходов.

Заключение. Оценка возможного негативного воздействия полигона ТКО в Московской области на окружающую среду показала присутствие загрязнения окружающей среды от объекта. Однако в действительности полигон отвечает основным нормам и правилам захоронения ТКО. Но, безусловно, требует усовершенствования инфраструктуры с целью минимизации негативного воздействия на прилегающие ландшафты.

Применение комплекса различных методов позволило получить материалы, обработка и анализ которых позволили оценить воздействие исследуемого объекта на окружающую среду. Данные методы могут быть применены на подобных объектах размещения отходов.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об отходах производства и потребления».
2. Абросимов А. В. Использование космических снимков и геоинформационных технологий для мониторинга мест складирования отходов / А. В. Абросимов, Д. Б. Никольский, Л. В. Шешукова // Экология урбанизированных территорий. — 2014. — № 1. — С. 38—43.
3. Бровкина О. В., Скорописов Д. Ю. Мониторинг свалок твердых бытовых и промышленных отходов (на примере территории Кронштадского района г. Санкт-Петербурга) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. — № 1. — С. 153—155.
4. Бровкина О. В. Дистанционный мониторинг антропогенных нарушений таежной зоны Северо-Запада России: дис. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук: 25.00.36. Бровкина Ольга Владимировна. — СПб., 2011. — 194 с.
5. Липилин Д. А. Особенности дешифрирования свалок на территории Краснодарского края по материалам спутниковых снимков (методика и результаты) // Географические исследования Краснодарского края. Вып. 7. — Краснодар. — 2012. — С. 243—250.
6. Майорова О. В. Геоэкологические проблемы и пути их решения в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами (ТБО) Московской области: автореф. дис. канд. геогр. наук: 25.00.36 / Майорова Ольга Валентиновна. — М., 2012. — 26 с.
7. Погорелов А. В. Мониторинг и классификация свалок на территории Краснодарского края / А. В. Погорелов, Д. А. Липилин // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. — 2014. — № 1 (26). — С. 114—121.
8. Погорелов А. В., Липилин Д. А. О дешифрировании объектов землепользования по космическим снимкам на территории Краснодарского края // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. — 2013. — № 2. — С. 46—52.
9. Тимофеева С. С., Шешукова Л. В., Охотин А. Л. Мониторинг свалок твердых бытовых и промышленных отходов в Иркутском районе по данным космических снимков // Вестник ИрГТУ. 2012. — № 9. — С. 76—81.
10. Мозолевская Е. Г., Голубев А. В., Шарапа Т. В., Денисова Н. Б. Методы оценки состояния насаждений и негативной роли вредителей и болезней // Научно-информационный журнал «Лесной вестник», 2013 г. № 3 (95). С. 52—59.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF SOLID MUNICIPAL WASTE LANDFILLS ON THE ENVIRONMENT APPLYING AN INTERDISCIPLINARY APPROACH

A. G. Titova, Postgraduate student, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences (IG RAS), anastasititova@igras.ru, Moscow, Russia

References

1. Federal Law of 24.06.1998 No. 89-FZ “On Production and Consumption Waste”. [in Russian]
2. Abrosimov A. V. Ispol'zovanie kosmicheskih snimkov i geoinformacionnyh tekhnologij dlya monitoringa mest skladirovaniya othodov [Use of satellite imagery and geo-information technologies for monitoring waste storage sites. A. V. Abrosimov, D. B. Nikolskiy, L. V. Sheshukova]. *Ekologiya urbanizirovannyh territorij*. 2014. No. 1. P. 38—43. [in Russian]
3. Brovkina O. V., Skoropisov D. Yu. Monitoring svalok tverdyh bytovyh i promyshlennyh othodov (na primere territorii Kronshtadskogo rajona g. Sankt-Peterburga) [Monitoring of landfills for solid household and industrial waste: a case study of the territory of the Kronstadt District of St. Petersburg)]. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2012. Vol. 9. No. 1. P. 153—155. [in Russian]
4. Brovkina O. V. Distancionnyj monitoring antropogennyh narushenij taezhnoj zony Severo-Zapada Rossii [Remote monitoring of anthropogenic violations of the taiga zone of North-West Russia: thesis for Ph. D. in Geography: 25.00.36. Brovkina Olga Vladimirovna]. SPb., 2011. 194 p. [in Russian]
5. Lipilin D. A. Osobennosti deshifrirovaniya svalok na territorii Krasnodarskogo kraya po materialam sputnikovyh snimkov (metodika i rezul'taty) [Features of the interpretation of landfills in the territory of Krasnodar Krai due to satellite imagery materials (methods and results)]. *Geograficheskie issledovaniya Krasnodarskogo kraya*. No. 7. Krasnodar. 2012. P. 243—250. [in Russian]
6. Mayorova O. V. Geoehkologicheskie problemy i puti ih resheniya v sfere obrashcheniya s tverdymi bytovymi othodami (TBO) Moskovskoj oblasti [Geoecological problems and their solutions in the field of solid household waste (MSW) treatment in the Moscow Region: thesis abstract for Ph. D. in Geography: 25.00.36. Mayorova Olga Valentinovna]. Moscow, 2012. 26 p. [in Russian]
7. Pogorelov A. V. Monitoring i klassifikaciya svalok na territorii Krasnodarskogo kraya [Monitoring and classification of landfills in Krasnodar Krai. A. V. Pogorelov, D. A. Lipilin]. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. 2014. No. 1 (26). P. 114—121. [in Russian]
8. Pogorelov A. V., Lipilin D. A. Monitoring i klassifikaciya svalok na territorii Krasnodarskogo kraya [On the interpretation of land use objects by satellite imagery in Krasnodar Krai]. *Vestnik Severo-Kavkazskogo federalnogo universiteta*. 2013. No. 2. P. 46—52. [in Russian]
9. Timofeeva S. S., Sheshukova L. V., Okhotin A. L. Monitoring svalok tverdyh bytovyh i promyshlennyh othodov v Irkutskom rajone po dannym kosmicheskih snimkov [Monitoring of landfills for solid household and industrial waste in the Irkutsk Region according to satellite imagery data]. *Vestnik IrGTU*. 2012. No. 9. P. 76—81. [in Russian]
10. Mozolevskaya E. G., Golubev A. V., Sharapa T. V., Denisova N. B. Metody ocenki sostoyaniya nasazhdenij i negativnoj roli vreditelej i boleznej [Methods for assessing the state of stands and the negative role of pests and diseases]. *Nauchno-informacionnyj zhurnal Lesnoj vestnik*. 2013. No. 3 (95). P. 52—59. [in Russian]

УДК 504.06 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12059

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Н. С. Дега, *кандидат географических наук, доцент, Карачаево-Черкесский государственный университет имени У. Д. Алиева (КЧГУ), dega999@mail.ru,*
Ф. Х. Бостанова, *аспирант, Карачаево-Черкесский государственный университет имени У. Д. Алиева (КЧГУ), fatima.b.1993@mail.ru,*
А. Р. Байрамкулова, *аспирант, Карачаево-Черкесский государственный университет имени У. Д. Алиева (КЧГУ), bayramkulova.asya@mail.ru,*
Н. М. Корчагина, *старший научный сотрудник, Карачаево-Черкесский государственный университет имени У. Д. Алиева (КЧГУ), 1956knm@mail.ru, Карачаевск, Россия*

В статье приводятся результаты геоэкологической оценки состояния воздушного бассейна, гидрохимическая трансформация поверхностных вод, количественная и качественная структура твердых коммунальных отходов, их воздействие на окружающую среду Карачаево-Черкесской Республики.

По результатам проведенных исследований наибольшее загрязнение атмосферного воздуха наблюдается в Усть-Джегутинском районе и республиканском центре г. Черкесске, уровень загрязнения здесь носит повышенный характер. Все реки республики испытывают серьезную антропогенную нагрузку, а динамика гидрохимических элементов указывает на отсутствие контроля за качеством воды. Сохранение подобной тенденции загрязнения рек может привести к деградации водных экосистем региона. Серьезной экологической проблемой остается не достаточно эффективное управление твердыми коммунальными отходами. Количество отходов ежегодно растет, мощность полигонов практически исчерпана. Отходы складируются на санкционированные и несанкционированные свалки и являются источниками загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв.

Комплексная геоэкологическая оценка компонентов окружающей среды легла в основу разработки мероприятий по охране и рациональному использованию уникальных горных ландшафтов республики. Получены значения изменения экологических показателей природно-антропогенных экосистем на основе экспериментальных, фондовых данных, репрезентативных геоэкологических исследований, могут быть использованы для формирования оптимальной структуры ландшафтов в условиях региона и принятия оптимальных управленческих решений в горном природопользовании.

Введение. В последние десятилетия горные ландшафты Карачаево-Черкесской Республики испытывают весьма существенную антропогенную нагрузку. Отсутствие современных механизмов рационального природопользования в горах, не работающая на местах законодательная база, поныне бытующее мнение о неисчерпаемости природных ресурсов, крайне низкая экологическая культура взаимоотношений человека с природой ощутимо отразились на горных геосистемах региона. Развитие хозяйственной и рекреационной деятельности в республике и связанное с ними антропогенное воздействие приводит к изменению горных ландшафтов.

Состояние окружающей природной среды КЧР в последние десятилетия остается напряженной, а уровень ее загрязнения достаточно высоким. В связи с этим возрастает актуальность геоэкологической оценки источников негативного воздействия на окружающую среду и разработки мероприятий, направленных на охрану горных ландшафтов. Для успешного решения проблем восстановления нарушенного природного баланса необходимо проводить оценку компонентов окружающей среды: атмосферного воздуха, поверхностных вод, лесных ландшафтов, почвенного покрова и др.

Модели и методы. Анализ выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников проводился по материалам статистической отчетности по формуле «2-2ТП (воздух). Количество загрязняющих веществ определялось на основании инструментальных замеров и расчетов от организованных и неорганизованных источников выбросов загрязняющих веществ. Методологический подход исследования качества воздушного бассейна основан на детальном анализе структу-

The paper gives a geo-ecological assessment of the condition of the air basin, the hydrochemical transformation of the surface water, the quantitative and qualitative structure of solid municipal waste, and their environmental impact of the Karachay-Cherkess Republic.

Due to the results of the conducted research, the greatest pollution of the air is observed in the Ust-Dzhegutinsky District and the republican center of Cherkessk, the pollution level is higher there. All rivers of the Republic experience serious anthropogenic load, and the dynamics of hydrochemical elements indicates the lack of water quality control. The preservation of this trend of the rivers pollution can lead to the degradation of water ecosystems of the region. The management of solid municipal waste that is not effective enough remains a serious environmental problem. The number of waste grows annually, the capacity of the landfills is almost exhausted. The waste is stored on the authorized and unauthorized dumps and becomes the polluters of the air, surface and underground water, soils.

The complex geo-ecological assessment of the environmental components formed the basis for the development of the actions for protection and rational use of the unique mountain landscapes of the Republic. The values of changes of ecological indexes of natural and anthropogenic ecosystems on the basis of the experimental, share data, and representative geo-ecological research, can be used for the formation of the optimum structure of the landscapes in the conditions of the region and the adoption of the optimal management decisions in mountain environmental management.

Ключевые слова: горные ландшафты, атмосферный воздух, поверхностные воды, твердые коммунальные отходы, экологическая оценка, охрана окружающей среды, рациональное природопользование.

Keywords: mountain landscapes, air, surface water, solid municipal waste, ecological assessment, environmental protection, rational environmental management.

ры и сезонной динамики загрязнения по маршрутным постам наблюдения. Нормирование отработанных проб проводилось по среднесуточным и максимально разовым предельно-допустимым концентрациям (ПДК) [1].

Гидрохимические исследования поверхностных вод республики осуществлялись на базе научно-исследовательской лаборатории геоэкологического мониторинга и Центра коллективного пользования приборами и оборудованием Карачаево-Черкесского государственного университета имени У. Д. Алиева. Лаборатория имеет область аттестации в проведении количественного анализа поверхностных, подземных и питьевых вод. Для комплексной оценки поверхностных вод нами использовалась методика, основанная на расчете гидрохимических показателей [2]. В соответствии с методическими указаниями по каждому створу определялось 16 загрязняющих веществ, характерных для большинства поверхностных вод исследуемого региона. Наиболее информативными комплексными оценками, получаемыми по данному методу, являются — удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УКИЗВ) и класс качества воды.

Результаты и обсуждение. Основными загрязнителями атмосферного воздуха в республике являются автотранспорт и промышленность. По данным наблюдений за последние 5 лет в составе и структуре выбросов выявлено 196 видов загрязняющих веществ, которые сведены в следующие основные категории: твердые вещества, ангидрид сернистый, оксиды углерода и азота, летучие органические соединения, углеводороды и др. [3]. Основная доля выбросов загрязняющих веществ приходится на Усть-Джегутинский район (57 %) и республиканский центр г. Черкесск (24 %). Превышение ПДК наблюдается в Усть-Джегутинском районе по аммиаку и формальдегиду и составляет соответственно 1,1 и 1,3 ПДК. В Прикубанском районе среднегодовое превышение аммиака составило 1,2 ПДК, в Малокарачаевском районе отмечено превышение формальдегида — 1,1 ПДК. Для всех районов КЧР характерно наращивание концентрации оксида углерода и взвешенных веществ. Превышение более чем в 2 раза ПДК диоксида азота зарегистрировано в г. Черкесске. Положительные значения тренда концентрации сернистого ангидрида отмечены в Усть-Джегутинском, Зеленчукском и Малокарачаевском районах.

Расчет комплексного индекса загрязнения атмосферы (КИЗА) производился по величинам среднегодовых концентраций и указывает на длительную «хроническую» загрязненность воздуха. На территории республики КИЗА максимальных значений достиг в Усть-Джегутинском районе и носит повышенный уровень загрязнения. Во всех остальных административных районах КИЗА не превысил 5 и имел низкий уровень загрязнения [4].

В последние десятилетия происходит интенсивное освоение гидрографической сети верховий бассейна р. Кубани многими отраслями экономики республики, что привело к загрязнению поверхностных вод и деградации прибрежных зон [5].

Гидрографический мониторинг горных рек КЧР проводится с целью получения информации о качестве вод, необ-

ходимой для осуществления мероприятий как по охране, так и по рациональному использованию водных ресурсов. Источниками загрязнения поверхностных вод региона являются неочищенные сточные воды, промышленные стоки предприятий, фекальные и бытовые воды жилых построек и туристических комплексов, смыв с дорог и мостов, сельхозугодий и др. [6].

Река Кубань берет свое начало в высокогорной зоне КЧР и является главной водной артерией западной и северной части северного склона Большого Кавказа [7]. Пробы природной воды на реке отбирались из 11 створов ежеквартально, в основные фазы водного режима.

Пространственно-временной анализ качества поверхностных вод р. Кубани на территории республики представлен в таблице. Оценивая средние многолетние значения гидрохимических показателей реки условно чистой воды не зарегистрировано ни в одном створе. С 1 по 5 створы (высокогорья и среднегорья) поверхностная вода имела характер слабозагрязненной 2 класса, а УКИЗВ изменялся от 1,1 до 1,7. Единичное загрязнение в приведенных выше створах отмечено нефтепродуктами, биологическим потреблением кислорода (БПК) и цинком. Устойчивое загрязнение реки наблюдалось железом, общими фенолами, марганцем и медью. В районе г. Карачаевска (створ 6) качество воды понизилось до загрязненной 3 класса разряда «а». Основными загрязнителями этого створа были шесть ингредиентов. Марганец и общие фенолы были типичными представителями. Присутствие общего железа носило устойчивый характер, а нефтепродукты и медь зарегистрированы единично [8]. В районе п. Коста Хетагурова (створ 7), г. Усть-Джегута (створ 8) и выше по течению реки до г. Черкесска (створ 9) качество воды сравнительно улучшилось, УКИЗВ снизился в среднем до 1,7 и вода характеризовалась 2 классом, как слабо загрязненная. Превышение ПДК в этих створах наблюдалось по четырем ингредиентам — общему железу, биологическому потреблению кислорода, соединениям марганца и меди.

По средним многолетним данным, наибольших значений УКИЗВ достиг в створах 10 и 11 (равнинные территории) и составил 2,1 и 2,3 соответственно, что классифицирует поверхностную воду реки как загрязненную 3 класса разряда «а». Превышения ПДК в этих створах наблюдалось по 5 ингредиентам. Содержание железа, марганца и меди характерно для этих створов. Нормативные превышения концентраций химического потребления кислорода, БПК и нитритного азота носили устойчивый характер, а соединения марганца критическую концентрацию.

Особенностью гидрографической сети бассейна Кубани является его резкая левобережная асимметричность, все основные притоки на территории Карачаево-Черкесии как по площади водосбора, так и по водности впадают в Кубань с левой стороны: Теберда, Малый и Большой Зеленчук, Уруп, Большая Лаба и др. [9].

Пробы поверхностной воды р. Уруп отбирались из трех створов. В створе 1, который расположен выше Урупского горно-обогатительного комбината УКИЗВ был равен 0,97, а вода соответственно отнесена к 1 классу условно чистой. Превышение ПДК во 2 створе (п. Уруп) наблюдалось по 5 элементам. Для железа и никеля наблюдалась единичная загрязненность воды, для цинка, марганца и меди загрязненность была характерной. Концентрация меди в отобранных пробах была высокой и соответствовала критическому показателю загрязненности воды. УКИЗВ равен 2,2 и характеризует воду во 2 створе 3 классом загрязненности разряда «а». 3 створ расположен ниже п. Преградная и поверхностную воду в нем, в соответствии с УКИЗВ, который равен 3,64, можно считать грязной 4 класса разряда «а». Основным загрязняющим эффектом обладали общие фенолы, медь и марганец.

Гидрохимический мониторинг поверхностных вод р. Теберды проводился в течение 3 лет

Средние многолетние значения гидрохимических показателей р. Кубани

Название створов	УКИЗВ	Классификация качества воды
створ 1 (выше а. Хурзук)	1,6	слабозагрязненная, 2 класс
створ 2 (а. Учкулан)	1,5	слабозагрязненная, 2 класс
створ 3 (выше Эльбрусского рудника)	1,1	слабозагрязненная, 2 класс
створ 4 (ниже Эльбрусского рудника)	1,7	слабозагрязненная, 2 класс
створ 5 (выше г. Карачаевска)	1,6	слабозагрязненная, 2 класс
створ 6 (г. Карачаевск)	2,1	загрязненная, 3 класс разряд «а»
створ 7 (п. Коста Хетагуров)	1,7	слабозагрязненная, 2 класс
створ 8 (г. Усть-Джегута)	1,8	слабозагрязненная, 2 класс
створ 9 (выше г. Черкесска)	1,5	слабозагрязненная, 2 класс
створ 10 (ниже г. Черкесска)	2,1	загрязненная, 3 класс разряд «а»
створ 11 (ст. Беломечетская)	2,3	загрязненная, 3 класс разряд «а»

(2013—2015 гг.). Пробы отбирались из пяти створов. УКИЗВ для всей реки составляет 2,5 и характеризует ее поверхностные воды как загрязненные 3 класса разряда «а».

Самые загрязненные воды зарегистрированы в створе 1, который расположен ниже п. Домбай. Класс воды в этом створе понизился до очень загрязненной 3 класса разряда «б». Превышение ПДК наблюдалось по 7 элементам. Медь, никель, нефтепродукты имели неустойчивый характер загрязнения, а железо, общие фенолы и марганец были характерными загрязнителями для данного створа. Ниже г. Теберды (створ 3), в районе туристического комплекса Дубки (створ 4) и в устье реки (створ 5) качество воды характеризовалось 3 классом загрязненности разряда «а», а УКИЗВ менялся от 2,0 до 2,5. Основными загрязнителями в этих створах были: железо, общие фенолы, нефтепродукты, марганец и медь. Характеристика загрязнения воды в этих створах изменялась от устойчивой до характерной.

Самое высокое качество поверхностных вод р. Теберда зарегистрировано в створе 2 (выше по течению реки г. Теберды). Загрязнение воды наблюдалось железом, фенолами, марганцем, медью и носило неустойчивый или устойчивый характер. УКИЗВ составил 1,7 и классифицирует воду как слабозагрязненную 2 класса. От створа 1 до створа 2 река Теберда протекает на территории Тебердинского государственного природного биосферного заповедника, где наблюдается ослабление антропогенной нагрузки. Ассимиляционный и саморегулирующий аппарат горной реки способствует ее очищению и улучшению качества поверхностных вод в створе 2.

На реке Большой Зеленчук пробы отбираются из трех створов. Превышение ПДК наблюдалось у пяти ингредиентов. Для железа, фенолов и марганца в течение года характерна устойчивая загрязненность. Концентрации фенолов и марганца соответствуют критическим показателям загрязненности реки. Качество воды за 2014 год значительно ухудшилось по сравнению с предыдущим 2013 годом, когда загрязнение фенолами, железом и марганцем носило единичный характер. В 2014 г. удельный комбинаторный индекс загрязненности повысился в 2 раза и характеризует воду в реке 3-м классом как загрязненную, что обусловлено нарушением существующих нормативов по пяти ингредиентам.

Кроме загрязнения поверхностных вод практически во всех долинах и ущельях республики наблюдается сокращение лесных массивов гидрографической сети. Леса гидрографической сети страдают от бессистемных и сплошных вырубок с использованием тяжелой техники. Лесистость в этих зонах сократилась до 50 %, когда оптимальное, естественное их состояние должно составлять 80—100 %. Деградация лесов гидрографической сети привела к развитию интенсивной эрозии почв, образованию оврагов, увеличению частоты и разрушительной силы лавин и селей.

На территории Карачаево-Черкесской Республики одной из самых серьезных экологических проблем остается проблема сбора, хранения, переработки, утилизации и обезвреживания отходов. Ежегодно в республике образуется около 1 млн тонн отходов, по годам эта величина варьирует незначительно. В условиях горного рельефа, где повсюду имеет место труднодоступность и повышенная уязвимость экосистем, такое количество создает угрозу природному равновесию в ландшафтах и здоровью населения.

В республике эксплуатируется всего 3 полигона твердых коммунальных отходов (ТКО) — в г. Черкесске и Усть-Джегутинском районе. Заполненность полигонов ТКО в среднем составляет 70 %, т. е. мощность полигонов практически исчерпана [10]. Оставшаяся же часть преимущественно горная, где расположены восемь районов и один Карачаевский городской муниципальный округ, на подведомственной территории которого находятся такие населенные пункты, как город-курорт Теберда и поселок Домбай, не имеющие возможности размещения ТКО на собственных полигонах ввиду полного отсутствия последних. Возить отходы из удаленных населенных пунктов на полигоны нерентабельно, поэтому захоронение ТКО осуществляется в этих районах на санкционированных и несанкционированных свалках. Более 60 % ТКО вывозится на несанкционированные свалки, которые образуются вблизи населенных пунктов, у автодорог и в гидрографической сети республики. Несоответствующие технологическим и санитарным требованиям свалки негативно влияют на окружающую среду региона, и превратились в экологически опасные объекты. Вследствие ферментации органического материала на свалках выделяются парниковые газы, которые приводят к самовозгоранию мусора и загрязнению атмосферного бассейна токсичными веществами.

Под воздействием дождевой воды органические и неорганические составляющие ТКО растворяются, образуя высокотоксичный фильтрат, концентрирующийся между отходами и поверхностью земли. Он, как правило, характеризуется высоким содержанием тяжелых металлов, аммиака, токсичных органических соединений и патогенных веществ, и при просачивании в грунтовые

воды приводит к подземному и поверхностному загрязнению.

В 2013 г. в туристско-рекреационных зонах республики были выявлены несанкционированные свалки: по устью реки города курорта Теберды 6 свалок площадью 28 819 м^2 и в Кубанском ущелье вокруг а. Хурзук и Учкулан 11 несанкционированных свалок с общей площадью 39 450 м^2. Указанные свалки нами были обследованы. Установлен фракционный состав и степень их воздействия на окружающую природную среду. В пределах ПДК радиационный фон зарегистрирован в районе города Теберда и Тебердинской долины. На несанкционированных свалках с преобладанием как строительного мусора, так и ТКО радиация в отдельных свалках достигает верхних пределов допустимых норм, не превышая его в районе г. Теберда. Весьма неожиданными оказались высокие показатели радиации в Учкулано-Хурзукской долине. На семи из десяти несанкционированных свалках этого района радиационный фон превысил ПДК в 1,5—2,7 раза.

Заключение. В результате проведенных исследований дана характеристика компонентов окружающей среды республики, показаны изменения экологических показателей в результате хозяйственной и рекреационной деятельности.

Комплексный индекс загрязнения атмосферы на территории республики максимальных значений достиг в Усть-Джегутинском районе и носит повышенный уровень загрязнения. В этом районе сконцентрированы основные предприятия по производству строительных материалов, которые являются «лидером» по суммарному выбросу загрязняющих веществ, и именно здесь необходимо принятие первоочередных мер по улучшению качества воздушного бассейна.

В целях охраны атмосферного воздуха республики целесообразно на первом этапе ввести временно согласованные выбросы по веществам, которые выбрасываются в большом количестве, и рассчитать новые предельно допустимые выбросы (ПДВ) с учетом ассимиляционного потенциала районов республики. Составить сводный том ПДВ, включающий количественные и качественные показатели выбросов по всем районам КЧР.

Получены результаты динамики загрязнения рек Кубани, Теберды, Большого Зеленчука и Урупа химическими элементами, указывающие на отсутствие контроля за качеством воды этих бассейнов. В целом кризисное состояние водных ресурсов приурочено к равнинной и предгорной части республики. Высокогорные районы не так подвержены загрязнению, что объясняется уменьшением влияния антропогенного фактора и нормализацией естественно-природного режима функционирования экосистем. Сохранение подобной тенденции загрязнения рек может привести к деградации водных экосистем региона.

Для решения проблемы загрязнения окружающей среды отходами необходимо строительство новых современных полигонов ТКО, а также, что очень важно, комплексов их сортировки и вторичной переработки как в горной, так и в равнинной частях республики. Эти мероприятия приведут к уменьшению количества несанкционированных свалок, а значит, улучшит состояние воздушного бассейна, поверхностных и подземных вод, почв. Все это не может не сказаться на устойчивом развитии республики как региона с уникальными бальнеологическими ресурсами, туристско-рекреационными возможностями и большим сельскохозяйственным потенциалом.

Библиографический список

1. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338—03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». Постановление от 30.05.2003 № 114, с изменениями на 30.08.2016. [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/901865554 (дата обращения: 17.02.2019).
2. Емельянова В. П., Лобченко Е. Е. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. — М.: Депон, 2004. — 20 с.
3. Байчорова Э. М. Загрязнение атмосферного воздуха и здоровье населения в Карачаево-Черкесии / Научный журнал «Интернаука». — М., 2017. — № 8 (12). — С. 57—59.
4. Дега Н. С., Онищенко В. В., Байчорова Э. М. Геоэкологические преобразования атмосферного воздуха в техногенной среде Карачаево-Черкесской Республики // Безопасность в техносфере. — М., 2017. — Т. 6. — № 6. — С. 12—19. DOI: 10.12737/article_5af016327197f1.99123383.
5. Аджиев Р. А. Анализ качества поверхностных вод, формирующих бассейн реки Кубань на территории Карачаево-Черкесской Республики / Карачаево-Черкесская Республика. Устойчивое развитие: опыт, проблемы, перспективы. — М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты РФ / Центр экологической политики России, 2013. — С. 52—55.
6. Лурье П. М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. — СПб.: Гидрометиздат, 2002. — С. 406—416.
7. Лурье П. М., Панов В. Д., Ткаченко Ю. Ю. Река Кубань: Гидрография и режим стока. — С.-Пб.: Гидрометеоиздат, 2015. — 500 с.

8. Дега Н. С., Байрамукова Ф. С., Борлаков М. С. Методологические основы гидрохимического мониторинга водного бассейна р. Кубани на территории Карачаево-Черкесской Республики // Международный научный журнал «Инновационная наука». — Уфа: научно-издательский центр «АЭТЕРНА», 2015. — Вып. № 4. — С. 169—172.
9. Аджиева М. М. География Карачаево-Черкесской Республики. Карачаевск: КЧГУ, 2017. — 252 с.
10. Байчорова Э. М., Онищенко В. В. Геоэкологические проблемы обращения с твердыми бытовыми отходами в КЧР / Международная научно-практическая конференция «Научный поиск в современном мире». — Махачкала: ООО «Апробация», 2014. — С. 74—77.

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENT OF THE KARACHAY-CHERKESS REPUBLIC

N. S. Dega, Ph. D. (Geography), Associate Professor, Aliev Karachaevo-Cherkessiya State University, dega999@mail.ru, Karachayevsk, Russia;
F. H. Bostanova, Ph. D. student, Aliev Karachaevo-Cherkessiya State University named, fatima.b.1993@mail.ru, Karachayevsk, Russia;
A. R. Bairamkulova, Ph. D. student, Aliev Karachaevo-Cherkessiya State University, bayramkulova.asya@mail.ru, Karachayevsk, Russia;
N. M. Korchagina, Senior Researcher, Aliev Karachaevo-Cherkessiya State University, 1956knm@mail.ru, Karachayevsk, Russia

References

1. Gigienicheskie normativy GN 2.1.6.1338—03 “Predelno dopustimye koncentracii (PDK) zagryaznyayushih veshestv v atmosfernom vozduhe naselennyh mest”. Postanovlenie ot 30.05.2003 № 114, s izmeneniyami na 30.08.2016. [Hygienic standards of GN 2.1.6.1338—03 “The Threshold Limit Values (TLV) of pollutants in free air of the inhabited places”. The resolution of 30.05.2003 No. 114, with changes on 30.08.2016]. URL: http://docs.cntd.ru/document/901865554, date of access: 17.02.2019. [in Russian]
2. Emelyanova V. P., Lobchenko E. E. Metod kompleksnoj ocenki stepeni zagryaznennosti poverhnostnyh vod po gidrohimicheskim pokazatelyam [A method of complex assessment of the degree of impurity of the surface water on hydrochemical indexes]. Moscow, Depon, 2004. 20 p. [in Russian]
3. Bajchorova E. M. Zagryaznenie atmosfernogo vozduha i zdorove naseleniya v Karachaevo-Cherkesii [Pollution of free air and health of the population in Karachay-Cherkessia]. *Nauchnyj zhurnal “Internauka” [The Scientific magazine “Internauka”].* Moscow, 2017. No. 8 (12). P. 57—59. [in Russian]
4. Dega N. S., Onishenko V. V., Bajchorova E. M. Geoekologicheskie preobrazovaniya atmosfernogo vozduha v tehnogennoj srede Karachaevo-Cherkesskoj Respubliki [Geoecological transformations of the air in the technogenic environment of the Karachay-Cherkess Republic]. *Bezopasnost v tehnosfere [Safety in a technosphere].* Moscow, 2017. Volume 6. No. 6. P. 12—19. [in Russian]
5. Adzhiev R. A. Analiz kachestva poverhnostnyh vod, formiruyushih bassejn reki Kuban na territorii Karachaevo-Cherkesskoj Respublike [The analysis of quality of the surface water forming a river basin Kuban in the territory Karachay-Cherkess Republic]. Karachaevo-Cherkesskaya Respublika. Ustojchivoe razvitie: opyt, problemy, perspektivy [The Karachay-Cherkess Republic. Sustainable development: experience, problems, prospects]. Moscow: Institut ustojchivogo razvitiya Obshestvennoj palaty RF / Centr ekologicheskoj politiki Rossii, 2013. P. 52—55. [in Russian]
6. Lurye P. M. Vodnye resursy i vodnyj balans Kavkaza [Water resources and water balance of the Caucasus]. St. Petersburg, Gidrometizdat, 2002. P. 406—416. [in Russian]
7. Lurye P. M., Panov V. D., Tkachenko Yu. Yu. Reka Kuban: Gidrografiya i rezhim stoka [The Kuban’ River: Hydrography and mode of a drain]. St. Petersburg, Gidrometizdat, 2015. 500 p. [in Russian]
8. Dega N. S., Bayramukova F. S., Borlakov M. S. Metodologicheskie osnovy gidrohimicheskogo monitoringa vodnogo bassejna r. Kubani na territorii Karachaevo-Cherkesskoj Respubliki [Methodological bases of hydrochemical monitoring of the water basin of the Kuban’ River in the territory of the Karachay-Cherkess Republic]. *Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal “Innovacionnaya nauka” [The International scientific journal “Innovatsionnaya Nauka”].* Ufa, nauchno-izdatelskij centr “AETERNA”, 2015. No. 4. P. 169—172. [in Russian]
9. Adzhieva M. M. Geografiya Karachaevo-Cherkesskoj Respubliki [Geography of the Karachay-Cherkess Republic]. Karachaevsk: KChGU, 2017. 252 p. [in Russian]
10. Baichorova E. M., Onishchenko V. V. Geoekologicheskie problemy obrasheniya s tverdymi bytovymi othodami v KChR [Geoekological issues of treatment of the municipal solid waste in the KChR]. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferencii “Nauchny poisk v sovremennom mire” [International scientific and practical the “Are Scientific Searching in the Modern World” conferences].* Mahachkala, OOO “Aprobaciya”, 2014. P. 74—77. [in Russian]

УДК 697.32:696.2:005.334(470.40-21) DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12065

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СЦЕНАРИЕВ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ГАЗОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ (НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ Г. ПЕНЗА)

В. А. Щепетова, *кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», shchepetovav@mail.ru, Пенза, Россия,*
А. Е. Балюков, *магистр ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», shchepetovav@mail.ru, Пенза, Россия*

В статье дана краткая характеристика предприятия «АО «ППО ЭВТ им. В. А. Ревунова». Поставлена цель исследования — попытка проанализировать возможные причины возникновения аварийных ситуаций на предприятии, а также рассмотреть возможные сценарии последствий. Дана краткая характеристика газовой котельной исследуемого предприятия. Рассмотрены возможные причины аварийных ситуаций. Так как вероятность возникновения аварийной ситуации по причине природного характера невелика. Мы уделили особое внимание техногенным воздействиям на исследуемый объект. Была предпринята попытка разработать возможные сценарии возникновения и развития аварийных ситуаций на газовой котельной предприятия, а также возможные негативные последствия для персонала и окружающей среды. Разработана блок-схема анализа вероятных сценариев возникновения и развития аварий и «Дерево событий» развития сценариев аварии на сети газопотребления АО «ППО ЭВТ им. В. А. Ревунова».

The article gives a brief description of the enterprise "JSC" PPO EVT named after V. A. Revunov. The goal of the research is to try to analyze the possible causes of emergency situations in the enterprise, as well as to consider possible scenarios of consequences. The brief description of the gas boiler house of the company under study is given. The possible causes of emergency situations are considered. Since the probability of an emergency due to the natural disaster is not high. We paid special attention to man-made impacts on the object under study. An attempt was made to develop possible scenarios for the occurrence and development of emergency situations at the gas boiler house of the enterprise, as well as possible negative consequences for personnel and the environment. The flowchart has been developed to analyze the likely scenarios for the occurrence and development of accidents and the "Event Tree" for the development of accident scenarios on the gas consumption network of JSC PPO EVT named after V. A. Revunov.

Ключевые слова: риск, аварийные ситуации, газовая котельная, предприятие, прогноз.

Keywords: risk, emergency, gas boiler house, enterprise, forecast.

Введение. Прогнозирование и управление рисками на сегодняшний момент является одной из важнейших задач, решение которой поможет осуществлять безопасное функционирование предприятия [1]. Для ее успешного выполнения нужно провести системный анализ, включающий в себя: выбор проблемы, постановку задачи и ограничение ее сложности, установление иерархии целей и задач, выбор путей решения задачи, моделирование, оценка возможных стратегий, внедрение результатов.

«АО «ППО ЭВТ им. В. А. Ревунова» в Российской Федерации является одним из современных предприятий по производству бытовой техники, электрических и газовых плит, электрических накопительных водонагревателей, а также специализируется на выпуске электронной вычислительной техники.

На промплощадке АО «ППО ЭВТ им. В. А. Ревунова» размещены следующие производства: заготовительное; штамповочное; механической обработки металла; мойка деталей; сварочное и газосварочное; гальваническое; термическое; окрасочное; переработка пластмасс; эмалирование металлических изделий; сборочно-монтажное производство радиоэлектронных деталей; УЗЛ; деревообработка; закрытая отапливаемая стоянка для хранения автотранспорта предприятия; закрытая не отапливаемая стоянка без средств подогрева для хранения автотранспорта предприятия; газовые котельные; другие производства и вспомогательные помещения.

В качестве объекта исследования для разработки возможных сценариев возникновения и развития аварий мы выбрали газовую котельную исследуемого предприятия.

Цель данного исследования состоит в попытке проанализировать возможные причины возникновения аварийных ситуаций на предприятии, а также рассмотреть последствия по возможным сценариям [2].

Для выполнения цели были поставлены следующие задачи: изучить схему технологического процесса котельной; проанализировать метеорологические условия изучаемого района; предложить возможные сценарии развития аварийных ситуаций.

Модели и методы: определялись задачами, целями и сущностью поставленных практических проблем. В связи с этим использовались следующие методы: теоретического уровня: анализ и изучение литературных источников по данной проблеме, нормативных документов; практического уровня: раз-

работка возможных сценариев возникновения и развития аварийных ситуаций на изучаемом объекте [3].

Результаты и обсуждение. Площадь котельной предприятия равна 59,5 м^3. Размер газовой котельной сети газопотребления ОАО «ППО ЭВТ им. В. А. Ревунова», предназначенной для теплоснабжения и горячего водоснабжения — 8,5 × 7,0 × 4,6 м. Объем помещения $V_{общ}$ = = 273,7 м^3. Источником газоснабжения является подземный стальной газопровод.

Для отопления и горячего водоснабжения в котельной установлен стальной водогрейный котел Prexterm-1000 с ручной панелью управления и реверсом пламени в топочной камере, оборудованного газовыми горелками. В качестве топлива используется природный газ низкого давления. Схема газоснабжения котла двухступенчатая, газ от внутриплощадочных сетей газопровода среднего и низкого давления через узел учета и отключающее устройство подается к горелке котла. Расход газа на котел приблизительно составляет 174 м^3/час.

Источником водоснабжения является городской водопровод. От внутриплощадочного водопровода выполнен ввод водопровода в помещение котельной. Тепловая схема котельной закрытая. Система теплоснабжения — двухтрубная. Теплоноситель — горячая вода с параметрами $T_1 - T_2$ = 95 − 70 °С. Заполнение системы производится исходной водопроводной водой под давлением, предварительно обработанной в малогабаритной установке умягчения воды. Подпитка системы автоматическая. Циркуляция воды в системе осуществляется сетевыми циркуляционными насосами фирмы Wilo, Германия.

Изучив литературные источники [4, 5], а также технологический процесс газовой котельной предприятия, мы пришли к выводу, что возможные причины аварийных ситуаций можно условно объединить в три группы: 1) ошибки обслуживающего персонала, бездействие персонала в нештатных ситуациях, несанкционированные действия персонала; 2) разрушение (разгерметизация) технологического оборудования, трубопроводов и арматуры и отказы систем противоаварийной защиты объекта; 3) внешние воздействия природного и техногенного характера.

Любое внешнее воздействие будь то природного или техногенного характера всегда сопровождается поражающими факторами. К внешним воздействиям природного характера можно отнести: наводнение, подтопление, сильный ветер, сильные осадки, заморозки, гроза и т. д. Проанализировав гидрометеорологические условия изучаемой местности, мы пришли к выводу, что расположение исследуемого объекта относится к IV Б климатическому району [6], где возможны неблагоприятные погодные явления: ливневые дожди, штормовые ветры, обильные снегопады, сильные морозы, грозовые разряды, другие неблагоприятные явления. Климат района расположения объекта умеренно-континентальный со значительными годовыми и суточными колебаниями температуры воздуха.

К внешним воздействиям техногенного характера будут относиться: взрывы в соседних технологических блоках; потеря герметичности оборудования, коммуникаций; взрыв и воспламенение газовоздушной смеси, образующейся в оборудовании, и т. д.

Так как вероятность возникновения аварийной ситуации по причине природного характера невелика, мы уделили особое внимание техногенным воздействиям на исследуемый объект.

Возможные сценарии возникновения и развития аварии в газовой котельной на рассматриваемом предприятии представлены в таблице 1.

Возможные варианты развития аварийной ситуации сгруппированы в сценарии по конечным опасным явлениям и представлены в таблице 2.

Таблица 1

Возможные сценарии возникновения и развития аварий в газовой котельной

№ сценария	Описание сценария развития аварии
С1	Разгерметизация газового котла → утечка газа
С2	Разгерметизация газового котла → утечка газа → пожар → воздействие теплового излучения на инфраструктуру объекта и персонал
С3	Разгерметизация газового котла → утечка газа → образование газовоздушной смеси → образование огненного шара → воздействие теплового излучения на инфраструктуру объекта и персонал
С4	Разгерметизация газового котла → утечка газа → образование газовоздушной смеси → взрыв газовоздушной смеси → воздействие ударной волны на инфраструктуру объекта и персонал

Таблица 2

Негативные последствия от различных аварийных ситуаций

Основные последствия аварий	Поражающий фактор
Утечка природного газа	Загрязнение окружающей среды
При наличии источника зажигания, возникновение пожара	Тепловое излучение
Образование ОШ	Тепловое излучение
Взрыв ГВС	Ударная волна

Рис. 1. Блок-схема анализа вероятных сценариев возникновения и развития аварий

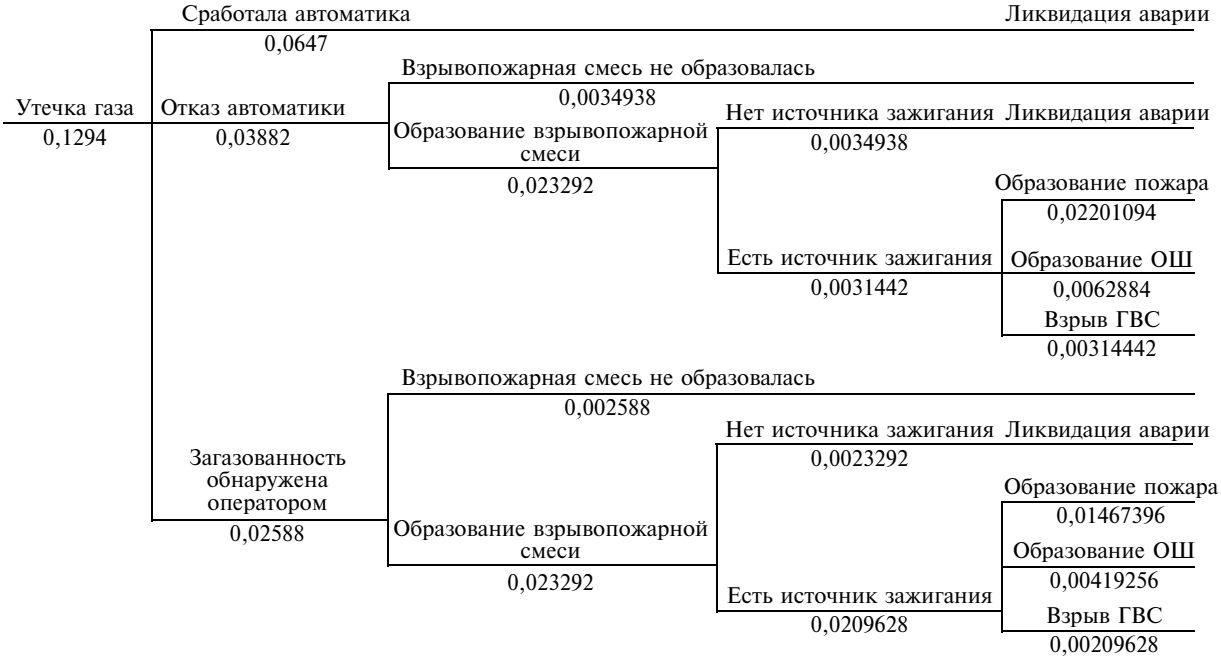


Рис. 2. «Дерево событий» развития сценариев аварии на сети газопотребления АО «ППО ЭВТ им. В. А. Ревунова»

При этом возможны следующие сценарии развития вторичных чрезвычайных ситуаций: 1) мгновенное воспламенение истекающего природного газа с последующим факельным горением; 2) полное разрушение газового котла; 3) разрушение находящегося поблизости газового оборудования под воздействием избыточного давления или тепла при горении пролива; 4) появление трещин в швах или металле корпуса газового оборудования (газопровода).

В обобщенном виде сценарии развития аварии на сети газопотребления АО «ППО ЭВТ им. В. А. Ревунова» представлены в виде блок-схемы анализа вероятных сценариев возникновения и развития аварий, представленной на рисунке 1.

Кроме того, сценарий аварии на сети газопотребления АО «ППО ЭВТ им. В. А. Ревунова» может быть приближенно описан с помощью «дерева событий», приведенного на рисунке 2.

Заключение. Таким образом, проанализировав технологический процесс котельной предприятия, метеорологические условия изучаемого района города, можно предположить вероятные сценарии возникновения и развития аварийных ситуаций,

что позволит выработать более точный план действий персонала предприятия. Создание блок-схемы и описание с помощью «дерева событий» помогает наглядно увидеть развитие событий и негативные последствия для работников и окружающей среды. Кроме того, слаженные действия работников при возникновении аварийной ситуации помогут снизить риск загрязнения среды города.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ; НГР: Р9703399 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, № 30, ст. 3588).
2. Щепетова В. А., Ежов А. О. Разработка противоаварийных мероприятий и мер по ликвидации аварий при обращении с отходами на предприятиях арматуростроения / Образование и наука в современном мире. Инновации. 2017. № 1. С. 369—376.
3. Щепетова В. А., Балюков А. Е. Соблюдение безопасных условий труда на насосной станции при перекачке светлых нефтепродуктов / Образование и наука в современном мире. Инновации. 2018. № 6 (19). С. 267—272.
4. Щепетова В. А., Сорокина Е. С. Анализ устойчивости функционирования объектов и разработка возможных аварийных ситуаций на ООО «Горводоканал» г. Пенза / В сборнике: Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 13 частях. 2013. С. 155—157.
5. Общие правила промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов, утвержденными Постановлением Госгортехнадзора России от 18.10.2002 № 61-А; НГР: В0203221, зарегистрированным Минюстом России 28.11.2002, № 3968 («Российская газета» № 231, 05.12.2002).
6. СП 131.13330.2012 Строительная климатология.

FORECASTING AND DEVELOPING SCENARIOS OF EMERGENCIES IN A GAS BOILER PLANT: A CASE STUDY OF THE ENTERPRISE IN PENZA

V. A. Shchepetova, Ph. D. (Engineering), Associate Professor, FGBOU VO Penza State University of Architecture and Construction, shchepetovav@mail.ru,
A. Ye. Balyukov, Master of FGBOU VO Penza State University of Architecture and Construction, shchepetovav@mail.ru,
Penza, Russia

References

1. Federal`ny`j zakon ot 21.07.1997 N 116-FZ; NGR: R9703399 “O promy`shlennoj bezopasnosti opasny`x proizvodstvenny`x ob``ektov” [“On the industrial safety of hazardous production facilities”]. Sobranie zakonodatel`stva Rossijskoj Federacii. 1997. No. 30, P. 3588 [in Russian].
2. Shchepetova V. A., Ezhov A. O. Razrabotka protivoavarijny`x meropriyatij i mer po likvidacii avarij pri obrashhenii s otxodami na predpriyatiyax armaturostroeniya [Development of the emergency response measures and the measures to eliminate accidents in the treatment of waste in the valve industry]. *Obrazovanie i nauka v sovremennom mire. Innovacii.* 2017. No. 1. P. 369—376 [in Russian].
3. Shchepetova V. A., Balyukov A. E. Soblyudenie bezopasny`x uslovij truda na nasosnoj stancii pri perekachke svetly`x nefteproduktov [Compliance with safe working conditions at the pumping station when pumping light oil]. *Obrazovanie i nauka v sovremennom mire. Innovacii.* 2018. No. 6 (19). P. 267—272 [in Russian].
4. Shchepetova V. A., Sorokina E. S. Analiz ustojchivosti funkcionirovaniya ob``ektov i razrabotka vozmozhny`x avarijny`x situacij na OOO “Gorvodokanal” g. Penza [Analysis of the stability of the operation of facilities and the development of possible emergencies at the LLC Gorvodokanal, Penza]. *V sbornike: Aktual'ny'e voprosy`v nauchnoj rabote i obrazovatel'noj deyatel'nosti sbornik nauchny'x trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii: v 13 chastyax.* 2013. P. 155—157 [in Russian].
5. Obshhie pravila promy`shlennoj bezopasnosti dlya organizacij, osushhestvlyayushhix deyatel`nost` v oblasti promy`shlennoj bezopasnosti opasny`x proizvodstvenny`x ob``ektov, utverzhdenny`mi Postanovleniem Gosgortexnadzora Rossii ot 18.10.2002 N 61-A; NGR: V0203221, zaregistrirovanny`m Minyustom Rossii 28.11.2002, N 3968 [General industrial safety rules for organizations operating in the field of industrial safety of hazardous production facilities, approved by The Decree of the Gosgortekhnadzor of Russia on 18.10.2002 N 61-A; NGR: V0203221. *“Rossijskaya gazeta”.* No. 231. 05.12.2002 [in Russian].
6. SP 131.13330.2012 Stroitel`naya klimatologiya [Construction climatology] [in Russian].

УДК 628.171:691.223:553.571 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12069

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ И ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ

О. А. Чумакова, *ст. преподаватель кафедры «Инженерная экология», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», ie@pguas.ru, Пенза, Россия*

Основным достоинством и мотивацией появления порошковых бетонов нового поколения является возможность использования измельченной или отсеянной тонкой фракции кварцевого песка. Ограниченная область использования мелких природных песков, практически невостребованных в технологии традиционных бетонов, требует расширения рациональной области их применения. Присутствие в составе строительного песка преобладающего количества кварца, значительно активизирующего свои свойства при помоле, способствует увеличению реакционно-химической активности дисперсных частиц кварца. Формирование структуры цементных композиций, модифицированных измельченным строительным песком, обусловлено образованием гидросиликатов кальция. В статье представлены результаты использования мелких строительных песков и техногенных отходов в составе цементных композиций. Показано, что комплексное введение песков и техногенных отходов позволяет повысить прочность бетонов нового поколения и расширить область использования мелких строительных песков месторождений Пензенской области, что способствует значительному ресурсосбережению и развитию экоиндустрии в строительстве.

The main advantage and motivation of the new generation of powdered concrete is the possibility of using crushed or sifted fine fraction of quartz sand. The limited area of use of fine natural sands, almost unclaimed in the technology of traditional concrete, requires the expansion of their rational application. The presence of a predominant amount of quartz in the construction sand, which significantly activates its properties during grinding, increases the reactionary and chemical activity of the dispersed quartz particles. The formation of the structure of cement compositions modified by crushed construction sand is due to the formation of calcium hydrosilicates. The article presents the results of the use of fine construction sands and man-made waste in the structure of cement compositions. It is shown that the integrated introduction of sand and man-made waste can improve the strength of the new generation of concrete and expand the use of fine construction sand deposits of the Penza Region, which contributes to significant resource conservation and development of the eco-industry in construction.

Ключевые слова: состав, цементные композиции, техногенные отходы, строительные пески, бетоны, свойства, плотность, прочность.

Keywords: structure, cement compositions, industrial waste, construction sands, concretes, properties, density and strength.

Введение. Технология получения тяжелых бетонов, в том числе мелкозернистых, предусматривает использование кварцевых песков. В зарубежной промышленности в составах цементных бетонов 15—20 % цемента заменяется тонкодисперсным наполнителем на основе кварца, который заполняет все микропоры, за счет чего увеличивается прочность бетонов, уменьшается их водопоглощение, значительно увеличиваются эксплуатационные свойства бетонов [1, 2]. Основным достоинством и мотивацией появления порошковых бетонов нового поколения является возможность использования измельченной или отсеянной тонкой фракции кварцевого песка. Это отличает реакционно-порошковые бетоны от мелкозернистых (песчаных) и щебеночных бетонов [3, 4].

Цель данного исследования. В настоящей работе представлены результаты использования мелких строительных песков месторождений Пензенской области и техногенных отходов в составе цементных композиций.

Результаты и обсуждения. Строительные пески месторождений Пензенской области в основном относятся к мелкозернистым с низким модулем крупности 1,5...1,8. Ограниченная область использования таких мелких природных песков, практически невостребованных в технологии традиционных бетонов, требует расширения рациональной области их применения. Объемы добычи строительных песков составляют свыше 100 млн м^3. Из них для строительной индустрии используется не более 50 % (сухие строительные смеси, бетоны, силикатные материалы и пр.) [5, 6].

Измельченный кварц (маршалит) используется в различных отраслях промышленности. Известно применение маршалита в качестве тонкодисперсного наполнителя сухих строительных смесей, наливных полов, декоративных штукатурок, термореактивных пластмасс, строительного стекловолокна и медицинского стекла. Учитывая, что маршалит практически полностью состоит из высокопрочного кварца, он идеально подходит как наполнитель для всех видов цементных бетонов. Некоторые производители получают пылевидный кварц помолом кварцевого песка или каменных пород. Ниже приведены физико-технические показатели Ухтинского месторождения кварцевого песка. Используемая фракция 0,05 мм (50 микрон), плотность — 2,55 г/см^3, влажность не более 5 %. Химический состав месторождения представлен следующими оксидами (в %): SiO_2 — 97,30...99,42; Al_2O_3 — 0,10...0,95; Fe_2O_3 — 0,46...0,80; CaO — 0,14...0,70; MgO — до 0,40; $Na_2O + K_2O$ — 0,13...0,33; SO_3 — 0,019; R_2O_3 — 0,9...1,45; п.п.п. — 0,34...0,54. Присутствие в составе строительного песка преобладающего количества кварца, значительно активизирующего свои свойства при помоле, способствует увеличению

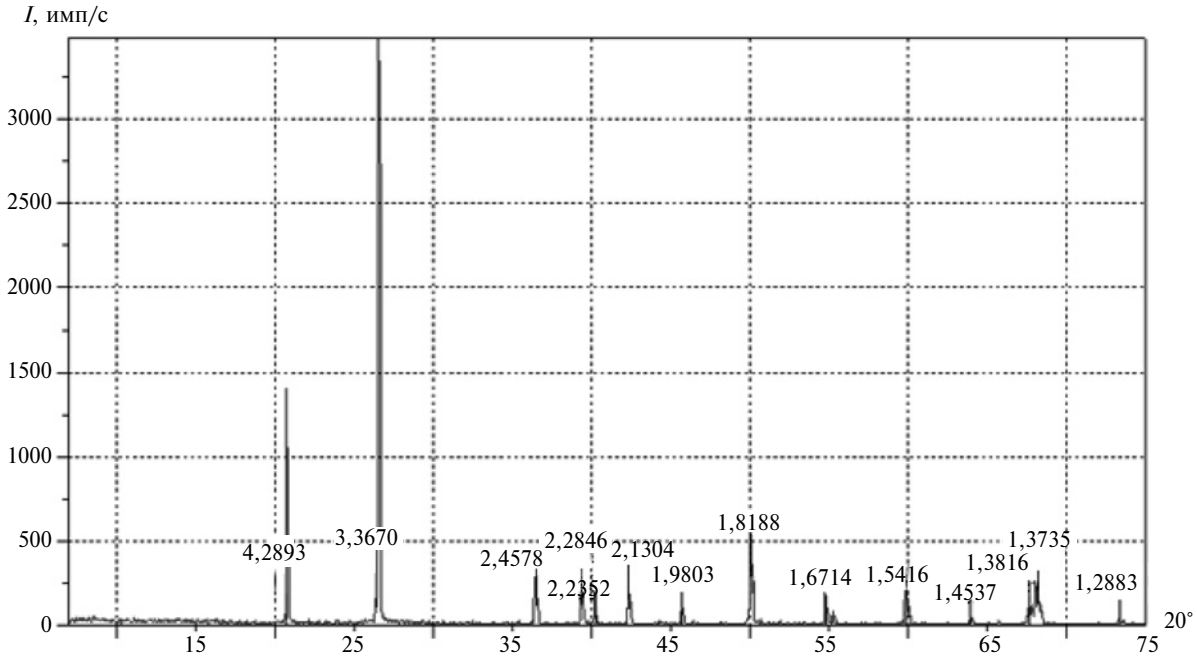


Рис. 1. Рентгенограмма строительного песка

реакционно-химической активности дисперсных частиц кварца. Минералогический состав песка, исходя из результатов рентгенофазового анализа, представлен в основном кварцем (рефлексы 4,2893; 3,670; 2,4580 Å и др.) с незначительным содержанием слюды и полевых шпатов (рис. 1) [5].

Формирование структуры цементных композиций, модифицированных измельченным строительным песком, обусловлено образованием гидросиликатов кальция вида $C_5S_6H_3$ — 3,0377; 2,7883; 1,9265 Å; $C_3S_2H_3$ — 2,7556; 2,4543; 2,1918 Å. Для цементного камня без добавок характерно присутствие портландита $Ca(OH)_2$ — 4,9433; 2,6383 Å. Формируются торбирморитоподобные фазы $xCaOySiO_2zH_2O$: характерные рефлексы $C_5S_6H_3$ — 3,0469; 2,7913; 1,9312 Å; $C_3S_2H_3$ — 2,7565; 2,6558; 2,1979 Å (рис. 2).

Активная форма измельченного аморфизированного кварца взаимодействует с гидролизной известью, выделяемой в процессе гидратации минералов цементного клинкера, с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция.

Благодаря высокой водоредуцирующей эффективности суперпластификатора в тонких прослойках воды интенсивно протекают реакции гидратации, гидролиз минералов цементного клинкера, взаимодействие гидролизной извести (портландита) с тончайшими частицами кварцевого песка с образованием тоберморитоподобной фазы и ксонотлита. Таким образом, исходя из состава и свойств песка, возможно его использование в измельченном виде в качестве модифицирующей добавки цементных композиций.

При разработке составов порошковых бетонов нового поколения использована структурообразующая функция комплексного введения органоминеральных модификаторов (КОМД) из природных и техногенных отходов в сочетании с армирующими элементами из металлокорда. В качестве дисперсных наполнителей таких добавок использовались каменные реакционно-активные порошки на основе строительного песка месторождения с. Ухтинка Пензенской области, измельченного до удельной поверхности $S_{уд}$ = 410 м^2/кг. Органическим компонентом являлся отечественный суперпластификатор С-3, вводимый в количестве 0,9 % от массы цемента. Комплексные органоминеральные добавки (КОМД) обеспечивают повышение физико-механических и эксплуатационных характеристик фибробетона за счет упрочнения цементирующей матрицы. Обеспечение качественных показателей бетонов нового поколения достигается сочетанием высокой прочности стальной проволоки из металлокорда и высокопрочной цементной матрицы [6]. Характеристика составов и оценка физико-механических показателей мелкозернистого порошкового бетона (состав 1), порошкового фибробетона с использованием промышленной фибры (состав 2) и металлокорда (состав 3) представлены в таблицах 1, 2. Для изготовления опытных образцов использовались следующие исходные материалы: портландцемент ПЦ 500 Д0 с удельной поверхностью $S_{уд}$ = 360 м^2/кг; кварцевый песок карьера Песчанка Ртищевского р-на Саратовской области, просеянный через сито 1,25 мм. Модифици-

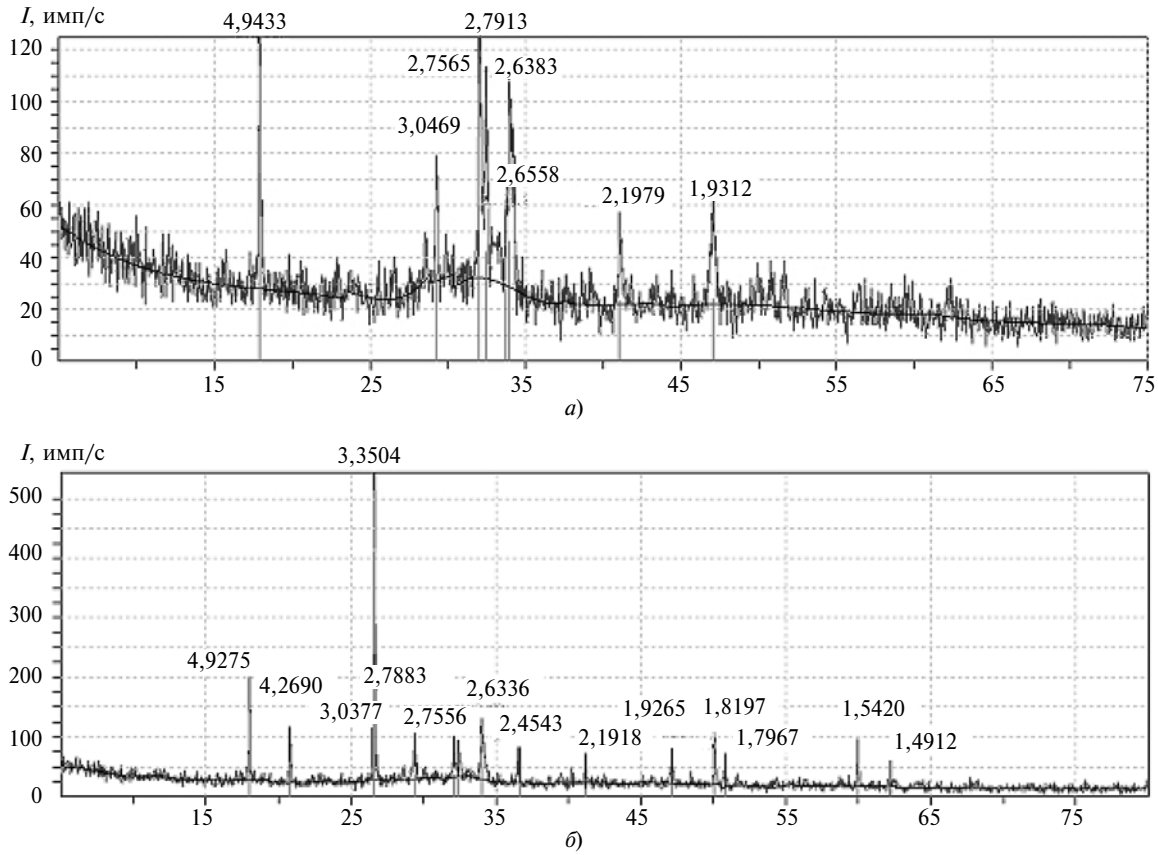


Рис. 2. Рентгенограммы гидратированного цемента:
а) цементный камень без добавок; *б*) — то же, с добавкой, измельченного строительного песка в количестве 20 % от расхода цемента

рование цементной матрицы осуществлялось комплексными органоминеральными добавками. В качестве армирующих элементов принята промышленная стальная фибра производства Белорусского металлургического комбината и металлокорд. Расход фибры не превышал 1,5 % от массы сухой смеси. Соотношение l/d составляло 60 единиц. Водотвердое отношение без учета массы фибры В/Т = 0,1, водоцементное отношение достигало 0,307. Перемешивание бетонной

Таблица 1

Составы порошковых бетонов нового поколения

№ состава	Расход материала на 1 м^3, кг					Фибра, кг	
	Цемент	Мелкий заполнитель	Наполнитель	С-3	Вода	Промышленная	Металлокорд
1	715,0	1473	214,5	7,2	231	—	—
2	709,0	1247	212,7	7,1	207	234	—
3	712,0	1241	213,6	7,1	218	—	234

Таблица 2

Физико-механические и реологические показатели порошковых бетонов

№ состава	В/Ц	Плотность, кг/м^3	Прочность на растяжение при изгибе и сжатии $R_{изг}/R_{сж}$ в возрасте, МПа		
			1 сут	7 сут	28 сут
1	0,320	2376	8,1/52,	10,6/123,6	15,9/125,2
2	0,292	2481	15,0/72,4	19,6/148,8	22,1/180,2
3	0,306	2465	14,4/71,9	20,1/133,1	21,8/178,8

Примечание. Расплыв конуса Хагерманна составляет 295×300 мм.

смеси осуществлялось миксером при скорости вращения 300—600 об/мин.

Заключение. Расширить области использования мелких природных песков, невостребованных в технологии традиционных бетонов, позволяет сочетание реологической активности дисперсных наполнителей из измельченного кварцевого песка с реакционно-химической активностью их по отношению к продуктам гидратации цемента. В связи с широкой распространенностью мелких песков в различных регионах РФ замена промышленного микрокварца способствует значительному ресурсосбережению и развитию экоиндустрии в строительстве.

Библиографический список

1. Баженов Ю. М., Демьянова В. С., Калашников В. И. Модифицированные высокопрочные бетоны: моногр. М.: АСВ, 2007. — 368 с.
2. Демьянова В. С., Макаров М. М., Дярькин Р. А., Кураков П. А. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду путем использования отходов автопромышленного комплекса // Экология урбанизированных территорий. — 2008. — № 4. С. 86—90.
3. Калашников В. И., Ананьев С. В., Хвастунов В. Л., Мороз М. Н. Бетоны нового поколения с низким удельным расходом цемента на единицу прочности // Вестник отделения строительных наук. Москва—Иваново. — 2010. — Вып. 14. Т. 2. С. 27—32.
4. Калашников В. И. Промышленность нерудных строительных материалов и будущее бетонов // Строительные материалы. — 2008. — № 3. С. 20—22.
5. Чумакова О. А., Артемьева Ю. С., Устинова А. А. Рациональные области использования мелких строительных песков месторождений Пензенской области // Сборник трудов Международной научной конференции «Экология, безопасность в техносфере, охрана труда». Пенза: ПГУАС, 2012. — С. 32—36.
6. Гусев А. Д. Эффективные строительные материалы с использованием техногенных отходов: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 05.23.05. — Строительные материалы и изделия. — Пенза. — 2012. — 20 с.

THE USE OF FINE CONSTRUCTION SAND AND TECHNOGENIC WASTE IN CEMENT COMPOSITIONS

O. A. Chumakova, Senior Teacher of the Department of Engineering Ecology,
FGBOU VO "Penza State University of Architecture and Construction", ie@pguas.ru, Penza, Russia

References

1. Bazhenov Yu. M., Dem'yanova V. S., Kalashnikov V. I. Modificirovannye vysokoprochnye betony [Modified high strength concrete]: monogr. Moscow, ASV, 2007. 368 p. [in Russian]
2. Dem'yanova V. S., Makarov M. M., Dyar'kin R. A., Kurakov P. A. Snizhenie tekhnogennoj nagruzki na okruzhayushchuyu sredu putyom ispol'zovaniya othodov avtopromyshlennogo kompleksa [Reducing the anthropogenic impact on the environment through the use of waste from the automotive industry]. *Ehkologiya urbanizirovannyh territorij*. 2008. No. 4. P. 86—90. [in Russian]
3. Kalashnikov V. I., Anan'ev S. V., Khvastunov V. L., Moroz M. N. Betony novogo pokoleniya s nizkim udel'nym raskhodom cementa na edinicu prochnosti [The concrete of the new generation with low specific consumption of cement per unit of strength]. *Vestnik otdeleniya stroitel'nyh nauk*. Moscow-Ivanovo. 2010. No. 14. Vol. 2. P. 27—32. [in Russian]
4. Kalashnikov V. I. Promyshlennost' nerudnyh stroitel'nyh materialov I budushchee betonov [Nonmetallic building materials industry and the future of concrete] *Stroitel'nye materialy*. 2008. No. 3. P. 20—22. [in Russian]
5. Chumakova O. A., Artem'eva Yu. S., Ustinova A. A. Racional'nye oblasti ispol'zovaniya melkih stroitel'nyh peskov mestorozhdenij Penzenskoj oblasti [Rational areas of the use of small building sands from the deposits of the Penza Region] Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii *"Ehkologiya, bezopasnost' v tekhnosfere, ohrana truda"*. Penza: PGUAS, 2012. P. 32—36. [in Russian]
6. Gusev A. D. Ehffektivnye stroitel'nye materialy s ispol'zovaniem tekhnogennyh othodov [Efficient building materials using man-made waste]: *Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskih nauk. Special'nost' 05.23.05. Stroitel'nye materialy i izdeliya*. Penza. 2012. 20 p.

УДК 504.0 56: 574 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12073

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

Л. П. Милешко, *д. т. н., доцент, профессор кафедры техносферной безопасности и химии Южного федерального университета, mileshko.leon@yandex.ru,*
А. С. Камышева, *аспирант Южного федерального университета, a.khlebinskaya@mail.ru,*
В. А. Милашич, *студент Южного федерального университета, milashich2000@mail.ru*

На примере Ростовской области охарактеризованы некоторые пути совершенствования системы обеспечения экологической безопасности этого региона.

За основу методологии обеспечения экологической безопасности на всех уровнях (биосферы, стран, регионов, городов и предприятий) предлагается принять принципы и правила общей теории обеспечения экологической безопасности по автору-составителю Л. П. Милешко.

In the case study of the Rostov Region some ways of the improvement of the system of ensuring ecological safety of this region are characterized.

It is proposed that the principles and rules of the General theory of environmental safety according to the author-compiler L. P. Mileshko should be adopted as the basis of the methodology of ensuring electronic safety at all levels (biosphere, countries, regions, cities and enterprises).

Ключевые слова: экологическая безопасность, экологическая безопасность региона, экологический мониторинг, мультисенсорная система, Ростовская область.

Keywords: environmental security, environmental monitoring, multi-sensor system, Rostov Oblast.

Введение. Экологическая безопасность (ЭБ) является важным, интенсивно развивающимся, разделом современной экологии [1].

В статье 1 Федерального закона № 7-ФЗ от 10 января 2002 г. «Об охране окружающей среды» под ЭБ понимается «состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий».

Система экологической безопасности понимается как совокупность законодательных, технических, медицинских и биологических мероприятий, направленных на поддержание равновесия между биосферой и антропогенными, а также естественными внешними нагрузками [2, с. 314]. Выделяются следующие элементы системы экологической безопасности [2, с. 326]: комплексная экологическая оценка территории, экологический мониторинг, управленческое решение.

В то же время понятие «экологическая безопасность региона» подразумевает безопасность совокупности природных, природно-антропогенных и антропогенных объектов, включая население региона [3].

Методологические основы устойчивого развития региональных социоэколого-экономических систем созданы Ивановым В. А. [4]. Анализ состояния правового обеспечения ЭБ регионов и Российской Федерации в целом показывает, что требуется разработка конкретных законов и нормативно-правовых документов об экологической безопасности, организация их надлежащего исполнения [3, 5].

Общая теория обеспечения экологической безопасности (ОТОЭБ) по автору-составителю Милешко Л. П. в настоящее время содержит 3 принципа и 4 правила и находится на стадии развития, совершенствования и углубления обоснования принципов и правил [6].

В новой редакции:

Принцип 1. Степень обеспечения экологической безопасности ограничена временем и масштабом воздействий: кратковременное воздействие может быть относительно безопасным, а длительное — опасным, изменение в локальных рамках почти не приносящим вреда, а широкомасштабное — катастрофическим (Реймерс Н. Ф., Милешко Л. П., Попова О. В.).

Принцип 2. Любая система представляет собой сопряженность качественных и количественных наборов вещества, энергии и информации, которые пребывают в непрерывном изменении, обусловленном изменением параметров окружающей среды (Реймерс Н. Ф., Куражковский Ю. Н., Бобух Л. В., Бобух К. А., Милешко Л. П., Попова О. В.).

Целью настоящей работы является обобщение основных результатов работ, направленных на поиск возможностей повышения эффективности систем обеспечения регионов России на примере Ростовской области.

Основная часть

Законодательные аспекты обеспечения экологической безопасности

Согласно статье 11 Областного закона Ростовской области от 11 марта 2003 г. № 316-ЗС «Об охране окружающей среды в Ростовской области»:

1. Каждый житель, проживающий на территории Ростовской области, имеет право на благоприятную окружающую среду, не создающую угрозу для состояния здоровья и условий жизнедеятельности.

2. Права и обязанности жителей, проживающих на территории Ростовской области, в сфере охраны окружающей среды устанавливаются Конституцией Российской Федерации, федеральным и областным законодательством.

3. Органы государственной власти Ростовской области создают условия для обеспечения права каждого на благоприятную окружающую среду.

На основании Федеральных законов, других законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации устанавливаются законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации (Областной закон Ростовской области от 25 октября 2002 г. № 275-ЗС «О недропользовании на территории Ростовской области», Областной закон Ростовской области от 3 августа 2007 г. № 747-ЗС «Об охране зеленых насаждений в населенных пунктах Ростовской области», Областной закон Ростовской области от 3 ноября 2006 г. № 578-ЗС «Об экологической экспертизе в Ростовской области», Областной закон Ростовской области от 11 марта 2003 г. № 316-ЗС «Об охране окружающей среды в Ростовской области», Областной закон Ростовской области от 28 декабря 2005 г. № 434-ЗС «Об особо охраняемых природных территориях Ростовской области», Областной закон Ростовской области от 29 марта 2007 г. № 674-ЗС «О полномочиях органов государственной власти Ростовской области в сфере водных отношений», Постановление Правительства РО от 30 августа 2012 г. № 819 «Об утверждении Порядка охраны зеленых насаждений в населенных пунктах Ростовской области» и т. д.).

Правовое обеспечение экономического стимулирования в области охраны окружающей среды в современной России фрагментарно. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» лишь называет основные методы экономического стимулирования в области охраны окружающей среды, детально не устанавливая механизм их реализации.

В настоящее время природопользователи практически не заинтересованы в проведении природоохранных мероприятий, так как это требует высоких финансовых затрат.

Таким образом, государственное принуждение не стимулирует экологически ответственного отношения. Кроме того, меры государственного принуждения применяются уже после причинения вреда окружающей среде, что также не позволяет предотвратить вред, наносимый в результате реализации деятельности природопользователей.

Следовательно, как на федеральном, так и на региональном уровне очень остро стоит проблема упорядочения отношений в сфере взаимодействия природы и человека. Так как упоминалось ранее, Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» ограничивается перечислением отдельных мер экономического стимулирования, детально не раскрывая их.

Что касается регионального законодательства, к примеру, Областной закон Ростовской области от 3 августа 2007 г. № 747-ЗС «Об охране зеленых насаждений в населенных пунктах Ростовской области» устанавливает, что вред окружающей среде, причиненный в результате нарушения требований настоящего Областного закона, подлежит возмещению в порядке, установленном законодательством в области охраны окружающей среды. При этом методика, регламентирующая расчет указанного вреда, отсутствует. Более того, необходимо устранять общие фразы, позволяющие неоднозначно трактовать законы и иные нормативные правовые акты, что является главной проблемой всего законодательства.

Экологический мониторинг

Одним из наиболее опасных классов загрязнителей являются тяжелые металлы. Использование отдельных селективных сенсоров для количественного определения каждого загрязнителя

Технические характеристики ионоселективных электродов

Название	Рабочий диапазон pX	Рабочий диапазон pH	Допустимая температура среды, °C	Основные мешающие ионы
Элит-041(Ca^{2+})	6,0—1,0	3,5—9,0	5—45	Ba^{2+}, Zn^{2+}, Mg^{2+}
Элит-227(Cu^{2+})	6,0—1,0	3,0—7,0	5—50	Fe^{3+}, Ag^{2+}, Hg^{2+}
Элит-231(Pb^{2+})	6,0—1,0	3,0—7,0	5—50	Cu^{2+}, Cd^{2+}, Ag^{2+}, Hg^{2+}
Элит-241(Cd^{2+})	6,0—1,0	3,0—7,0	5—50	Cu^{2+}, Pb^{2+}, Ag^{2+}, Hg^{2+}

представляется недостаточно эффективным методом осуществления мониторинга. Главная причина этого заключается в чувствительности селективного сенсора к нецелевым (мешающим) компонентам анализируемой среды. Поскольку водные среды могут иметь сложный многокомпонентный состав, то это вызывает существенные ограничения в точности измерений традиционными методами.

Таким образом, возникает необходимость в разработке мультисенсорных систем (МСС) — устройств количественного химического экспресс-анализа, в которых вышеуказанный недостаток отдельных сенсоров может быть использован как преимущество.

В настоящей работе прототипом МСС послужил электронный язык — системы химических сенсоров для анализа водных сред [7].

А. В. Легин, А. М. Рудницкая, Ю. Г. Власов и др. доказали возможность проводить потенциометрические измерения, не используя электрод сравнения. В этом случае измеряется разность потенциалов между всеми парами ИСЭ в массиве сенсоров. Некоторые из полученных таким образом значений разностей потенциалов будут избыточными и отбрасываются в процессе обработки данных. Было показано, что аналитические характеристики МСС не зависят от использования электрода сравнения при измерениях [8].

Поэтому в состав предлагаемой МСС для определения ионов кальция, меди, свинца и кадмия входят четыре пары ИСЭ (таблица).

Дальнейший прогресс в плане улучшения массогабаритных показателей МСС видится в применении ионоселективных полевых транзисторов [9].

Выводы. На примере Ростовской области охарактеризованы некоторые пути совершенствования системы обеспечения экологической безопасности этого региона.

Отдельный интерес представляет решение проблемы развития аппаратурного оснащения нового поколения для экологического мониторинга тяжелых металлов в водных и почвенных средах.

Библиографический список

1. Милешко Л. П. Введение в экологическую безопасность // Технологии техносферной безопасности. 2013. № 1 (47). С. 25. https://academygps.ru/ttb
2. Хотунцев Ю. Л. Экология и экологическая безопасность. — М.: Издательский центр «Академия», 2002. — 480 с.
3. Милешко Л. П., Скачкова Е. С. Введение в теорию и методологию обеспечения экологической безопасности регионов // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 1 (65). С. 289—291. https://academygps.ru/ttb
4. Иванов В. А. Методологические основы устойчивого развития региональных социоэколого-экономических систем // Корпоративное управление и инновационное развитие Севера: Вестник научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2011. № 2.
5. Хлебинская А. С., Милешко Л. П., Королева А. И. Состояние законодательного обеспечения экологической безопасности Ростовской области // Технологии техносферной безопасности. 2015. № 6 (64). С. 239—243. https://academygps.ru/ttb
6. Милешко Л. П. Модернизация общей теории обеспечения экологической безопасности // Управление экономическими системами. — 2018. — № 6.
7. Власов Ю. Г., Легин А. В., Рудницкая А. М. Электронный язык — системы химических сенсоров для анализа водных сред // Российский химический журнал. — 2008. — Т. LII. — № 2. — С. 101—112.
8. Власов Ю. Г., Легин А. В., Рудницкая А. М. Мультисенсорные системы типа электронный язык — новые возможности создания и применения химических сенсоров // Успехи химии. — 2006. — Т. 75. — № 2. — С. 141—150.
9. Алхасов С. С., Милешко Л. П., Хлебинская А. С. Принцип функционирования и основные сферы использования ионоселективных полевых транзисторов // Технологии техносферной безопасности, № 5 (57), 2014. https://academygps.ru/ttb

WAYS TO IMPROVE THE SYSTEM OF ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE REGION

L. P. Mileshko, Ph. D. (Engineering), Dr. Habil., Associate Professor, the Department of Technosphere safety and chemistry, Southern Federal University, mileshko.leon@yandex.ru,
A. S. Kamysheva, Postgraduate student,Southern Federal University, a.khlebinskaya@mail.ru,
V. A. Milashich, Undergraduate student, Southern Federal University, milashich2000@mail.ru

References

1. Mileshko L. P. Vvedenie v ehkologicheskuyu bezopasnost'. [Introduction to environmental safety]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*. 2013. No. 1 (47). P. 25. Electronic resource available at https://academygps.ru/ttb
2. Khotuntsev YU. L. Ekologiya i ehkologicheskaya bezopasnost'. [Ecology and environmental safety]. Moscow, Izdatel'skij centr "Akademiya", 2002. 480 p.
3. Mileshko L. P., Skachkova E. S. Vvedenie v teoriyu i metodologiyu obespecheniya ehkologicheskoj bezopasnosti regionov. [Introduction to the theory and methodology of ensuring the ecological safety of regions]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*. 2016. No. 1 (65). P. 289—291. Electronic resource available at https://academygps.ru/ttb
4. Ivanov V. A. Metodologicheskie osnovy ustojchivogo razvitiya regional'nyh socioehkologo-ehkonomicheskih sistem. [Methodological basis for the sustainable development of regional socio-economic systems]. *Korporativnoe upravlenie i innovacionnoe razvitie Severa: Vestnik nauchno-issledovatel'skogo centra korporativnogo prava, upravleniya i venchurnogo investirovaniya Syktyvkarskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2011. No. 2.
5. Khlebinskaya A. S., Mileshko L. P., Koroleva A. I. Sostoyanie zakonodatel'nogo obespecheniya ehkologicheskoj bezopasnosti Rostovskoj oblasti. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*. 2015. No. 6 (64). P. 239—243. https://academygps.ru/ttb
6. Mileshko L. P. Modernizaciya obshchej teorii obespecheniya ehkologicheskoj bezopasnosti. [Modernization of the general theory of environmental safety]. *Upravlenie ehkonomicheskimi sistemami*. 2018. No. 6.
7. Vlasov Yu. G., Legin A. V., Rudnitskaya A. M. Elektronnyj yazyk — sistemy himicheskih sensorov dlya analiza vodnyh sred. [Electronic language — systems of chemical sensors for the analysis of aqueous media]. *Rossijskij himicheskij zhurnal*. 2008. Vol. LII. No. 2. P. 101—112.
8. Vlasov Yu. G., Legin A. V., Rudnickaya A. M. Mul'tisensornye sistemy tipa ehlektronnyj yazyk — novye vozmozhnosti sozdaniya i primeneniya himicheskih sensorov. [Multisensor systems of the type of electronic language — new possibilities for creating and using chemical sensors]. *Uspekhi khimii*. 2006. Vol. 75. No. 2. P. 141—150.
9. Alkhasov S. S., Mileshko L. P., Khlebinskaya A. S. Princip funkcionirovaniya i osnovnye sfery ispol'zovaniya ionoselektivnyh polevyh tranzistorov. [The principle of operation and the main areas of use of ion-selective field-effect transistors]. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*. No. 5 (57), 2014. Electronic resource available at https://academygps.ru/ttb

УДК 332.1 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12077

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ КОНФЛИКТОВ МЕЖДУ НАСЕЛЕНИЕМ И ДОБЫВАЮЩЕЙ КОРПОРАЦИЕЙ

И. Ю. Новоселова, *д. э. н., профессор, Московский государственный институт международных отношений (Университет) Министерства иностранных дел РФ, 76 просп. Вернадского, Москва, Россия, e-mail: iunov2010@yandex.ru*

В статье рассматривается задача прогнозирования возникновения и предотвращения конфликтов между местным населением и добывающей корпорацией при проведении добычи полезных ископаемых в регионе. В настоящей работе предлагается воспользоваться специальной имитационной моделью, базирующейся на ориентированных графах. В статье приводится базовый набор факторов, которые целесообразно использовать при построении имитационной модели. Оценка взаимосвязи и веса воздействия одного фактора на другой реализуется с помощью экспертной оценки. Проведенные прогнозные расчеты наглядно демонстрируют возможности предложенной модели. Отмечается, что данная модель в силу прозрачности может быть использована для анализа социально-экономической ситуации в общественных слушаниях в ресурсном регионе и для вовлечения местного населения к формированию приоритетных компенсационных проектов социально-экономического развития.

Представленная в статье система моделей и методов была реализована авторами в системе MS-Excel — VBA, что позволило провести расчеты для формирования оптимального набора проектов экологически ориентированного развития. Основные положения и выводы статьи могут быть использованы в качестве методической базы и практической основы для обоснования и выбора компенсационных проектов с целью снижения остроты экологических и социальных конфликтов.

The article deals with the problem of predicting the occurrence and prevention of conflicts between the local population and the mining corporation when conducting mining in the region. In this paper, we propose to use a special simulation model based on directed graphs. The article provides a basic set of factors that are appropriate to use when building a simulation model. The assessment of the relationship and the weight of the impact of one factor on another is implemented applying expert judgment. The forecasted calculations clearly demonstrate the capabilities of the proposed model. It is noted that, due to transparency, this model can be used to analyze the socio-economic situation in public hearings in the resource region and to involve the local population in the formation of priority compensation projects for socio-economic development.

The system of models and methods presented in the article was implemented by the authors in the MS-Excel-VBA system, which made it possible to carry out calculations for the formation of an optimal set of projects for environmentally friendly development. The main provisions and conclusions of the article can be used as a methodological basis and a practical basis for substantiating and choosing compensation projects in order to reduce the severity of environmental and social conflicts.

Ключевые слова: компенсационные проекты, ресурсный регион, региональные конфликты, прогнозная модель, ориентированный граф, взаимосвязь факторов, весовая оценка.

Keywords: compensation projects, resource region, regional conflicts, forecast model, oriented graph, interrelation of factors, weight assessment.

Постановка задачи и выбор метода решения

В настоящее время мировая экономика требует поддержания добычи углеводородного сырья и других минерально-сырьевых ресурсов на достигнутом уровне. Для этого происходит освоение новых месторождений в труднодоступных регионах, в том числе в регионах Арктики [1]. Добыча полезных ископаемых последние десятилетия проводится в арктических регионах России [2]. Это сопряжено со значительным негативным воздействием на окружающую среду: отчуждением территорий для обустройства месторождений [3], сокращению биоразнообразия в регионе, уменьшению площадей выпаса оленей, нарушению традиционных путей миграции животных, снижению зарыбленности рек. Кроме того, в результате хозяйственного освоения могут пострадать культурно-религиозные объекты. Для комплексной оценки причиняемого ущерба от добычи природных ресурсов можно воспользоваться специальными подходами, например [4]. Возмещение ущерба, причиняемого горнодобывающими предприятиями в полной мере невозможно [5]. Особую опасность таят нештатные ситуации, загрязнение окружающей среды в случае аварий [6]. Перечисленные факторы негативного влияния приводят к социальным волнениям среди местного населения, стихийным выступлениям против добывающих компаний [7]. Такие конфликты в ресурсных регионах могут спровоцировать серьезные проблемы у добывающих компаний. Поэтому представляется крайне важным иметь экономико-математический инструментарий прогнозирования конфликтов в ресурсных регионах, анализ последствий использования различных механизмов и реализации компенсационных проектов, направленных на ликвидацию социальных волнений.

Среди методов прогнозирования, которые активно применяются при исследовании социально-экономических систем, наиболее известными являются методы, основанные на статистической информации. При этом формируются многофакторные эконометрические модели, позволяющие исследовать изменение основного показателя (например, благосостояния населения) при варьировании входящих в рассматриваемую модель факторов. Недостатком эконометрических моделей является установление между факторами статистических взаимосвязей и наличие обширного объема статистической информации. При исследовании региональных конфликтов статистическая информация практически недоступна, а среди важных факторов, которые должны быть учтены при формировании прогнозной модели, многие являются качественными. Поэтому статистические модели для прогнозирования конфликтов в природопользовании использовать нецелесообразно.

Среди других методов прогнозирования можно выделить методы экспертной оценки. Среди этих методов можно остановиться на методе круглого стола, Дельфы, анкетирования. Перечисленные методы вполне возможно использовать при прогнозировании последствий освоения ресурсных регионов, поскольку они не требуют наличия массивов статистической информации и дают возможность оперировать качественными факторами. Однако в методах простой экспертной оценки отсутствуют обратные связи, присущие реальным социально-экономическим системам. Кроме того, невозможно исследовать изменение рассматриваемых факторов в динамике.

Третья группа методов — имитационные модели социально-экономической динамики. Эти модели позволяют увязать между собой факторы, отражающие реальный экономический процесс или явление. Имитационных моделей, позволяющих исследовать динамику социально-экономических факторов, существует достаточно много, однако модели, использующие ориентированные графы (орграфы), требуют минимальный объем информации и могут быть реализованы с использованием экспертных оценок. При этом эксперты указывают набор факторов, которые должны быть учтены в модели. Эти факторы отражаются в вершинах ориентированного графа. Вершины графа соединяются дугами, которыми показывается непосредственное воздействие одного фактора на другой. Данная процедура достаточно прозрачна, поэтому именно эти модели целесообразно применить для прогнозирования конфликтов в области природопользования, в частности для исследования социальных волнений при добыче природных ресурсов в арктических регионах России. Среди имитационных моделей на орграфах наиболее распространенным являются знаковые и взвешенные модели. Суть знаковых моделей заключается в том, что на дугах воздействия одного фактора на другой ставится знак «–», если влияние обратно пропорциональное или знак «+», если влияние прямо пропорциональное. Более детальная модель с использованием орграфов может быть получена при использовании весовых коэффициентов на дугах орграфа, что позволяет указать силу воздействия одного фактора на другой.

Для моделирования изменения значений факторов в модели используется формула:

$$V_{js} = V_{j(s-1)} + \sum_{i \in I_j} e_{ij} P_{i(s-1)}, \qquad (1)$$

где $V_{js}(V_{j(s-1)})$ — значение j-го фактора на шаге s (шаге $s-1$) расчетов; e_{ij} — весовой коэффициент на дуге воздействия i-го фактора на j-ый фактор; $P_{i(s-1)}$ — значение импульса в i-ом факторе на шаге $(s-1)$, которое определяется по формуле $P_{i(s-1)} = V_{i(s-1)} - V_{i(s-2)}$; I_j — множество факторов i, которые непосредственно влияют на j-ый фактор, т. е. $i \in I_j$.

Модель прогнозирования нарастания конфликта в ресурсном регионе и анализа возможностей его предотвращения

В качестве иллюстрации в данной статье представлено ограниченное число факторов, которые достаточно полно отражают суть конфликта между населением ресурсного региона и добывающей корпорацией. На основе этих факторов была сформирована модель 1, которая дает представление о развитии конфликта без учета компенсационных проектов, финансируемых добывающей корпорацией. В имитационную модель 1 прогноза роста социальной напряженности были включены факторы, представленные в табл. 1.

На рис. 1 представлена модель на орграфе, увязывающая эти факторы.

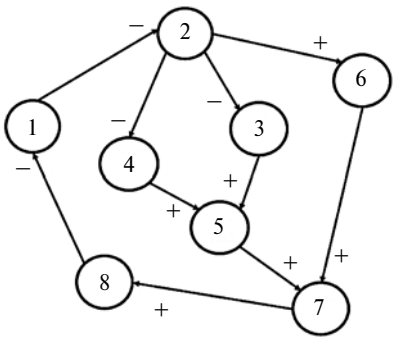


Рис. 1. Орграф для модели 1

Существуют различные подходы к преодолению социальных проблем, возникающих при добыче природных ресурсов на региональном уровне. Среди таких решений весьма интересным представляется создание эко-индустриальных парков [8]. Однако создание таких образований требует значительных средств и времени. Для предотвращения конфликтов и снижения социальной напряженности в ресурсном регионе наиболее просто реализуемыми являются компенсационные проекты, которые должны привести к экономическому и социальному развитию региона. Выплата денежных компенсаций не позволяет устранить конфликт между населением и добывающей корпорацией. Необходимы проекты, связанные с развитием медицинского обеспечения, созданием стационарных пунктов здравоохранения с участием местных кадров, строительством предприятий местной промышленности, созданием средств связи и др. [9]. Для изучения воздействия компенсационных проектов на социальную обстановку в ресурсном регионе была построена модель 2. В этой модели, наряду с факторами, представленными в табл. 1, включен набора факторов из табл. 2.

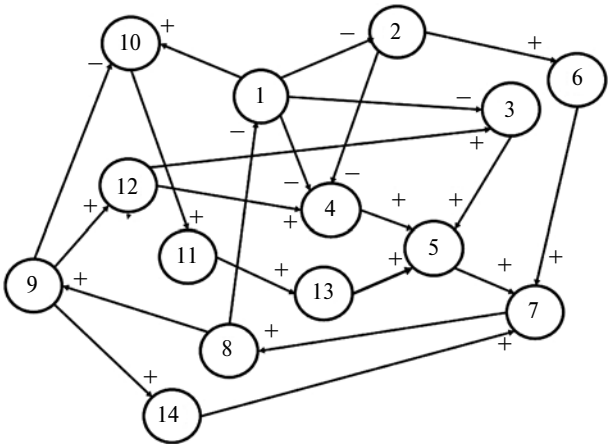


Рис. 2. Орграф для модели 2

С учетом приведенных в табл. 2 факторов модель 2 принимает вид, представленный на рис. 2.

В моделях были использованы весовые коэффициенты, знаки которых соответствовали тем,

Таблица 1

Факторы для построения модели 1 и смысловая нагрузка их балльной оценки

Номер	Наименование фактора	Балльная оценка фактора	
		отрицательная	положительная
1	Добыча полезных ископаемых	Сокращение добычи	Рост добычи
2	Поголовье оленей	Снижение	Рост
3	Зарыбленность рек	Сокращение	Рост
4	Безопасность питьевой воды	Ухудшение качества	Улучшение качества
5	Здоровье населения	Экологически обусловленное ухудшение здоровья	Улучшение здоровья
6	Традиционные промыслы	Сокращение	Развитие
7	Благосостояние населения	Снижение	Рост
8	Социальные обстановка	Ухудшение, выступления против добычи полезных ископаемых	Поддержка населением добычи природных ресурсов в регионе

Таблица 2

Дополнительные факторы для построения модели 2 и смысловая нагрузка их балльной оценки

Номер	Наименование фактора	Балльная оценка фактора	
		отрицательная	положительная
9	Финансирование компенсационных мероприятий	Сокращение	Рост
10	Прибыль корпорации	Снижение	Рост
11	Отчисления в бюджет	Снижение	Рост
12	Охрана подземных вод и открытых водных ресурсов	Малое внимание. Происходит загрязнение воды	Серьезное внимание, происходит улучшение качества воды
13	Развитие здравоохранения	Внимание не уделяется	Создание собственной сети медицинских пунктов
14	Развитие местной промышленности	Отсутствие развития	Рост числа предприятий местной промышленности (выделка шкур, заготовка мяса, заготовка рыбы, обработка кости и др.

Рис. 3. Изменения факторов, полученных на основе выполненных расчетов

которые приведены на дугах орграфов (рис. 1 и 2). В результате проведенных расчетов на основе разработанных моделей были получены два варианта изменения факторов (рис. 3).

В обоих случаях для моделирования было проведено 10 шагов, которые позволяют визуально оценить прогнозируемые изменения и представить общую тенденцию развития социальной обстановки в ресурсном регионе. Результаты расчета по модели 1 (рис. 3, *а*) показывают, что происходит переход общественного восприятия от нейтрального (значение фактора «социальная обстановка» равно нулю) в отрицательную балльную оценку. Что приводит к незначительному сокращению добычи полезных ископаемых. Такое возможно, когда вследствие выступлений активистов из местного населения приходится изменять план добычи, переносить буровые установки, менять площадки добычи полезных ископаемых на менее выгодные. Результаты по второй модели (рис. 3, *б*) демонстрируют поддержку населением деятельности добывающих корпораций в ресурсном регионе. Это сопровождается ростом благополучия населения, развитием местной промышленности, кадров в области медицины и местного производства. В результате интенсифицируется добыча полезных ископаемых, растет прибыль недропользователей и отчисления в бюджет.

В рассмотренных моделях можно менять экономический механизм, рассматривать более детальные варианты компенсационных проектов, выявлять наиболее целесообразное сочетание проектов социально-экономического развития ресурсного региона.

Заключение

Рассмотренный инструментарий прогнозирования был использован при экспериментальных расчетах в арктических регионах добычи полезных ископаемых. Особенностью приведенных моделей прогноза является их прозрачность, что позволяет использовать в общественных слушаниях, использовать партисипативный подход к формированию компенсационных проектов. Приведенный инструментарий прогнозирования последствий реализации различных механизмов предупреждения социальных волнений в ресурсном регионе реализован в виде программного комплекса в среде Excel, для которого написаны специальные макросы, позволяющие выполнять расчеты, базирующиеся на моделях прогнозирования с большим числом факторов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Экономический анализ, прогноз и решение региональных конфликтов при использовании природных ресурсов» № 18-010-00108.

Библиографический список

1. Алиев Р. А. О., Авраменко А. А. Экологические проблемы мирового ТЭК. — Москва. — 2017, 123 с.
2. Потравный И. М., Новоселов А. Л., Генгут И. Б. Формализация общей модели зеленой экономики на региональном уровне // Экономика региона. — 2016. — том. 12, № 3, с. 438—450.
3. Потравный И. М., Новоселов А. Л., Алныкина Е. М. Модели истощения природных ресурсов и оценки прошлого ущерба от загрязнения окружающей среды // Плехановский научный бюллетень. Научный бюллетень Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. — 2015. — № 2 (8). — С. 53—78.
4. Медведева О. Е. Задачи оценки экологического ущерба в арктической зоне // Арктика и Север. — 2015. — № 18. — С. 131—147.

5. Тулупов А. С. Возмещение экологического вреда в экономике горного производства // Горный журнал. — 2017. — № 8. — С. 61—65.
6. Порфирьев Б. Н., Тулупов А. С. Оценка экологической опасности и прогноз экономического ущерба от аварийных ситуаций на промышленных предприятиях // Проблемы прогнозирования. — 2017. — № 6. — С. 37—46.
7. Харченко С. Г., Дорохина Е. Ю. Экологическая безопасность: кризис продолжается // Экология и промышленность России. — 2016. — Т. 20. — № 3. — С. 52—57.
8. Дорохина Е. Ю. Индустриальные и эко-индустриальные парки как средства преодоления региональных конфликтов при использовании природных ресурсов // Проблемы региональной экологии. — 2018. — № 2. — С. 113—118.
9. Горемыкина Г. И., Константинова О. В. Разработка методологии управления инвестиционными проектами на основе их институциональной оценки. РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. — 2017. — № 2. — С. 226—231.

FORECASTING REGIONAL CONFLICTS BETWEEN THE POPULATION AND AN EXTRACTING CORPORATION

I. Yu. Novoselova, Moscow State Institute of International Relations (MGIMO University), 76 Pr. Vernadskogo, Moscow, Russia, e-mail: iunov2010@yandex.ru;

References

1. Aliyev R. A. O., Avramenko A. A. Ekologicheskiye problemy mirovogo TEK. [Environmental problems of world energy industry]. Moscow. 2017. 123 p. [in Russian].
2. Potravnyy I. M., Novoselov A. L., Gengut I. B. Formalizatsiya obshchey modeli zelenoy ekonomiki na regionalnom urovne [Formalization of the general model of green economy at the regional level]. *Ekonomika regiona*. 2016. Vol. 12. No. 3. P. 438—450. [in Russian].
3. Potravnyy I. M., Novoselov A. L., Alnykina E. M. Modeli istoshcheniya prirodnykh resursov i otsenki proshlogo ushcherba ot zagryazneniya okruzhayushchey sredy [Models of exhaustion of natural resources and the assessment of the past damage from environmental pollution]. *Plekhanovskiy nauchnyy byulleten. Nauchnyy byulleten Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova*. 2015. No. 2 (8). P. 53—78 [in Russian].
4. Medvedeva O. E. Zadachi otsenki ekologicheskogo ushcherba v arkticheskoy zone [Problems of the assessment of ecological damage in the Arctic zone]. *Arktika i Sever*. 2015. No. 18. P. 131—147. [in Russian].
5. Tulupov A. S. Vozmeshcheniye ekologicheskogo vreda v ekonomike gornogo proizvodstva [Compensation of an environmental damage in economy of mining]. *Gornyy zhurnal*. 2017. No. 8. P. 61—65. [in Russian].
6. Porfiryev B. N., Tulupov A. S. Otsenka ekologicheskoy opasnosti i prognoz ekonomicheskogo ushcherba ot avariynykh situatsiy na promyshlennykh predpriyatiyakh [Assessment of the ecological danger and the forecast of economic damage from emergencies at industrial enterprises]. *Problemy prognozirovaniya*. 2017. No. 6. P. 37—46. [in Russian].
7. Kharchenko S. G., Dorokhina E. Yu. Ekologicheskaya bezopasnost: krizis prodolzhayetsya [Ecology and the industry of Russia]. *Ekologiya i promyshlennost Rossii*. 2016. Vol. 20. No. 3. P. 52—57 [in Russian].
8. Dorokhina E. Yu. Industrialnyye i eko-industrialnyye parki kak sredstva preodoleniya regionalnykh konfliktov pri ispolzovanii prirodnykh resursov [Ecology and the industry of Russia]. *Problemy regionalnoy ekologii*. 2018. No. 2. P. 113—118 [in Russian] [in Russian].
9. Goremykina G. I., Konstantinova O. V. Razrabotka metodologii upravleniya investitsionnymi proyektami na osnove ikh institutsionalnoy otsenki. [Development of methodology of management of investment projects on the basis of their institutional assessment]. *RISK: Resursy. informatsiya. snabzheniye. konkurentsiya*. 2017. No. 2. P. 226—231 [in Russian].

УДК 911.3:33 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12082

ИНДИЯ — СОЮЗ ШТАТОВ: РАЗДЕЛЕНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Л. С. Паршина, *аспирант, Институт географии Российской академии наук, luybovparshina@gmail.com, Москва, Россия*

В условиях высокой плотности населения и ограниченной площади Индия в первой четверти XXI века сталкивается с острейшими экологическими проблемами, среди которых обезлесение, дефицит водных ресурсов, эрозия почв, опустынивание, загрязнение атмосферы. В стране реализуется множество проектов, направленных на решение экологических проблем, но часто реализация этих проектов осложняется разделением компетенций между Союзом и штатами, утвержденным в конституции. Вариантом решения противоречий может стать выделение новых районов по примеру Зональных Советов, уже действующих в стране. Районы можно выделить, используя бассейновый подход к районированию территории, с дополнениями, основывающимися на социально-экономических характеристиках штатов и дистриктов Индии. Один из отделов министерства сельского хозяйства Индии предложил выделение 35 речных бассейнов, сопоставление которых с типологией штатов Индии по природным и социально-экономическим характеристикам позволяет выделить 10 районов.

В статье рассмотрено распределение компетенций природопользования между Центром и штатами, освещены наиболее актуальные экологические проблемы Индии и попытки их решения, предложен возможный вариант выделения районов страны, основанный на геосистемно-бассейновом принципе районирования и социально-экономическом анализе штатов Индии.

A lot of projects are offered in India to solve the most acute environmental problems of the country, but the implementation is often complicated because of the division of competences between the Union and the states. A solution to the contradictions could be the allocation of new areas following the example of the Zonal Councils. The regions can be identified applying the basin approach to territorial zoning, with some additions that are based on socio-economic characteristics of the states of India. One of the departments of the Ministry of Agriculture of India proposed the allocation of 35 river basins, the comparison of which with the typology of the Indian states according to natural and socio-economic characteristics allows us to distinguish 10 regions. The article discusses the distribution of environmental competences between the center and the states, highlights the most acute environmental problems in India and the approaches to solve them; suggests a possible way of identifying the areas of the country due to the basin principle of zoning and socio-economic analysis of the Indian states.

Ключевые слова: Индия, федерация, природопользование, экологические проблемы, бассейновая концепция, районирование.

Keywords: India, federation, environmental management, environmental issues, basin concept, zoning.

Введение. Индия — многонациональная федерация, конституция которой предусматривает разделение компетенций природопользования между штатами и центральным правительством. На фоне обостряющихся экологических проблем это разделение может тормозить их решение. Изучение и законодательное учреждение крупнейших бассейнов рек как административных образований может стать одним из шагов на пути к устойчивому развитию страны.

Модели и методы. В основе работы — экономико-географический анализ, анализ статистических материалов, ранжирование. Важнейшая информационная база — перепись населения Индии и официальные статистические базы министерств водных ресурсов, лесных ресурсов, сельского хозяйства Индии.

Результаты и обсуждение. Индия состоит из 29 штатов, созданных в основном по лингвистическому принципу, и 7 союзных территорий. Страна обладает сложнейшим национально-языковым составом населения (в переписи учитывается 122 языка [5]), общая численность которого превышает 1,3 млрд чел. (2018 г.) и ежемесячно увеличивается более чем на 1 млн. Население крупнейшего штата страны Уттар-Прадеш превышает население всей Нигерии (7-е место в мире по численности населения), а население Раджастхана сопоставимо с населением Франции. Штаты резко различаются и по размерам площади: штаты Раджастхан, Мадхья-Прадеш и Махараштра по площади превосходят Томскую область, а самые маленькие штаты по площади Гоа и Сикким сопоставимы с Республиками Ингушетия и Адыгея. Такое разнообразие предопределило сложность становления федеративной системы в Индии, которое сопровождалось множеством проблем и противоречий. Индии предрекали «балканизацию», но страна выдержала испытание временем. Выстроенные в Индии федеративные отношения — одна из важнейших основ целостности государства [1].

В Индии утверждена система взаимосвязей между социально-экономическим развитием страны и штатов — полноправных субъектов федерации[1]. По конституции в стране действуют сильный Центр (Союз) и штаты, полномочия которых разграничены и делятся на три категории: компетенции Союза, штатов и совместные компетенции. Разделение полномочий обеспечивается тем, что суды имеют окончательное право толкования Конституции. Союз регулирует вопросы, связанные с развитием современного крупного сектора эко-

[1] Кроме штата Джамму и Кашмир (у которого есть своя конституция, что связано, в первую очередь, с территориальным спором между Индией, Пакистаном и Китаем о принадлежности этой территории).

номики, правительства штатов — вопросы развития мелкой промышленности и сельского хозяйства.

Вопросы природопользования разделены между Союзом и штатами, некоторые из них находятся в совместном ведении. Источники сырья, необходимые для атомной энергетики, и добыча нефти и соли находятся в ведении Союза, добыча остальных минеральных ресурсов — компетенция штатов. Земельные ресурсы и большая часть вопросов сельского хозяйства находятся в компетенции штатов. Водные ресурсы в основном — компетенция штатов: в их ведении находятся водоснабжение, ирригация и каналы, мелиорация и дамбы, водохранилища и гидроэнергетика. В компетенции Союза — регулирование и развитие межштатных рек и речных бассейнов в пределах, в которых такой контроль определен законом Парламента как целесообразный в публичных интересах [2]. Вопросы охраны природы, экономического и социального планирования, торговли относятся к совместной компетенции, что предполагает активное сотрудничество штатов и Центра. В совместном ведении Союза и штатов также производство некоторых масличных и кормовых культур, хлопка-сырца и необработанного джута; биологические ресурсы; фабрики и заводы, кроме газовых заводов [2].

Конституция предусматривает деление штатов и территорий на административные единицы более низкого уровня — дистрикты, которые подразделяются на административные единицы местного самоуправления: грам панчаяты (сельские) и на городские трехуровневые подразделения (в зависимости от размера). Единицы местного самоуправления имеют свой перечень компетенций: земледелие, улучшение земель, малая ирригация, животноводство и рыбная ловля, лесоводство, мелкая промышленность — компетенции сельских образований, регулирование использования городской земли и строительство сооружений, защита окружающей среды, обустройство и улучшение городских трущоб — в компетенции городских [2].

Конституция Индии предоставляет широкие полномочия штатам, которые имеют законодательно закрепленную основу, при этом решение экстренных ситуаций, в том числе спорных ситуаций между штатами, находится в ведении Центра. Некоторые проблемы, которые необходимо решать совместными усилиями, находятся в ведении штатов и органов местного самоуправления. Особенно остро стоят вопросы использования и распределения природных ресурсов.

Индия — быстроразвивающаяся промышленно-сельскохозяйственная страна. Важнейшую роль в экономике страны играет сельское хозяйство с преобладанием растениеводства (15,4 % — доля сельского хозяйства в ВВП, 42,7 % занятых). Индия занимает первое место в мире по поголовью крупного рогатого скота и первые места по производству молока, сахара, хлопка, проса. По данным Wastelands Atlas of India, в 9 штатах доля неиспользуемых земель от площади штата составляет более 20 %, в Джамму и Кашмире — более 50 %; а регион с самой высокой нагрузкой на земельные ресурсы образуют штаты северных низменностей. В Индии происходит обеднение почв, развиваются эрозия и опустынивание.

Для улучшения ситуации в стране с 2015 г. осуществляется программа разработки и распространения «карт почвенного здоровья» (Soil Health Cards). Они включают характеристику почв, рекомендации по землепользованию и севооборотам. В соответствии с программой в 2017 г. около 1 млн фермерских хозяйств получили «карты почвенного здоровья». Совместно с Министерством водных ресурсов также разработан проект ирригации сельского хозяйства (Pradhan Mantri Krishi Sinchai Yojana — Схема премьер-министра по развитию ирригации сельского хозяйства), который предполагает расширение обрабатываемых площадей, улучшение эффективности использования воды в сельском хозяйстве, повсеместное распространение технологий сбережения воды, внедрение устойчивой системы водопользования.

Индия располагает значительными запасами полезных ископаемых — каменного угля, железной руды, бокситов, железа. Крупнейшие промышленные районы страны расположены на территории 9 штатов на западе (Махараштра, Гуджарат), востоке (Западная Бенгалия, Джаркханд, Бихар, Одиша) и юге страны (Андхра-Прадеш, Тамилнаду, Карнатака, Керала). Лидеры по количеству вырабатываемых отходов — штаты запада; в 2013 г. в Индии более 5000 заводов относились к «красной» категории (сильно загрязняющие окружающую среду).

По Индексу экологической эффективности (ИЭЭ) Индия занимает 141-е место (2016) — между Гамбией и Барбадосом [7], 3-е место в мире по выбросу CO_2 (2271 млн т/год) и N_{ox} (239,755 тыс. т/год), 2-е место по выбросам CH_4. В 2011 г. по ИЭЭ наиболее благополучными оказались штаты северо-востока, северные горные штаты Уттаракханд и Химачал-Прадеш и «лесной» штат Одиша. Последние места заняли штаты с развитой промышленностью и сельским хозяйством — Пенджаб, Харьяна, Уттар-Прадеш, Бихар, Джаркханд и Гуджарат.

Острейшая проблема Индии — нарастающий дефицит водных ресурсов. Большая часть речных

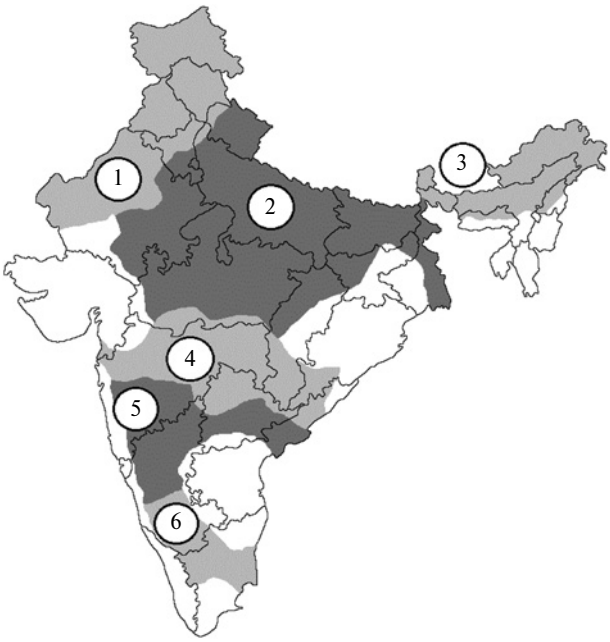


Рис. Крупнейшие речные бассейны Индии и границы штатов. Составлено автором по [6].

Цифрами на картосхеме обозначены бассейны рек: *1* — Инд, *2* — Ганг, *3* — Брахмапутра, *4* — Годавари, *5* — Кришна, *6* — Кавери

бассейнов расположена в пределах нескольких штатов (рисунок), использование которых приводит к возникновению конфликтов. Центральное правительство вмешивается только при обращении одного из штатов с предложениями по решению конфликта; споры между штатами усложняют рационализацию использования Союзом водных ресурсов в общегосударственных масштабах. Проблема усугубляется загрязнением, что особенно характерно для «священной» реки Ганг, которая протекает по территории 5 штатов с населением 437,8 млн человек (32,7 % всего населения страны, 2011 г.) [5] и является одной из наиболее загрязненных рек на планете. С 2011 г. действует Национальная миссия «Чистая Ганга» и общественное движение за сохранение Ганга, но река по-прежнему остается местом для отходов, вырабатываемых на 760 промышленных объектах, определяемых как «сильно загрязняющие окружающую среду». Около 4800 млн литров сточных вод из 118 городов ежедневно сбрасывается в Ганг [10]. Для обеспечения экологической безопасности Гангского бассейна необходимо остановить работу 48 промышленных предприятий, однако это требует решения Верховного суда [4].

В стране разрабатываются проекты по восстановлению водохранилищ, очищению рек и оптимизации использования воды. Один из самых масштабных проектов — создание единой водной системы Индии, который предполагает соединение важнейших речных бассейнов страны, переброску речного стока в засушливые районы, сооружение 30 каналов [9]. Реализация этого грандиозного проекта потребует не одно десятилетие, проведение систематических исследований и огромные капиталовложения.

Одним из вариантов, который мог бы стать шагом на пути к решению проблем Индии — бассейновый, или геосистемно-бассейновый подход к районированию территории. Бассейновая концепция основывается на представлении о бассейне как интегральной природно-хозяйственной системе [3], связанной с формированием экологического каркаса территории.

Формирование этого каркаса подразумевает создание единой системы территориальных комплексов природного и антропогенного происхождения, функционирующих как единое целое. Для этого необходимо выделение бассейнов рек, которые служат «центрами притяжения» или «областью взаимодействия» всех элементов окружающей среды. Отдел Министерства сельского хозяйства, занимающийся исследованиями почв и использования земель (Всеиндийское исследование почв и землепользования, All India Soil and Land Use Survey, AISLUS), предложил разделение территории Индии на 35 бассейнов [11]. Выделение таких районов с дополнениями, которые заключаются в сравнении типологии штатов по соотношению социально-демографических показателей и показателей обеспеченности важнейшими природными ресурсами, могло бы стать следующим шагом на пути страны к устойчивому развитию и формированию экологического каркаса — поскольку для изучения и развития речных бассейнов необходимо учитывать и региональные проблемы.

Для разработки типологии использованы показатели: плотность населения, урбанизированность, индекс человеческого развития, население за чертой бедности, обеспеченность лесными и водными ресурсами, производство сельскохозяйственной продукции на душу населения в штате. Штаты Индии классифицированы на 9 категорий, от наиболее благополучных (1) до самых неблагополучных (9). Поскольку границы речных бассейнов не совпадают с границами штатов, при выделении районов целесообразно использовать дистрикты. Некоторые дистрикты одного штата могут входить в состав одного речного бассейна, другие — в состав соседнего бассейна. Основываясь на классификации, выделенной AISLUS, можно выделить 10 «речных районов» (таблица).

Вариант разделения Индии по бассейновому принципу.
*** I — Бассейн, реки, природные объекты / агроклиматические районы, II — Состав, III — Группа штата (по типологии); (1) — штат полностью; (2) — несколько дистриктов штата**

I	II	III	I	II	III
Инд и его притоки / Западные Гималаи, Предгангские равнины	Джамму и Кашмир (1)	4	Бассейн Кавери / Южные плато и нагорья, Плато и нагорья западного побережья	Тамил Наду (1)	1
	Химачал-Прадеш (1)	4		Карнатака (2)	5
	Пенджаб (1)	1		Андхра-Прадеш (2)	1
Верхнее течение Ганга / Долина верхнего Ганга, Западные Гималаи	Уттар-Прадеш (2)	8	Кришна-Годавари / Западные плато и нагорья, Южные плато и нагорья, Восточные плато и нагорья	Карнатака (2)	5
	Уттаракханд (1)	1		Андхра-Прадеш (2)	1
				Махараштра (2)	1
				Телингана (1)	1
				Одиша (2)	6
Притоки Ганга (Ямуна, Чамбал) + Луни, участок пустыни Тар на территории Раджастхана и Харьяны / Предгангские равнины, Долина среднего Ганга, Центральные плато и нагорья	Харьяна (1)	3	Махи, Нармада, Сабарматы и другие реки, впадающие в залив Кач / Центральные плато и нагорья, Западные плато и нагорья, Равнины и нагорья Гуджарата	Раджастхан (2)	3
	Уттар-Прадеш (2)	8		Мадхья-Прадеш (2)	6
	Раджастхан (2)	3		Гуджарат (1)	3
	Мадхья-Прадеш (2)	6			
Нижнее течение Ганга / Долина нижнего Ганга, Восточные плато и нагорья	Бихар (1)	9	Мыс Коморин — Шаравати — Тапи / Плато и нагорья западного побережья	Керала (1)	4
	Джаркханд (2)	9		Гоа (1)	2
	Западная Бенгалия (2)	5		Махараштра (2)	1
	Чхаттисгарх (2)	6		Карнатака (2)	5
Бассейн Брахмапутры / Восточные Гималаи	Западная Бенгалия (2)	5	Маханади, междуречье Ганга и Маханади / Восточные плато и нагорья	Джаркханд (2)	9
	Штаты северо-востока (1)	2, 4, 5, 6, 7		Одиша (2)	9
				Чхаттисгарх (2)	6

Изучение и развитие этих бассейнов совместными усилиями штатов, расположенных в этих районах, и правительства Индии могло бы способствовать развитию и конкретных районов, и штатов в целом.

Заключение. В Индии поставлена цель развития кооперативного федерализма — совершенствования отношений между штатами и Центром, усиления региональной и общегосударственной интеграции страны. В условиях обострения природно-экологических проблем в Индии разрабатываются программы рационализации природопользования и перехода к устойчивому развитию. Важную роль в их осуществлении играет сотрудничество штатов между собой, оптимизация использования общих речных бассейнов и других природных ресурсов. Изучение и развитие бассейнов рек, комплексный подход к решению экологических проблем — один из шагов на пути к устойчивому развитию государства.

Библиографический список

1. Индия: страна и ее регионы // под ред. Е. Ю. Ваниной. — М.: Эдиториал УРСС, 2000. — 360 с.
2. Маклаков В. В. Конституции зарубежных государств: учебное пособие // В. В. Маклаков. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Волтерс Клувер, 2003. — 624 с.
3. Башалханова Л. Б. Ресурсное измерение социальных условий жизнедеятельности населения Восточной Сибири // Л. Б. Башалханова, В. Н. Веселова, Л. М. Корытный. — Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2012. — 221 с. — С. 20—21.
4. Сдасюк Г. В. Эволюция водопользования в Индии и государственное управление развитием // Известия РАН. Серия географическая. — 2015. — № 6. — С. 80—89.
5. Census of India 2011. Office of the Registrar General & Census Commissioner, India. Ministry of Home Affairs [Электронный ресурс], URL: http://censusindia.gov.in/, дата посещения 21.11.2018.

6. Centre for Coastal Zone Management and Coastal Shelter Belt. Ministry of Environment, Forests & Climate Change [Электронный ресурс], URL: http://www.iomenvis.nic.in, дата посещения 23.11.2018.
7. Environmental Performance Index [Электронный ресурс], URL: https://epi.envirocenter.yale.edu/, дата посещения 9.01.2019.
8. Forest Survey of India. Ministry of Environment, Forests & Climate Change [Электронный ресурс], URL: http://fsi.nic.in/forest-report-2017, дата посещения 18.11.2018.
9. Ministry of Water recourses, river development & Ganga rejuvenation. Interlinking of rivers. [Электронный ресурс], URL: http://mowr.gov.in/schemes-projects-programmes/schemes/interlinking-rivers, дата посещения 9.01.2019.
10. National Mission for Clean Ganga. Ministry of Water Recourses, River Development & Ganga Rejuvenation [Электронный ресурс], URL: https://nmcg.nic.in, дата посещения 8.01.2019.
11. Soil and Land Use Survey of India. Department of Agriculture, Cooperation & Farmers Welfare. Ministry of Agriculture & Farmers Welfare [Электронный ресурс], URL: https://slusi.dacnet.nic.in/, дата посещения 21.11.2018.

INDIA, THE UNION OF STATES: SHARING ENVIRONMENTAL COMPETENCIES

L. S. Parshina, Post-graduate student, Institute of Geography Russian Academy of Sciences (IG RAS), luybovparshina@gmail.com, Moscow, Russia

Referenses

1. Vanina E. Yu. Indiya: strana i ee regiony [India: the country and its regions], Moscow: Editorial URSS, 2000, 360 p. (in Russian).
2. Maklakov V. V. Konstitucii zarubezhnyh gosudarstv: uchebnoe posobie [Constitutions of foreign countries: a textbook], Moscow: Volters Kluver, 2003, 624 p. (in Russian).
3. Bashalhanova L. B., Veselova V. N., Korytnyj L. M. Resursnoe izmerenie socialnyh uslovij zhiznedeyatelnosti naseleniya Vostochnoj Sibiri [Resource dimension of social conditions of life of the population of Eastern Siberia], Novosibirsk: Akademicheskoe izdatelstvo “Geo”, 2012, p. 20—21. (in Russian).
4. Sdasyuk G. V. Evolyuciya vodopolzovaniya v Indii i gosudarstvennoe upravlenie razvitiem [The evolution of water use in India and state development management], Moscow: Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya, 2015, № 6, P. 80—89. (in Russian).
5. Census of India 2011. Office of the Registrar General & Census Commissioner, India. Ministry of Home Affairs, available at: http://censusindia.gov.in/, date of access 21.11.2018.
6. Centre for Coastal Zone Management and Coastal Shelter Belt. Ministry of Environment, Forests & Climate Change, available at: http://www.iomenvis.nic.in, date of access 23.11.2018.
7. Environmental Performance Index, available at: https://epi.envirocenter.yale.edu/, date of access 9.01.2019.
8. Forest Survey of India. Ministry of Environment, Forests & Climate Change, available at: http://fsi.nic.in/forest-report-2017, date of access 18.11.2018.
9. Ministry of Water recourses, river development & Ganga rejuvenation. Interlinking of rivers, available at: http://mowr.gov.in/schemes-projects-programmes/schemes/interlinking-rivers, date of access 9.01.2019.
10. National Mission for Clean Ganga. Ministry of Water Recourses, River Development & Ganga Rejuvenation, available at: https://nmcg.nic.in, date of access 8.01.2019.
11. Soil and Land Use Survey of India. Department of Agriculture, Cooperation & Farmers Welfare. Ministry of Agriculture & Farmers Welfare, available at: https://slusi.dacnet.nic.in/, date of access 21.11.2018.

УДК 332.1 DOI: 10.24411/1728-323X-2019-12087

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОШЛОГО УЩЕРБА НА УРОВНЕ РЕГИОНА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

А. Л. Новоселов, *доктор экономических наук, профессор кафедры математических методов в экономике РЭУ им. Г. В. Плеханова, alnov2004@yandex.ru,*
В. А. Лобковский, *кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт географии РАН, v.a.lobkovskiy@igras.ru*

Анализ прошлого ущерба в регионах страны, разработка проектов и программ ликвидации накопленных загрязнений требует специального инструментария экономической оценки, позволяющей учесть причиненный ущерба за прошедшие до года оценки периоды. В статье раскрывается инновационный подход к экономической оценке прошлого (накопленного) ущерба, учитывающий абсорбцию территории региона и фактор времени. Поскольку данные о загрязнении в прошлые периоды не являются, в общем случае, достоверными, то в качестве информационной базы используется минимальная, ожидаемая и максимальные оценки. На основе этих оценок предложено проводить вероятностный расчет прошлого (накопленного) ущерба в регионе. Приведен алгоритм реализации предложенного подхода и численный расчет с использованием специально разработанного программного обеспечения.

The analysis of the accumulated damage in the regions of the country, the development of projects and programmes for the elimination of accumulated pollution requires special means for economic assessment, allowing us to take into account the damage caused over the past periods before the year of assessment. The article reveals an innovative approach to the economic assessment of the past (accumulated) damage, taking into account the absorption of the region's territory and the time factor. Since the data on pollution in the past periods are not reliable in general, the minimum expected and the maximum estimates are used as an information base. Due to these estimates, it is proposed to conduct a probabilistic calculation of the past (accumulated) damage in the region. An algorithm for the implementation of the proposed approach and numerical calculation applying specially developed software is given.

Ключевые слова: экономическая оценка, накопленное загрязнение, дисконтирование, абсорбция загрязнений, треугольный закон распределения, метод Монте-Карло, алгоритм расчета.

Keywords: economic assessment, accumulated pollution, discounting, pollution absorption, triangular distribution law, Monte-Carlo method, calculation algorithm.

Введение. Постановка задачи

Экономическое развитие всех стран мира постоянно приводило к накоплению вредных веществ в природной среде. С XIX веке этот процесс резко усилился, и природная среда уже не справлялась с негативным антропогенным воздействием. Начиная с середины XX века прогрессивные страны приступили не только к снижению текущего загрязнения, созданию чистых технологий, но и к разработке методов оценки и ликвидации, накопленных за прошлые периоды загрязнения окружающей среды [1]. По оценкам Минприроды России, в настоящее время в России накоплено более 32 млрд. т твердых отходов добывающих предприятий. Горные отвалы приводят к изменению ландшафта, отчуждению земельных площадей, вторичному загрязнению окружающей среды [2]. В стоимостном выражении величина ущерба от прошлой деятельности, по экспертной оценке Минприроды России составляет около 6 % валового внутреннего продукта. В силу отсутствия методического инструментария экономическая оценка накопленного (прошлого) ущерба не проводится [3]. Это приводит к включению в программы экономически необоснованных мероприятий, отсутствию механизма справедливого распределения инвестиций по ликвидации накопленного ущерба между регионами, невозможности установления их приоритетности. Это обусловливает актуальность разработки универсального методического инструментария экономической оценки прошлого (накопленного) ущерба.

Модель вероятностной оценки прошлого ущерба

В настоящее время утвержденных предлагается оценивать прошлый (накопленный) ущерб исходя из инвентаризации состояния анализируемой территории. Такой подход позволяет фиксировать фоновое содержание вредных веществ в природных средах и исходя из этого определить экономическую оценку ущерба. Действительно, фоновое содержание вредных веществ дает представлении о накопленном загрязнении, которое приводит к снижению биоразнообразия, экологически обусловленным заболеваниям населения [4]. Однако, проблема стоит в оценке накопленного за предшествующие года ущерба, который не может быть оценен исходя из фонового загрязнения. Методик экономической оценки накопленного (прошлого) ущерба от прошлой хозяйственной деятельности утвержденных официально не существует [5]. В то же время,

разработан перспективный подход, претендующий на общеприменимую укрупненную методику экономической оценки накопленного ущерба от прошлой деятельности [6]. Особенностью этого подхода является преемственность с утвержденными методиками экономической оценки текущего (годового) ущерба, причиненного загрязнение компонент окружающей среды, например, методикой [7].

В основе предложенного подхода положен учет двух факторов — сокращения загрязнения за счет абсорбции и изменения экономической оценки ущерба с учетом фактора времени. Абсорбция отражает способность природной среды без саморазрушения и потери устойчивости разлагать и устранять загрязняющие вещества. Экономическая оценка корректируется на дисконтный множитель с целью перевода к году оценки [8]. По приведенной ниже формуле определяется накопленный ущерб за период от года t до года T:

$$y_t^{Acc} = (1 + r)^{T-1} \sum_{s=t}^{T} (y_t \times a^{s-t}), \qquad (1)$$

где y_t — причиненный за год t ущерб, приведенный с учетом влияния на его величину абсорбции и инфляции к конечному году T;

a — коэффициент абсорбции;

r — коэффициент дисконтирования (равный средней ставке пяти ведущих в год T);

$(1 + r)^{T-s}$ — дисконтный множитель, позволяющий перевести стоимостную оценку ущерба от года s к конечному (современному) году оценки T;

t — год в рамках периода накопления ущерба, $t = \overline{t_0, T}$;

s — текущий момент времени в рамках периода от t до T;

t_0 — год, принимаемый за исходный (с которого начал накапливаться ущерб);

T — год, принимаемый за конечный (для которого рассчитывается прошлый ущерб).

Для получения окончательной величины накопленного ущерба по всем годам t (с года t_0 по год T), необходимо просуммировать накопленный на каждый момент времени t ущерб по всем годам. Тогда, исходя из (1) суммарная величина накопленного ущерба за все рассматриваемые годы рассчитывается по формуле:

$$y^{Sum} = \sum_{t=t_0}^{T} y_t^{Acc}. \qquad (2)$$

Поскольку каждый год в прошлом периоде было причинено загрязнение окружающей среды, то все эти объемы загрязнения необходимо учесть при расчете прошлого ущерба. На основе формул (1, 2) можно получить итоговую формулу экономической оценки накопленного (прошлого) ущерба:

$$y^{Sum} = \sum_{t=t_0}^{T} \sum_{s=t}^{T} (y_t \times a^{s-t} \times (1 + r)^{T-s}), \qquad (3)$$

На практике достаточно сложно найти точную оценку объемов загрязнения в прошлые года, если эти объемы не были зафиксированы в статистических отчетностях. Отсюда возникает необходимость проведения расчетов в условиях неопределенности исходных данных о загрязнении окружающей среды за прошлые периоды.

При экономической оценке накопленного ущерба с учетом неопределенности (неточности) объемов загрязнения окружающей среды, их значения устанавливаются в виде диапазона (минимальное и минимальное значения) и наиболее ожидаемой величины. Эти данные позволяют воспользоваться либо методом Монте-Карло, либо методом теории нечетких множеств [9]. Для вероятностной оценки прошлого ущерба применение метода Монте-Карло дает возможность достичь требуемую точность расчета путем роста числа испытаний. Алгоритм вероятностной оценки прошлого ущерба требует выполнения следующих шагов:

1. Расчет годовых величин ущерба от загрязнения окружающей среды в интервальной форме за прошлые периоды $t = 1, 2, ..., T$, т.е. для минимальных (*min*), ожидаемых (*av*) и максимальных (*max*): $y_t^{\min}$, y_t^{av} и $y_t^{\max}$.

2. Присвоение счетчику числа испытаний методом Монте-Карло $k = 1$. Задание числа испытаний метода Монте-Карло — N.

3. Определение случайных значений ущерба $y_t(\omega)$ для $t = 1, 2, ..., T$ по формуле:

$$y_t(\omega) = \begin{cases} y_t^{\min} + \sqrt{\omega (y_t^{av} - y_t^{\min})(y_t^{\max} - y_t^{\min})} \\ \text{при } \omega \le (y_t^{av} - y_t^{\min})(y_t^{\max} - y_t^{\min})^{-1}; \\ y_t^{\min} - \sqrt{(1-\omega)(y_t^{\max} - y_t^{av})(y_t^{\max} - y_t^{\min})} \\ \text{при } \omega > (y_t^{av} - y_t^{\min})(y_t^{\max} - y_t^{\min})^{-1}, \end{cases} \qquad (4)$$

где ω — случайное равномерно распределенное число, генерируемое датчиком случайных чисел. Данная формула позволяет преобразовать равно-

Таблица 1

Схема формирования границ интервалов

Номер интервала	Границы интервала	
	Левая граница	Правая граница
$k = 1$	$\max_k \{y_k\} - d$	$\max_k \{y_k\}$
$k = 2$	$\max_k \{y_k\} - 2d$	$\max_k \{y_k\} - d$
$k = 3$	$\max_k \{y_k\} - 3d$	$\max_k \{y_k\} - 2d$
И т.д.		

мерно распределенное число в случайное число, распределенное в соответствии с треугольным законом распределения, задаваемым значениями $y_t^{\min}$, y_t^{av} и $y_t^{\max}$.

4. Расчет прошлого (накопленного) ущерба по формуле:

$$y_k = \sum_{t=t_0}^{T} \sum_{s=t}^{T} (y_t(\omega) \times a^{s-t} \times (1+r)^{T-s}), \quad (5)$$

5. Приращение счетчика испытаний: $k = k + 1$.

6. Проверка: $k > N$? Если да, то переход к шагу 7; в противном случае — переход к шагу 3.

7. Определение величины интервала для построения полигона частот:

$$d = \frac{\max_k \{y_k\} - \min_k \{y_k\}}{n}, \quad (6)$$

где n — количество интервалов.

8. Формирование границ интервалов так, как показано в табл. 1.

9. Определение числа попаданий C_k вычисленных значений прошлого (накопленного) ущерба в интервалы $k = 1, 2, ..., N$

10. Определение нормированного числа попаданий R_k в интервалы $k = 1, 2, ..., N$ по формуле:

$$R_k = \frac{C_k}{N}, \quad k = 1, 2, ..., N. \quad (7)$$

11. Для расчета вероятности получения соответствующих значений прошлого ущерба положим $P_1 = 100$ %. Вероятности для остальных величин прошлого ущерба определяются последовательно на основе следующей цепочки расчетов:

$$P_k = P_{k-1} - R_{k-1} \times 100, \quad k = 2, 3, ..., N. \quad (8)$$

Полученные вероятностные оценки позволяют построить график вероятностной оценки прошлого ущерба, причиненного за T прошедших лет в регионе.

Пример расчета прошлого ущерба в условиях неопределенности

Рассмотрим прошедший период 2012—2018 гг. Для этого периода проведена экономическая оценка годовых величин ущерба исходя из минимального, ожидаемого и максимального уровне загрязнения (табл. 2). В этой же таблице приведены

Коэффициент абсорбции для данного региона равен 0,95; ставка дисконтирования — 0,11. Для понимания особенностей расчета прошлого ущерба с использованием формул (1—3) в табл. 3 приведен расчет прошлого ущерба на основе ожидаемых данных, т.е. y_t^{av}, $t = 1, 2, ..., 7$.

Минимальное значение прошлого ущерба равно 425 615,79 млн. руб., максимальное — 471 028,83 млн. руб. Пусть необходимо построить полигон частот для $n = 9$ интервалов. Тогда, исходя из формулы (6) величина интервала будет равна

$$d = \frac{\max_k \{y_k\} - \min_k \{y_k\}}{n} =$$

$$= \frac{471\,028{,}83 - 425\,615{,}79}{9} = 5045{,}89 \text{ млн. руб.}$$

Границы интервалов, число попаданий, нормированное число попаданий и вероятности, полученные на основе формул (7, 8) приведены в табл. 4.

Таблица 2

Исходные данные для примера расчета вероятностной оценки прошлого ущерба в регионе

Год	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Минимальная экономическая оценка ущерба $y_t^{\min}$, млн. руб.	13 300	11 100	12 500	6 400	18 500	17 900	19 100
Ожидаемая экономическая оценка ущерба y_t^{av}, млн. руб.	14 000	12 000	13 500	14 000	19 000	18 600	19 550
Максимальная экономическая оценка ущерба $y_t^{\max}$, млн. руб.	14 200	12 600	13 800	14 600	19 700	19 100	20 000

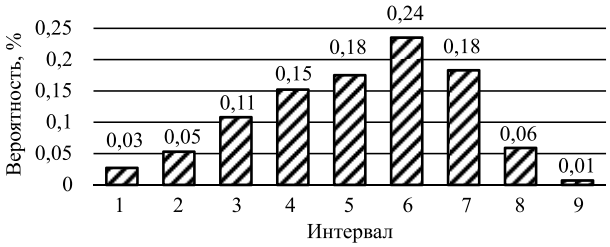


Рис. 1. Полигон частот для накопленного ущерба, полученный методом Монте-Карло

На основе нормированного числа попаданий можно построить полигон часто (рис. 1).

Вероятность получения накопленного ущерба представлена в последнем столбце табл. 3. Используя полученные результаты расчетов, целесообразно построить график вероятностной оценки прошлого ущерба (рис. 2).

Исходя из графика видно, что прошлый ущерб в пределах первого интервала практически равновероятен. С 90 % вероятностью будет получена

Таблица 3

Пример расчета накопленного ущерба для ожидаемая экономическая оценка ущерба

Год	Приведение экономической оценки ущерба прошлых лет к 2018 году, тыс.руб.													
	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	A[1]	B[1]	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
2012	14000,0	26185,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2013	13300,0	22411,3	12000,0	20220,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2014	12635,0	19180,8	11400,0	17306,0	13500,0	20494,0	—	—	—	—	—	—	—	—
2015	12003,3	16416,0	10830,0	14811,4	12825,0	17539,9	14000,0	19146,8	—	—	—	—	—	—
2016	11403,1	14049,7	10288,5	12676,5	12183,8	15011,6	13300,0	16386,9	19000,0	23409,9	—	—	—	—
2017	10832,9	12024,6	9774,1	10849,2	11574,6	12847,8	12635,0	14024,9	18050,0	20035,5	18600,0	20646,0	—	—
2018	10291,3	10291,3	9285,4	9285,4	10995,8	10995,8	12003,3	12003,3	17147,5	17147,5	17670,0	17670,0	19550,0	19550,0
Итого, прошлый ущерб за год, млн. руб./год	—	120559,5	—	85149,2	—	76889,02	—	61561,86	—	60592,9	—	38316	—	19550,00

[1] А — ущерб с учетом абсорбции.
[2] В — ущерб с учетом дисконтирования.
Прошлый (накопленный) ущерб составляет сумму годовых значений, т.е. 462 618,48 млн.руб. за период 2012—2018 гг.

Таблица 4

Результаты оценки накопленного ущерба методом Монте-Карло и их обработка

Интервал	Граница интервала прошлого ущерба, млн. руб.		Число попаданий	Нормированное число попаданий, доли	Накопленная вероятность, %
	левая	правая			
1	465 982,93	471 028,83	7	0,007	100,00
2	460 937,04	465 982,93	59	0,059	99,30
3	455 891,15	460 937,04	184	0,184	93,39
4	450 845,26	455 891,15	235	0,235	75,08
5	445 799,36	450 845,26	175	0,175	51,55
6	440 753,47	445 799,36	152	0,152	34,03
7	435 707,58	440 753,47	108	0,108	18,82
8	430 661,69	435 707,58	53	0,053	8,01
9	425 615,79	430 661,69	27	0,027	2,70

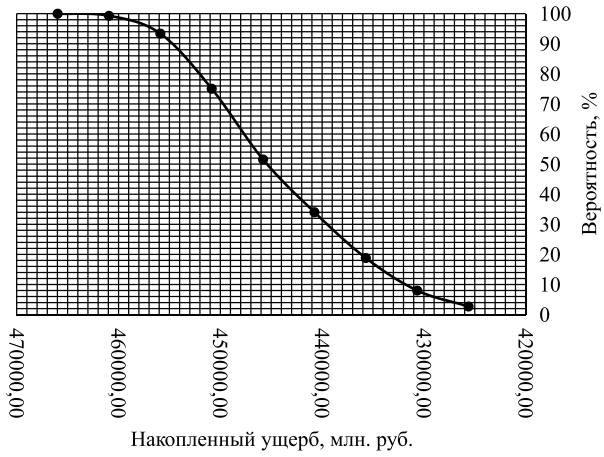


Рис. 2. График вероятностной оценки накопленного ущерба

оценка прошлого ущерба около 460 000,0 млн. руб. (второй интервал). Далее идет резкое снижение вероятности для 3—6 интервалов. Входящие в эти интервалы значения оценки прошлого ущерба мало вероятно будут иметь место в действительности.

Заключение

Данный подход был разработан и впервые использован авторами статьи при формировании Федеральной целевой программы, направленной на социально-экологическую реабилитацию г. Чапаевска Самарской области. При разработке программы ликвидации накопленного экологического ущерба в арктических территориях России, проводилась экономическая оценка прошлого ущерба на основе данных экспедиционных исследований Совета по изучению производительных сил Минэкономики России на островах архипелага Франца-Иосифа, проведенных в 2011—2012 гг. Приведенный инструментарий позволяет более глубоко исследовать процесс накопления загрязнений и провести оценку прошлого (накопленного) ущерба на основе неточных сведений о загрязнении в прошлые периоды. Для реализации оценки прошлого ущерба авторами была разработана компьютерная программа в среде *Excel-VBA*, которая позволяет выполнять весь комплекс расчетов, описанных в настоящей статье.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Разработка экономического механизма согласования интересов государства и бизнеса для реализации региональных природоохранных проектов и программ» № 17-02-00010а ОГОН.

Библиографический список

1. Харитонова Г. Н. Проблема ликвидации экологического ущерба, причиненного прошлой хозяйственной деятельностью, в районах европейского севера России // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2012. № 1 (29). С. 83—87.
2. Экологические проблемы мирового ТЭК: учеб. Пособие / Р. А. Алиев, А. А. Авраменко; Моск. гос. ин-т междунар. отношений (ун-т) М-ва иностр. дел Рос. Федерации. — М.: МГИМО-Университет. — 2017. — 126 с.
3. Порфирьев Б. Н., Тулупов А. С. Оценка экологической опасности и прогноз экономического ущерба от аварийных ситуаций на промышленных предприятиях // Проблемы прогнозирования. — 2017. — № 6. — С. 37—46.
4. Вишняков Я., Авраменко А. А. Экономическая оценка ущерба, причиненного биоразнообразию промышленными предприятиями // Экология и промышленность России. — 2004. — С. 24.
5. Медведева О. С., Вакула М. А. Правовые и экономические основы применения современной методологии стоимостной оценки ущерба, причиняемого окружающей среде и природным ресурсам // Экологический вестник России. — 2007. — № 4. — С. 22.
6. Novoselova I. Y., Novoselov A. L. Estimation of accumulated environmental damage: methods and experience // Journal of Environmental Management and Tourism. — 2016. — Т. 7. — № 4 (16). — С. 619—624.
7. Методика определения предотвращенного экологического ущерба. — М.: Госкомэкология РФ. — 1999. — 71 с.
8. Потравный И. М., Новоселов А. Л., Новоселова И. Ю. Развитие методов экономической оценки ущерба от загрязнения окружающей среды и их практическое применение // Экономическая наука современной России. — 2018. — № 3 (82). — С. 35—48.
9. Новоселова И. Ю. Сравнение эффективности энергосберегающих проектов с учетом риска и неопределенности / И. Ю. Новоселова // Вестник Университета (Государственный университет управления). — 2013. — № 6. — С. 156—163.

ECONOMIC ASSESSMENT OF THE ACCUMULATED DAMAGE AT A REGION LEVEL UNDER UNCERTAINTY CONDITIONS

A. L. Novoselov, Ph. D. (Economics), Dr. Habil., Professor, Department of Mathematical Methods in Economics, Plekhanov Russian University of Economics, alnov2004@yandex.ru;
V. A. Lobkovsky, Ph. D. (Geography), Senior Researcher, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, v.a.lobkovskiy@igras.ru, Moscow, Russia

References

1. Kharitonova G. N. Problema likvidacii ehkologicheskogo ushcherba, prichinennogo proshloj hozyajstvennoj deyatel'nost'yu, v rajonah evropejskogo severa Rossii [The issue of elimination of the ecological damage caused by the previous economic activity in the regions of the European North of Russia]. *Sever i rynok: formirovanie ehkonomicheskogo poryadka*. 2012. No. 1 (29). P. 83—87. [in Russian]
2. Ehkologicheskie problemy mirovogo TEHK: ucheb. Posobie [Environmental issues of the world energy industry: manual]. R. A. Aliev, A. A. Avramenko; Mosk. gos. in-t mezhdunar. otnoshenij (un-t) M-va inostr. del Ros. Federacii. Moscow, MGIMO-Universitet. 2017. 126 p. [in Russian]
3. Porfiryev B. N., Tulupov. A. S. Ocenka ehkologicheskoj opasnosti i prognoz ehkonomicheskogo ushcherba ot avarijnyh situacij na promyshlennyh predpriyatiyah [Assessment of ecological danger and the forecast of economic damage from emergencies at industrial enterprises]. *Problemy prognozirovaniya*. 2017. No. 6. P. 37—46. [in Russian]
4. Vishnyakov Y. A., Avramenko A. A. Ehkonomicheskaya ocenka ushcherba, prichinennogo bioraznoobraziyu promyshlennymi predpriyatiyami.. [Economic assessment of the damage caused to a nature biodiversity by industrial enterprises]. *Ehkologiya i promyshlennost' Rossii*. 2004. P. 24. [in Russian]
5. Medvedeva O. S., Vakula M. A. Pravovye i ehkonomicheskie osnovy primeneniya sovremennoj metodologii stoimostnoj ocenki ushcherba, prichinyaemogo okruzhayushchej srede i prirodnym resursam. [Legal and economic bases of application of modern methodology of cost assessment of the damage caused to the environment and natural resources]. *Ehkologicheskij vestnik Rossii*. 2007. No. 4. P. 22. [in Russian]
6. Novoselova I. Y., Novoselov A. L. Estimation of accumulated environmental damage: methods and experience. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2016. Vol. 7. No. 4 (16). P. 619—624.
7. Metodika opredeleniya predotvrashchennogo ehkologicheskogo ushcherba. [A technique of determination of the prevented ecological damage]. Moscow, Goskomehkologiya RF. 1999. 71 p. [in Russian]
8. Potravny I. M., Novoselov A. L., Novoselova I. Y. Razvitie metodov ehkonomicheskoj ocenki ushcherba ot zagryazneniya okruzhayushchej sredy i ih prakticheskoe primenenie. [Development of methods of economic assessment of damage from environmental pollution and their practical application]. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoj Rossii*. 2018. No. 3 (82). P. 35—48. [in Russian]
9. Novoselova I. Yu. Sravnenie ehffektivnosti ehnergosberegayushchih proektov s uchetom riska i neopredelennosti [Comparison of efficiency of energy saving projects taking into account risk and uncertainty]. *Vestnik Universiteta (Gosudarstvennyj universitet upravleniya)*. 2013. No. 6. P. 156—163. [in Russian]