



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

2021 Том 29 № 4

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-4

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

Научный журнал

Издается с 1993 г.

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

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-611176 от 30.03.2015 г.

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

Главный редактор

Савенкова Елена Викторовна, доктор экономических наук, профессор, директор Института экологии и Международного института стратегического развития отраслевых экономик, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Заместители главного редактора

Харченко Сергей Григорьевич, доктор физико-математических наук, действительный член Российской академии естественных наук, Академии военных наук, Российской экологической академии, Нью-Йоркской академии наук, Международного общества по анализу риска, главный научный сотрудник Института экологии, профессор кафедры математических методов в экономике, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Редина Маргарита Михайловна, доктор экономических наук, профессор департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Ответственный секретарь редколлегии

Ледацева Татьяна Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Члены редакционной коллегии

Аньези Валерио, профессор, директор Итало-Российского экологического института, Университет Палермо, Палермо, Италия

Валеева Наиля Гарифовна, кандидат педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой иностранных языков, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Ванг Дели, профессор, декан школы наук об окружающей среде, Северо-Восточный педагогический университет, Чанчунь, Китай

Джан Шупинь, доктор наук, профессор, Шандунский университет, Цзинань, Китай

Калабин Геннадий Александрович, доктор химических наук, профессор, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Розенберг Геннадий Самуилович, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации, главный научный сотрудник Института экологии Волжского бассейна, Самарский федеральный исследовательский центр, Российская академия наук, Тольятти, Россия

Савин Игорь Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заместитель директора Почвенного института имени В.В. Докучаева, Российская академия наук, профессор департамента рационального природопользования, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Садьков Владислав Александрович, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией катализаторов глубокого окисления, Институт катализа имени Г.К. Борескова, Сибирское отделение Российской академии наук, отдел гетерогенного катализа, Новосибирск, Россия

Сосунова Ирина Александровна, доктор социологических наук, профессор, вице-президент Российского общества социологов, Москва, Россия

Хаустов Александр Петрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Широкова Вера Александровна, доктор географических наук, профессор, заведующая отделом истории наук о Земле, Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова, Российская академия наук, Москва, Россия

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

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

4 выпуска в год (ежеквартально).

Языки: русский, английский.

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

Цели и тематика

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

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ по научным специальностям 03.02.00 Общая биология, 05.26.00 Безопасность деятельности человека, 25.00.00 Науки о Земле.

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

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

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

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

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

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

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

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

Подписано в печать 13.04.2022. Выход в свет 20.04.2022. Формат 70×108/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Times New Roman».
Усл. печ. л. 7,70. Тираж 500 экз. Заказ № 1137. Цена свободная.

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

Отпечатано в типографии ИПК РУДН
Российская Федерация, 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3
Тел. +7 (495) 955-08-74; e-mail: publishing@rudn.ru



RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY

2021 VOLUME 29 NUMBER 4

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-4

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

Founded in 1993

Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA

Editor-in-Chief

Elena V. Savenkova, Doctor of Economic Sciences, Professor, Director of the Institute of Environmental Engineering and International Institute for Strategic Development of Sectoral Economics, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Deputy Editors-in-Chief

Sergey G. Kharchenko, D.Sc. (Ecology, Biophysics), full member of the Russian Academy of Natural Sciences, the Academy of Military Sciences, the Russian Environmental Academy, the New York Academy of Sciences, the International Society for Risk Analysis, chief scientist of the Institute of Environmental Engineering, Professor of the Department of Mathematical Methods in Economics, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Margarita M. Redina, D.Sc. (Econ.), Professor of the Department of Environmental Security and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Executive Secretary

Tatyana N. Ledashcheva, Ph.D., Associate Professor of the Department of Environmental Security and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Editorial Board

Valerio Agnesi, Ph.D., Professor, Director of the Italian-Russian Ecological University, University of Palermo, Palermo, Italy

Gennadiy A. Kalabin, D.Sc. (Chemistry), Professor, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Aleksandr P. Khaustov, D.Sc. (Geology), Professor, Professor of the Department of Environmental Security and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Gennadiy S. Rozenberg, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Chief Scientist of the Institute of Ecology of Volga River Basin, Samara Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Tolyatti, Russia

Vladislav A. Sadykov, Prof., D.Sc. (Chemistry), Head of the Laboratory of Deep Oxidation Catalysts, Borekov Institute of Catalysis, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Igor Yu. Savin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director of the V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of System Ecology, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Vera A. Shirokova, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Department of the History of Earth Sciences, S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Irina A. Sosunova, Doctor of Social Sciences, Professor, Vice-President of the Russian Society of Sociologists, Moscow, Russia

Nailya G. Valeeva, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Foreign Languages, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Deli Wang, Ph.D., Professor, Dean of the School of Life Science, Northeast Normal University, Changchun, China

Shuping Zhang, Ph.D., Professor, Shandong University, Jinan, China

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

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

Publication frequency: quarterly.

Languages: Russian, English.

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

Aims and Scope

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

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

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

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

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

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

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

Address of the editorial office:

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

Address of the editorial board of the journal:

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

Printing run 500 copies. Open price.

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

Printed at RUDN Publishing House
3 Ordzhonikidze St, Moscow, 115419, Russian Federation
Tel.: +7 (495) 955-08-74; e-mail: publishing@rudn.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ

Поклонов В.А., Глебов В.В., Аскарова Д.А., Ерофеева В.В., Аникина Е.В. Исследование взаимодействия ксенобиотиков с макрофитами в условиях экспериментальных водных экосистем 305

Пашкевич М.А., Коротаева А.Э. Изучение воздействия растительности наземных экосистем на снижение углеродного следа на территории Российской Федерации 315

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Шашков И.В. Ландшафтный анализ проблем индикации достижения целей устойчивого развития для наименее развитых стран на примере Афганистана 328

ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Mamboleo M. Evaluation and use of existing economic valuation methodologies in the management of Lake Victoria's water resources (Использование экономических методологий оценки при управлении водными ресурсами озера Виктория) 341

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Кнауб Р.В., Игнатьева А.В. Ресурсный потенциал горной части Сибирского федерального округа как фактор устойчивого развития региона 355

Карев А.Н., Тюрин М.П. Эффективность применения скрубберного метода очистки выбросных газов в промышленности 371

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Ledashcheva T.N., Pinaev V.E. Environmental baseline assessment – changes 2022 (Оценка современного состояния окружающей среды – изменения 2022) 381

АНОНСЫ 386

CONTENTS

ECOLOGY

Poklonov V.A., Glebov V.V., Askarova D.A., Erofeeva V.V., Anikina E.V. Study of interaction of xenobiotics with macrophytes in experimental aquatic ecosystems 305

Pashkevich M.A., Korotaeva A.E. Studying the vegetation impact of terrestrial ecosystems on reducing the carbon footprint in the territory of the Russian Federation 315

ENVIRONMENTAL MONITORING

Shashkov I.V. Landscape analysis of problems of indicating sustainable development goals for the least developed countries on the example of Afghanistan 328

ENVIRONMENTAL ECONOMICS

Mamboleo M. Evaluation and use of existing economic valuation methodologies in the management of Lake Victoria's water resources 341

INDUSTRIAL ECOLOGY

Knaub R.V., Ignateva A.V. Resource potential of the mountain part of Siberian Federal District as factor of sustainable development of the region 355

Karev A.N., Tyurin M.P. The effectiveness of the scrubber method of cleaning exhaust gases in industry 371

ENVIRONMENTAL EDUCATION

Ledashcheva T.N., Pinaev V.E. Environmental baseline assessment – changes 2022 381

ANNOUNCEMENTS 386

ЭКОЛОГИЯ ECOLOGY

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-4-305-314

УДК 504.054:504.738:574.632:574.21

Научная статья / Research article

Исследование взаимодействия ксенобиотиков с макрофитами в условиях экспериментальных водных экосистем

В.А. Поклонов¹✉, В.В. Глебов²,
Д.А. Аскарова³, В.В. Ерофеева³, Е.В. Аникина³

¹Международный независимый эколого-политологический университет, Москва, Россия

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
Москва, Россия

³Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

✉ warvir@rambler.ru

Аннотация. Дана оценка фитотоксичности трех видов органических ксенобиотиков (этилацетат, бутанол-1, тетрахлорметан) при воздействии на три вида макрофитов *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Chara fragilis*. В микрокосмах созданы концентрации поллютантов по 5 и 10 ПДК (предельно допустимая концентрация). Инкубация продолжалась 14 дней. Экспериментальным путем получена новая информация о том, что макрофит *C. fragilis* является высокочувствительным тест-объектом, который можно использовать в целях биоиндикации. Ксенобиотики не оказали токсического воздействия на *E. canadensis*, поэтому ее можно рассматривать для использования в целях фиторемедиации. Полученные данные необходимы для развития фитотехнологий по очистке воды. Представлены условия, при которых эти виды растений могут быть использованы для экотехнологий.

Ключевые слова: пресная вода, химическое загрязнение, фитотоксичность, фиторемедиация, водные растения, инкубация, микрокосмы, сапробность, биоиндикация, ксенобиотики

Вклад авторов. В.А. Поклонов проделал опыты в лаборатории, подготовил раздел «Материалы и методы». В создании остальных разделов участвовал частично. В.В. Глебов помог описать раздел «Обсуждение». В.А. Поклонов, Д.А. Аскарова, В.В. Ерофеева и Е.В. Аникина написали введение. Все авторы участвовали в подведении итогов и подготовке заключения.

История статьи: поступила в редакцию 06.06.2021; принята к публикации 26.09.2021.

Для цитирования: *Поклонов В.А., Глебов В.В., Аскарова Д.А., Ерофеева В.В., Аникина Е.В.* Исследование взаимодействия ксенобиотиков с макрофитами в условиях экспериментальных водных экосистем // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2021. Т. 29. № 4. С. 305–314. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-305-314>

Study of interaction of xenobiotics with macrophytes in experimental aquatic ecosystems

Vladislav A. Poklonov¹, Viktor V. Glebov²,
Danara A. Askarova³, Victoria V. Erofeeva³, Elizaveta V. Anikina³

¹*International Independent Ecological and Politological University, Moscow, Russia*

²*Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russia*

³*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia*

 warvir@rambler.ru

Abstract. Phytotoxicity of three types of organic xenobiotics (ethyl acetate, butanol-1, tetrachloromethane) was evaluated when three macrophyte species *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Chara fragilis* were exposed. Pollutant concentrations of 5 and 10 MAC (maximum allowable concentration) were created in microcosms. Incubation lasted for 14 days. New information was obtained experimentally that *C. fragilis* macrophyte is a highly sensitive test object, which can be used for bioindication purposes. Xenobiotics had no toxic effects on *E. canadensis*, so it can be considered for phytoremediation purposes. The data obtained are necessary for the development of phytotechnologies for water purification. A number of conditions under which these plant species can be used for ecotechnology are shown.

Keywords: fresh water, chemical pollution, phytotoxicity, phytoremediation, aquatic plants, incubation, microcosms, saprobicity, bioindication, xenobiotics

Authors' contributions. V.A. Poklonov made experiments in the laboratory and prepared the chapter “Materials and Methods.” Partially participated in the creation of other chapters. V.V. Glebov helped describe the “Discussion” section. V.A. Poklonov, D.A. Askarova, V.V. Erofeeva and E.V. Anikina wrote the introduction. All authors have summed up the results.

Article history: received 06.06.2021; revised 26.09.2021.

For citation: Poklonov VA, Glebov VV, Askarova DA, Erofeeva VV, Anikina EV. Study of interaction of xenobiotics with macrophytes in experimental aquatic ecosystems. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(4):305–314. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-305-314>

Введение

На сегодняшний день одним из комплексных актуальных вопросов в экологии остается проблема загрязнения водной среды, масштабность которого с каждым годом растет. Оно оказывает значимое влияние на почвенное и атмосферное состояние среды. В результате активной хозяйственной деятельности человека в различные водные системы могут поступать различные

токсиканты, имеющие разный уровень токсического воздействия. Часто такие токсиканты оказывают губительное воздействие на биоорганизмы [1].

Изучение экологии водных организмов (гидробионтов) выявило новые примеры того, как они воздействуют на физические и химические параметры окружающей среды [2; 3], в том числе на свойства гидросферы [4; 5].

В литературе мало информации о воздействии органических ксенобиотиков на макрофиты, поэтому актуально их исследование и на таких организмах, как высшие водные растения. Необходимо продолжение изучения и сопоставления фактов о взаимодействии растений с различными видами ксенобиотиков [6]. Причинами поступления в биосферу органических загрязнителей являются различные виды антропогенного (техногенного) загрязнения среды, а местом их накопления – многие компоненты биосферы, в том числе водные экосистемы и водные макрофиты [7].

В последнее время все острее стоит проблема загрязнения водных объектов вредными компонентами. Например, сегодня в Волгу поступает 20 кубокилометров сточных вод в год. Для их разбавления «до нормы» требуется 600 кубокилометров чистой воды, а среднегодовой сток Волги составляет только 250. Отсюда можно сделать вывод, что воды Волги более чем в 3 раза «грязнее» допустимого. От этих загрязнений страдает не только Волга, но и Каспийское море, в которое она впадает [8].

Вследствие антропогенного влияния в окружающую среду и, в частности, в пресноводные системы в глобальном масштабе поступают большие количества токсичных органических веществ разной степени опасности: этилацетат, бутанол-1, тетрахлорметан.

Пары данных ксенобиотиков являются элементом кислотных дождей. Ксенобиотики могут использоваться на стройплощадках, вода от которых может отводиться в канализацию или непосредственно в землю или водоемы. Органические поллютанты ведут к отравлению грунтовой воды и разрушению жизни в естественных водоемах [9].

Этилацетат – это уксусноэтиловый эфир ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$), который довольно часто применяется как растворитель из-за невысокой стоимости препарата и относительно небольшой токсичности используемого вещества. Годовое мировое производство этилацетата растет. Например, в Соединенных Штатах Америки производство этилового спирта выросло в 10 раз, а его годовое производство составило 1,2–1,3 млрд¹. ПДК 0,2; класс опасности – 2 (табл. 1).

Известно, что в Москве 2 февраля 2015 г. произошла значительная утечка этилацетата. Запах вещества ощущался по всему юго-западному округу с населением 1 437 242 чел.²

Бутанол-1 представляет собой первичный спирт, который широко применяется в народном хозяйстве в качестве растворителя лакокрасочных из-

¹ ГОСТ 8981–78. Эфиры этиловый и нормальный бутиловый уксусной кислоты технические. Технические условия (с Изменениями № 1, 2, 3, 4). М.: Издательство стандартов, 1993. 18 с.

² МЧС: этилацетат выявлен в канализации на юго-западе Москвы. URL: <https://ria.ru/20150202/1045461067.html> (дата обращения: 22.05.2021).

делий, различных смол (натуральных и синтетических), растительных масел и алкалоидов. Бутанол-1 широко используется фармацевтической (создание препаратов и химикалий), кожевенно-обувной, текстильной и химической промышленностью. Физико-химическое воздействие бутанола-1 на пресноводные экосистемы неизвестно³. ПДК 0,1; класс опасности – 2 (табл. 1).

Таблица 1

**ПДК в водоемах хозяйственно-питьевого
и культурно-бытового водопользования используемых веществ⁴**

Вещество	ПДК, мг/л	Класс опасности
Этилацетат	0,2	2
Бутанол-1	0,1	2
Тетрахлорметан	0,002	1

Table 1

**MPC in the reservoirs of economic-drinking
and cultural-household water use of the used substances⁵**

Substance	MPC, mg/L	Hazard class
Ethyl acetate	0.2	2
Butanol-1	0.1	2
Carbon tetrachloride	0.002	1

Тетрахлорметан (четырёххлористый углерод, фреон-10, хладон-10, СС14) нашел широкое применение в народном хозяйстве страны в качестве растворителя различных смол, жиров, лакокрасочных изделий и т. д. Вместе с этим существует предположение, что тетрачлорметан может оказывать разрушительное воздействие на озоновый слой Земли. Ядовит как в жидком, так и в парообразном виде⁶. ПДК 0,002; класс опасности – 1 (табл. 1).

Сегодня основными источниками тетрачлорметана являются промышленные утечки и места захоронения отходов, содержащих это вещество. В прошлом, когда четырёххлористый углерод широко использовался, он был основным веществом, загрязняющим воздух в помещении. Считается, что у него нет естественных источников. К особенностям физико-химических реакций тетрачлорметана относят: 1) способность аккумулироваться в больших количествах в водных объектах; 2) достигающую года продолжительность разрушения в озерах и грунтовых водах. Известно о большой утечке тетрачлорметана в удмуртском поселке Балезино 21 марта 2012 г., когда произошел несанкционированный слив нескольких десятков тонн опасных химических отходов в заброшенное хранилище битума. Как сообщало рес-

³ ГОСТ 5208–2013. Спирт бутиловый нормальный технический. Технические условия (Переиздание: ноябрь 2019 г. взамен ГОСТ 5208-81). М.: Стандартинформ, 2019. 30 с.

⁴ ГН 2.1.5.1315-03. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». М.: Министерство здравоохранения РФ, 2003. 152 с.

⁵ GN 2.1.5.1315-03. Hygienic Norms “Maximum Permissible Concentrations (MPC) of Chemical Substances in Water Bodies for Drinking and Cultural and Domestic Use.” Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation; 2003. (In Russ.)

⁶ ГОСТ 4–84. Углерод четырёххлористый технический. Технические условия (с Изменениями № 1, 2 взамен ГОСТ 4–75). М.: Издательство стандартов, 2001. 27 с.

публиканское управление Росприроднадзора, в железнодорожных цистернах находился четыреххлористый углерод⁷. Последствия этого инцидента для окружающей среды скрыты.

Вопросы оценки токсичности химических веществ тесно связаны с обширным кругом фундаментальных и прикладных проблем экологических наук. В настоящей статье сообщается о новых фактах фитотоксичности органических ксенобиотиков, ранее не исследованных на водных макрофитах. Поэтому важное значение имеют методы фитотестирования, которые помогают в оценке токсичности химических веществ и дают возможность проведения комплексного экологического мониторинга токсичности без использования животных в качестве биообъекта, что важно с точки зрения требований биоэтики [10].

Статья является продолжением ранее опубликованных работ, посвященных исследованиям в области факториальной экологии. Взаимодействие макрофитов с данными веществами происходило впервые. Получена новая информация, необходимая для развития основ фитотехнологий по очищению водных экосистем.

В предыдущей работе изучалось воздействие нитробензола, этилбензола, анилина, ксилола и стирола на высшие водные растения [9]. Также было проведено исследование по выявлению токсичности СПАВ-содержащего смешанного препарата при взаимодействии с водной растительностью [11].

Цель работы – выявить фитотоксичность органических ксенобиотиков (этилацетат, бутанол-1, тетрахлорметан) для трех видов высших водных растений (*Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Chara fragilis*).

Материалы и методы

В качестве тест-объектов использовались *Ceratophyllum demersum* L. (роголистник темно-зеленый, семейство Роголистниковые – *Ceratophyllaceae* G.), *Elodea canadensis* Mchk. (элодея канадская, семейство Водокрасовые – *Hydrocharitaceae* Juss.), *Chara fragilis* L. (хара ломкая, семейство Харовые – *Characeae* L.).

Диапазон жизни *Ceratophyllum demersum* доходит до 66 параллели северной широты, *Chara fragilis* – до 69 параллели. *Elodea canadensis* распространена во многих местах по всему миру. В естественных условиях быстро размножается, поэтому ее называют водяной чумой. Одной ее веточки достаточно, чтобы заполнить собой через несколько лет весь пруд или даже реку.

До проведения опытов эти виды макрофитов содержались в условиях оранжереи в ботаническом саду Московского государственного университета в больших резервуарах с водой, прошедшей обработку фильтрацией через мембраны.

Все изучаемые в данной работе органические вещества являются токсикантами как для окружающей среды, так и для человека.

⁷ ГОСТ 4–84. Углерод четыреххлористый технический. Технические условия (с Изменениями № 1, 2 взамен ГОСТ 4–75). М.: Издательство стандартов, 2001. 27 с.; Четыреххлористый углерод (тетрахлорметан): URL: <https://ria.ru/20120321/601995852.html> (дата обращения: 22.05.2021).

Концентрации загрязняющих веществ в микрокосмах подбирались таким образом, чтобы составлять по 5 и 10 ПДК каждое. Использовали ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (см. табл. 1).

Опыты проводили в пресноводных микрокосмах. Всего было задействовано 36 микрокосмов + 3 контрольных микрокосма без добавления ксенобиотиков. Итого: 39 экспериментальных систем (табл. 2).

Таблица 2

Состав микрокосмов				
Вещество	Добавка 5 ПДК, номера микрокосмов, названия макрофитов и вес побегов в граммах		Добавка 10 ПДК, номера микрокосмов, названия макрофитов и вес побегов в граммах	
	<i>Ceratophyllum demersum</i>		<i>Ceratophyllum demersum</i>	
Этилацетат	1А-32,2	1В-41,7	1С-28,9	1D-29,1
Бутанол-1	2А-30,0	2В-51,2	2С-24,6	2D-26,2
Тетрахлорметан	3А-31,7	3В-32,5	3С-27,5	3D-23,8
<i>Elodea canadensis</i>				
Этилацетат	4А-28,2	4В-28,6	4С-29,7	4D-27,6
Бутанол-1	5А-23,0	5В-25,3	5С-29,8	5D-29,0
Тетрахлорметан	6А-23,7	6В-24,0	6С-23,7	6D-20,1
<i>Chara fragilis</i>				
Этилацетат	7А-35,8	7В-43,5	7С-51,4	7D-55,6
Бутанол-1	8А-44,0	8В-53,8	8С-50,0	8D-47,1
Тетрахлорметан	9А-45,5	9В-52,0	9С-50,2	9D-42,6

Table 2

Composition of microcosms				
Substance	Supplement 5 MPC, microcosm numbers, macrophyte names, and shoot weight in grams		Supplement 10 MPC, microcosm numbers, macrophyte names, and shoot weight in grams	
	<i>Ceratophyllum demersum</i>		<i>Ceratophyllum demersum</i>	
Ethyl acetate	1A-32,2	1B-41,7	1C-28,9	1D-29,1
Butanol-1	2A-30,0	2B-51,2	2C-24,6	2D-26,2
Carbon tetrachloride	3A-31,7	3B-32,5	3C-27,5	3D-23,8
<i>Elodea canadensis</i>				
Ethyl acetate	4A-28,2	4B-28,6	4C-29,7	4D-27,6
Butanol-1	5A-23,0	5B-25,3	5C-29,8	5D-29,0
Carbon tetrachloride	6A-23,7	6B-24,0	6C-23,7	6D-20,1
<i>Chara fragilis</i>				
Ethyl acetate	7A-35,8	7B-43,5	7C-51,4	7D-55,6
Butanol-1	8A-44,0	8B-53,8	8C-50,0	8D-47,1
Carbon tetrachloride	9A-45,5	9B-52,0	9C-50,2	9D-42,6

В качестве контроля взяли по одному пресноводному микрокосму на каждый вид растения.

В микрокосмы добавляли ксенобиотики по 5 ПДК, данная концентрация равнялась: этилацетат – 1 мг/л, бутанол-1 – 0,5 мг/л, тетрачлорметан – 0,01 мг/л (см. табл. 1).

Добавка ксенобиотиков в микрокосмы по 10 ПДК составила: этилацетат – 2 мг/л, бутанол-1 – 1 мг/л, тетрачлорметан – 0,02 мг/л (см. табл. 1).

После создания микрокосмов их инкубировали в условиях естественной фотопериодичности при температуре воды 22 ± 2 °С в течение 14 суток (2 недели).

Результаты и обсуждение

Наблюдения за микрокосмами показали, что тестируемые органические ксенобиотики проявляли неодинаковую токсичность к водным растениям. У роголистника (*C. demersum*) не было признаков фитотоксичности на протяжении всего эксперимента при взаимодействии с тетрахлорметаном. В микрокосмах, где был инкубирован *C. demersum* вместе с веществами этилацетат и бутанол-1 в концентрации 10 ПДК, на третьи сутки появились неприятный запах и мутность воды и ощущался запах добавленных веществ. В концентрации 5 ПДК вода не была мутной, но присутствовал запах веществ.

На четвертые сутки макрофит *C. demersum* погиб в концентрации 10 ПДК под воздействием этилацетата и бутанола-1. Наблюдались следующие негативные явления в сосудах 1С, 1D, 2С, 2D: сильная мутность воды, запах гнили, практически отсутствие тургора. В концентрации 5 ПДК с *C. demersum* (1А, 1В, 2А, 2В) вода начала мутнеть, тургор снижаться.

На пятые сутки констатируется гибель *C. demersum* во всех концентрациях с этилацетатом и бутанолом-1 (1А, 1В, 1С, 1D, 2А, 2В, 2С, 2D). Во всех микрокосмах общие признаки фитотоксичности: сильная мутность воды, запах гнили, отсутствие тургора растений. Необходимо дополнительное изучение токсического воздействия органических ксенобиотиков в отношении *C. demersum*.

У элодеи (*E. canadensis*), как и у роголистника (*C. demersum*) не было признаков фитотоксичности на протяжении всего эксперимента при взаимодействии с тетрахлорметаном.

Фитотоксический эффект у *E. canadensis* от этилацетата и бутанола-1 наблюдался только на шестые сутки и только в микрокосмах с концентрацией 10 ПДК (4С, 4D, 5С, 5D). Появился гнилостный запах. Запах добавленных веществ фиксировался в течение всего инкубационного периода. По-видимому, побеги *E. canadensis* погибли в концентрации 10 ПДК (4С, 4D, 5С, 5D).

На восьмые сутки у *E. canadensis* в концентрации 5 ПДК в сосудах с этилацетатом (4А, 4В) наблюдалась небольшая мутность, но неприятного запаха не было и тургор не снижался. В микрокосмах с бутанолом-1 (5А, 5В) ощущался запах вещества и наблюдались незначительное снижение тургора и мутность воды.

На последние (четырнадцатые) сутки в концентрации 5 ПДК в микрокосмах (4А, 4В, 5А, 5В) с добавлением этилацетата и бутанола-1 побеги *E. canadensis* сохранили жизнеспособность. Тургор в норме, запахи добавленных веществ и гнилостные процессы отсутствовали, но имелось небольшое количество отмерших побегов в микрокосмах: 4А – 3 %, 4В – 5 %, 5А – 8 %, 5В – 6 %.

Самым чувствительным тест-объектом к загрязняющим веществам оказалась хара ломкая (*C. fragilis*). Вода сильно помутнела на вторые сутки в сосудах с *C. fragilis* при взаимодействии с тетрахлорметаном (9А, 9В, 9С, 9D)

и бутанолом-1 (8А, 8В, 8С, 8D). Небольшая мутность воды была в микрокосмах с этилацетатом (7А, 7В, 7С, 7D). На третьи сутки фиксируется гибель *C. fragilis* во всех сосудах, во всех концентрациях.

На четвертые сутки в микрокосмах, где *C. fragilis* взаимодействовала с бутанолом-1 (8А, 8В, 8С, 8D) и этилацетатом (7А, 7В, 7С, 7D), происходили гнилостные процессы, отмечались сильная мутность воды, снижение тургора, ярко выраженный запах гнили, образовалась плотная густая пленка на поверхности воды. В сосудах с тетрахлорметаном (9А, 9В, 9С, 9D) фитотоксические эффекты были выражены чуть меньше: легкий запах гнили, слабая мутность воды, снижение тургора, густая пленка на поверхности воды.

В контрольных микрокосмах никаких изменений во время инкубационного периода не наблюдалось.

Заключение

По проведенному биотестированию гидробионтов можно сделать следующие выводы.

1. Самым слабым из использованных гидробионтов оказалась хара (*C. fragilis*). Она погибла раньше всех во всех концентрациях и при взаимодействии со всеми испытанными ксенобиотиками. Опыт показал, что макрофит *C. fragilis* является высокочувствительным тест-объектом, который можно использовать при проведении биоиндикации.

2. *E. canadensis* смогла выдержать загрязнение всеми тремя ксенобиотиками, участвующими в опыте (этилацетат, бутанол-1, тетрахлорметан). Это делает элодею потенциальным фиторемедиационным видом, который можно использовать на практике для разработки фитотехнологий по восстановлению водоемов от химического загрязнения.

3. Тетрахлорметан не проявил токсичности при взаимодействии с *C. demersum* и *E. canadensis*. В работе впервые получены доказательства способности элодеи канадской и роголистника темно-зеленого выдерживать определенную степень нагрузки ксенобиотика первого класса опасности (тетрахлорметан).

4. Результаты проведенных экспериментов подтверждают и расширяют сведения о фиторемедиационном потенциале *Ceratophyllum demersum* (роголистник темно-зеленый), *Elodea canadensis* (элодея канадская), *Chara fragilis* (хара ломкая), которые могут быть использованы на практике для разработки новых экотехнологий с целью снижения опасности загрязнения водной среды, что входит в число приоритетов современной экологии.

5. Впервые получены данные о токсичности трех видов органических ксенобиотиков (этилацетат, бутанол-1, тетрахлорметан) по отношению к пресноводной растительности (опыты без использования животных). Изучение устойчивости водных растений к загрязняющим веществам в экспериментальных экосистемах – необходимый компонент в планировании научных основ биотехнологий (фиторемедиация) с использованием макрофитов. Таким образом, полученные данные представляют интерес в связи с возможностью определять устойчивость очистительных фитосистем к нагрузкам высокотоксичных ксенобиотиков.

Список литературы

- [1] *Мохова О.Н., Македонская И.Ю., Новикова Ю.В., Мельник Р.А.* Оценка экологического состояния вод бухты благополучия о. Соловецкий по гидрохимическим и гидробиологическим показателям // *Экологическая химия*. 2018. Т. 27. № 5. С. 270–279.
- [2] *Добровольский Г.В.* О развитии некоторых концепций учения о биосфере // *Вода: технология и экология*. 2007. № 1. С. 63–68.
- [3] *Добровольский Г.В.* К 80-летию выхода в свет книги В.И. Вернадского «Биосфера» // *Экологическая химия*. 2007. № 16 (3). С. 135–143.
- [4] *Kapitsa A.P.* Formulation of fundamental principles for foundation of the theory of the apparatus of the biosphere // *Environment Ecology and Safety of Life Activity*. 2007. No 1. Pp. 68–71. <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.4931.2161>
- [5] *Абакумов В.А.* Инновационные подходы к восстановлению и ремедиации загрязненных водных объектов // *Вода: технология и экология*. 2007. № 4. С. 69–73.
- [6] *Соломонова Е.А., Остроумов С.А.* Изучение устойчивости водного макрофита *Potamogeton crispus* L. к додецилсульфату натрия // *Вестник Московского университета. Серия 16. Биология*. 2007. № 4. С. 39–42.
- [7] *Поклонов В.А., Остроумов С.А.* Влияние синтетических поверхностно-активных веществ на бобовые культуры // *Экологическая химия*. 2019. Т. 28. № 5. С. 244–249.
- [8] *Касьяненко А.А.* Современные методы оценки рисков в экологии: учебное пособие. М.: РУДН, 2008. 271 с.
- [9] *Поклонов В.А.* Токсическое воздействие органических ксенобиотиков на три вида высших водных растений // *Вода: химия и экология*. 2017. Т. 110. № 8. С. 88–93.
- [10] *Остроумов С.А.* Тестирование токсичности химических веществ без использования животных // *Экологическая химия*. 2016. Т. 25. № 1. С. 5–15.
- [11] *Поклонов В.А.* Изучение устойчивости пресноводных растений к спав-содержащему смесиному препарату // *Вестник СВФУ*. 2017. № 2. С. 28–38.

References

- [1] *Mokhova ON, Makedonskaya IY, Novikova YuV, Melnik RA.* Estimation of hydrochemical and hydrobiological aspects of the environment in the Blagopoluchiya bay of Solovetsky island. *Ecological Chemistry*. 2018;27(5):270–279. (In Russ.)
- [2] *Dobrovolsky GV.* On the development of some concepts of the biosphere doctrine. *Water: Technology and Ecology*. 2007;(1):63–68. (In Russ.)
- [3] *Dobrovolsky GV.* To the 80th Anniversary of V.I. Vernadsky’s book “Biosphere.” *Ecological Chemistry*. 2007;(3):135–143. (In Russ.)
- [4] *Kapitsa AP.* Formulation of fundamental principles for foundation of the theory of the apparatus of the biosphere. *Environment Ecology and Safety of Life Activity*. 2007;(1):68–71. (In Russ.) <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.4931.2161>
- [5] *Abakumov VA.* Innovative approaches to rehabilitation and remediation of polluted water bodies. *Water: Technology and Ecology*. 2007;(4):69–73. (In Russ.)
- [6] *Solomonova EA, Ostroumov SA.* Tolerance of an aquatic macrophyte *Potamogeton crispus* L. to sodium dodecyl sulphate. *Bulletin of Moscow University. Series 16. Biology*. 2007;(4):39–42. (In Russ.)
- [7] *Poklonov VA, Ostroumov SA.* Effect of synthetic surfactants on legume crops. *Ecological Chemistry*. 2019;28(5):244–249. (In Russ.)
- [8] *Kasyanenko AA.* *Modern methods of risk assessment in ecology: textbook*. М.: RUDN University; 2008. (In Russ.)
- [9] *Poklonov VA.* The toxic effect of organic xenobiotics on three species of higher aquatic plants. *Water: Chemistry and Ecology*. 2017;110(8):88–93. (In Russ.)
- [10] *Ostroumov SA.* Toxicity testing of chemicals without the use of animals. *Ecological Chemistry*. 2016;25(1):5–15. (In Russ.)

- [11] Poklonov VA. The study of the stability of freshwater plants to synthetic surfactants-containing mixed product. *Bulletin of NEFU*. 2017;(2):28–38. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Поклонов Владислав Александрович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией водоподготовки, водоочистки и экологического мониторинга водных объектов, Международный независимый эколого-политологический университет, Российская Федерация, 117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 23. ORCID: 0000-0003-2722-7283, eLIBRARY SPIN-код: 6635-8026. E-mail: warvir@rambler.ru

Глебов Виктор Васильевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49. ORCID: 0000-0002-3390-161X, eLIBRARY SPIN-код: 2685-5454. E-mail: vg44@mail.ru

Аскарлова Данара Аскарровна, соискатель кафедры судебной экологии с курсом экологии человека, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6 ORCID: 0000-0002-1594-7622, eLIBRARY SPIN-код: 9305-1472. E-mail: danara.84@mail.ru

Ерофеева Виктория Вячеславовна, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры судебной экологии с курсом экологии человека, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. ORCID: 0000-0002-0236-1876, eLIBRARY SPIN-код: 6894-8056. E-mail: erofeeva-viktori@mail.ru

Аникина Елизавета Вячеславовна, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры судебной экологии с курсом экологии человека, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. ORCID: 0000-0002-1872-1792, eLIBRARY SPIN-код: 7286-6973. E-mail: likanika2008@yandex.ru

Bio notes:

Vladislav A. Poklonov, Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Water Treatment, Water Purification and Environmental Monitoring of Water Bodies of the International Independent Ecological and Politological University, 23 Varshavskoye Shosse, Moscow, 117105, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-2722-7283, eLIBRARY SPIN-code: 6635-8026. E-mail: warvir@rambler.ru

Viktor V. Glebov, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya St, Moscow, 127550, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-3390-161X, eLIBRARY SPIN-code: 2685-5454. E-mail: vg44@mail.ru

Danara A. Askarova, Candidate of the Department of Forensic Ecology with a Course in Human Ecology, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-1594-7622, eLIBRARY SPIN-code: 9305-1472. E-mail: danara.84@mail.ru

Victoria V. Erofeeva, Candidate of Biological Sciences, senior lecturer, Department of Forensic Ecology with a Course in Human Ecology, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-0236-1876. E-mail: erofeeva-viktori@mail.ru

Elizaveta V. Anikina, Candidate of Biological Sciences, senior lecturer, Department of Forensic Ecology with a Course in Human Ecology, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-1872-1792. E-mail: likani-ka2008@yandex.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-4-315-327

УДК 502/504

Научная статья / Research article

Изучение воздействия растительности наземных экосистем на снижение углеродного следа на территории Российской Федерации

М.А. Пашкевич , А.Э. Коротаева  *Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия* s205056@stud.spmi.ru

Аннотация. Изучаются растительные сообщества наземных экосистем Российской Федерации с точки зрения их способности уменьшать углеродный след в результате секвестрации углекислого газа. Приводится классификация типовых растительных сообществ и деление территории в зависимости от природно-климатических и региональных характеристик с дальнейшим предоставлением значений удельной поглощающей способности произрастающих растительных сообществ соответственно представленному делению. С целью осуществления оценки биомассы растительности, а также динамики ее изменения проведен анализ метода дистанционного зондирования как наиболее предпочтительного для определения биомассы в режиме реального времени. Дана характеристика используемых в настоящее время систем дистанционного зондирования, в том числе IKO-NOS, Quickbird, Worldview, ZY-3, SPOT, Sentinel, Landsat и MODIS. Перечислены основные показатели, применяемые для индексационной оценки биомассы растительности, с последующим прогнозированием на их основе эффективности поглощения углекислого газа растительными сообществами.

Ключевые слова: удельное поглощение, углекислый газ, поглощающая способность, дистанционный мониторинг, спектральные вегетационные индексы, оценка биомассы

История статьи: поступила в редакцию 27.11.2021; принята к публикации 04.01.2022.

Для цитирования: Пашкевич М.А., Коротаева А.Э. Изучение воздействия растительности наземных экосистем на снижение углеродного следа на территории Российской Федерации // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 4. С. 315–327. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-315-327>

Studying the vegetation impact of terrestrial ecosystems on reducing the carbon footprint in in the territory of the Russian Federation

Marina A. Pashkevich , Anna E. Korotaeva  

Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia

 s205056@stud.spmi.ru

Abstract. Plant communities of terrestrial ecosystems of the Russian Federation are studied in terms of their ability to reduce the carbon footprint as a result of carbon dioxide sequestration. The classification of typical plant communities and the division of the territory depending on the climatic and regional characteristics is given, with further provision of values of the specific absorption capacity of growing plant communities according to the division presented. To assess the biomass of vegetation, as well as its dynamics of change, an analysis of the remote sensing method was carried out as the most preferred method for determining biomass in real time. The characteristics of currently used remote sensing systems, including IKONOS, Quickbird, Worldview, ZY-3, SPOT, Sentinel, Landsat and MODIS are given. The main indicators used for the indexation assessment of vegetation biomass are listed, with subsequent prediction based on them of the efficiency of carbon dioxide uptake by plant communities.

Keywords: specific absorption, carbon dioxide, absorption capacity, remote monitoring, spectral vegetation indexes, estimate of standing crop

Article history: received 27.11.2021; revised 04.01.2022.

For citation: Pashkevich MA, Korotaeva AE. Studying the vegetation impact of terrestrial ecosystems on reducing the carbon footprint in in the territory of the Russian Federation. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(4):315–327. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-315-327>

Введение

На сегодняшний день растительные сообщества являются одним из наиболее крупных естественных источников поглощения углекислого газа на планете. Рассматривая вопрос воспроизводства растительности как основного способа секвестрации углекислого газа, можно уверенно говорить об увеличении интенсивности поглощения углекислого газа при увеличении биомассы растительности [1]. Однако полномасштабные научные исследования, проводимые в этой области в последнее десятилетие, позволяют утверждать, что помимо естественной биомассы растительности на интенсивность поглощения углекислого газа из атмосферы влияет также поглощающая способность отдельных видов растительных сообществ [2]. В таком случае, говоря о принудительном увеличении интенсивности секвестрации углекислого газа растительными сообществами, можно опираться не только на увеличение проективного покрытия зеленых насаждений и прирост их биомассы, но также и на выбор определенных видов растительных сообществ, обладающих максимальной поглощающей способностью [3].

Анализ предметной области

На территории Российской Федерации произрастает более 11 000 видов сосудистых растений, насчитывается свыше 10 000 видов водорослей и около 5000 видов лишайников, которые также способны поглощать углекислый газ из атмосферы, однако в значительно меньшем количестве [4]. Рассматривать поглощающую способность каждого отдельного вида растений задача невыполнимая, да и ненужная, так как в зависимости от целого ряда территориальных, климатических и почвенных особенностей на той или иной территории произрастает широкое видовое разнообразие растений. В этой связи, оценивая поглощающую способность растительных сообществ, наиболее логичным вариантом является оценка поглощающей способности основных природных экосистем, характерных для различных климатических зон России, а не отдельных видов растений [5].

Территория Российской Федерации по широтному делению охватывает семь базовых природных зон: арктическая пустыня, тундра, тайга, зона смешанных и широколиственных лесов, степь, пустыня и субтропики. Кроме этого, из-за плавного перехода от одной области к другой выделяют три подзоны: лесотундра, лесостепь и полупустыня. Растительные сообщества, произрастающие в каждой из упомянутых природно-климатических зон, могут существенно различаться на разных территориях страны, однако у каждой зоны есть общие базовые виды растений, которые являются основой той или иной природной зоны [6].

Оценку интенсивности секвестрации углекислого газа растительными сообществами целесообразно производить лишь в тех природных зонах, где зеленые насаждения имеют существенное проективное покрытие и значительную биомассу, в результате чего на территории Российской Федерации исследования по данной тематике проводятся в основном для трех природных зон (тундра, зона смешанных и широколиственных лесов, субтропические леса [4]), а также для искусственных лесопосадок, например при лесовосстановлении на техногенно нарушенных территориях [7].

На сегодняшний день проведено достаточное количество научных исследований с целью оценки поглощающей способности растительных сообществ и целых экосистем на территории различных стран, при этом большинство ученых сходится во мнении, что наибольшей поглощающей способностью по отношению к углекислому газу обладают виды с наиболее развитой удельной массой, то есть древесные растения [8]. В работе Б.Г. Федорова и соавт. приводится удельная поглощающая способность некоторых видов древесных растений за один вегетационный период. Так, ель поглощает 6,6 т CO₂/га, осина – 7,1 т CO₂/га, береза – 8,1 т CO₂/га, сосна – 11 т CO₂/га, липа – 16,5 т CO₂/га, дуб – 29,7 т CO₂/га, тополь – 46,2 т CO₂/га [2]

В работе Б. Красуцкого приводится удельная поглощающая способность растительных сообществ в соответствии с природно-климатическими зонами. Так, в таежных лесах годовая величина улавливания углекислого газа составляет 3,8–7,4 т/га, в зоне смешанных лесов – 4,2–11,6 т/га, субтропических – 5,7–17,5 т/га [5].

Кроме этого, среди множества научных трудов российских ученых можно даже найти данные о среднем удельном поглощении CO_2 по регионам России. В лесах Урала ежегодное улавливание углекислого газа оценивается в 6,1 т $\text{CO}_2/\text{га}$, в Восточной Сибири – 5,7 т $\text{CO}_2/\text{га}$, в лесах Западной Сибири и Дальнего Востока – 4,95 т $\text{CO}_2/\text{га}$ [9].

Помимо видового разнообразия растительности на определенной территории, на интенсивность поглощения CO_2 в значительной степени влияет возраст древесной растительности. Молодые древесные растения депонируют углерод в 3–6 раз эффективнее средневозрастных и стареющих деревьев [10]. Таким образом, для корректного определения поглощающей способности растительных сообществ необходимо учитывать не только региональную специфику, но и возрастную структуру древостоев, что является достаточно сложной задачей, так как естественные насаждения чаще всего очень неоднородны по составу, возрастным группам и категориям состояния.

Кроме видового разнообразия, в основном диктуемого природно-климатическими условиями, важным фактором, влияющим на интенсивность поглощения растительными сообществами углекислого газа из атмосферы, является биомасса растительности. При этом определение биомассы растительности может осуществляться непосредственно в полевых условиях путем деструктивного отбора проб, а также неразрушающим методом дистанционного зондирования.

Дистанционное зондирование земли на сегодняшний день является наиболее предпочтительным в использовании методом, так как обеспечивает мониторинг растительности в режиме реального времени, позволяет регулярно обновлять данные о площади распространения растительных сообществ и их биомассе, а также применим для картирования неоднородности биомассы [11]. Применение спутников и беспилотных летательных аппаратов особенно актуально при получении характеристических данных растительности с больших площадей, а также труднодоступных территорий [12].

Широкое применение при изучении растительности, в том числе и лесных насаждений, приобрел дистанционный мониторинг после запуска спутника Landsat. В настоящее время мониторинг осуществляется на базе значительного числа спутниковых систем, таких как IKONOS, Quickbird, Worldview, ZY-3, SPOT, Sentinel, Landsat и MODIS [13]. В таблице представлены основные технические характеристики съемочной аппаратуры перечисленных спутниковых систем.

Несомненное преимущество дистанционного мониторинга при помощи спутниковых снимков, как уже говорилось ранее, заключается в проведении исследования на больших территориях с оценкой биомассы деревьев в глобальном масштабе [11]. Однако осуществление такого вида съемки ограничивается низкой способностью проникновения сквозь облака, а также низкой детализированностью снимков. В последние годы удалось решить проблему проникающей способности при помощи радиолокационного дистанционного зондирования. Дополнительным преимуществом этого метода является получение более подробной информации о структуре растительности. С начала XXI в. интенсивно вовлекаются не только бортовые радиолокационные, но и космические системы, такие как Terra-SAR, RADARSAT, ALOS и PALSAR [14].

**Основные технические характеристики
съёмочной аппаратуры некоторых спутниковых систем**

Название спутниковой системы	Обзорность, км	Периодичность, сут.	Пространственное разрешение, м/пикс	Спектральные характеристики
IKONOS	11	3	3,2	С, З, К, БИК
QuickBird-2	16,5	3–4	2,5	С, З, К, БИК
Worldview	17,6	2–4	0,5	ПАН
ZY-3	50	1–3	5,8	С, З, К, БИК
Spot 5	60	1–4	10	С, З, К
Sentinel	290	10	20	С, З, К, БИК
Landsat 7	185	16	60	З, К, БИК
MODIS	2300	<1	250–1000	С, З, К, БИК

Примечание. Перечень спектральных каналов съёмочной аппаратуры: С – синий; З – зелёный; К – красный; БИК – ближний инфракрасный; ПАН – панхроматический.

The main technical characteristics of the shooting equipment of some satellite systems

The name of the satellite system	Visibility, km	Frequency, days	Spatial resolution, m/pixels	Spectral characteristics
IKONOS	11	3	3.2	B, G, R, NIR
QuickBird-2	16.5	3–4	2.5	B, G, R, NIR
Worldview	17.6	2–4	0.5	PAN
ZY-3	50	1–3	5.8	B, G, R, NIR
Spot 5	60	1–4	10	B, G, R
Sentinel	290	10	20	B, G, R, NIR
Landsat 7	185	16	60	Z, K, NIR
MODIS	2300	<1	250–1000	B, G, R, NIR

Note. The list of spectral channels of the shooting equipment: B – blue; G – green; R – red; NIR – near infrared; PAN – panchromatic.

При необходимости индивидуальной оценки деревьев исследуемого лесного массива для определения вертикальной структуры леса или же размера отдельных экземпляров, что напрямую связано со значением биомассы, может быть применен метод лидарного дистанционного зондирования. С его помощью можно точно измерить плотность древостоя, высоту и плотность кроны. Технология лидарного зондирования позволяет получить 3D-информацию структуры лесного массива, а при совместном использовании с другими методами дистанционного мониторинга – увеличить точность оценки биомассы [11].

Картирование и получение прочих характеристик растительности при помощи методов дистанционного зондирования базируется на основе данных спектров отраженного излучения. Такие спектры обусловлены разным поглощением излучения различных длин волн биологическими пигментами, в частности хлорофиллом. Физиологическое состояние растительности параллельно изменяется с концентрацией пигментов в ее клетках и тканях и уровнем влагообеспеченности, поэтому эти показатели характеризуют здоровье растений [15; 16].

Для количественной оценки растительности, в частности ее наземной биомассы, полученные при дистанционном зондировании снимки обрабаты-

ваются при помощи вегетационных индексов. Вегетационные индексы представляют собой арифметические комбинации значений коэффициентов спектральной яркости в отдельных спектральных каналах аэрокосмического изображения. Данные выражения выводятся на основе эмпирических наблюдений и имеют целью увеличение информативности сигнала в отдельных каналах для исследований растительности при одновременном снижении влияния побочных факторов: атмосферы, яркости почвы, эффекта насыщения, зависимости от геометрии наблюдений [17]. На данный момент существует около 160 индексов, которые рассчитываются по широким и узким спектральным зонам в зависимости от спектральной яркости объектов. На рис. 1 представлен график зависимости спектральной яркости основных природных объектов от длины волны [11].

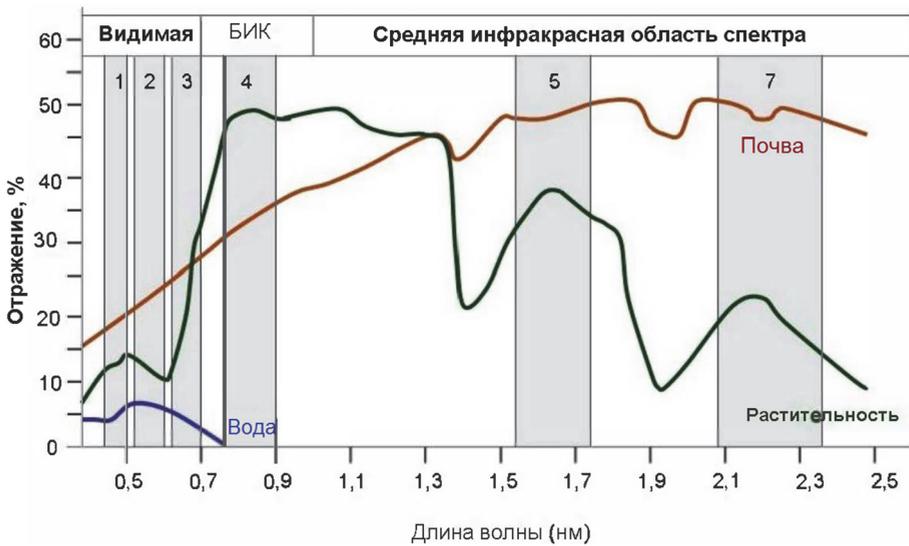


Рис. 1. Зависимость спектральной яркости основных природных объектов от длины волны

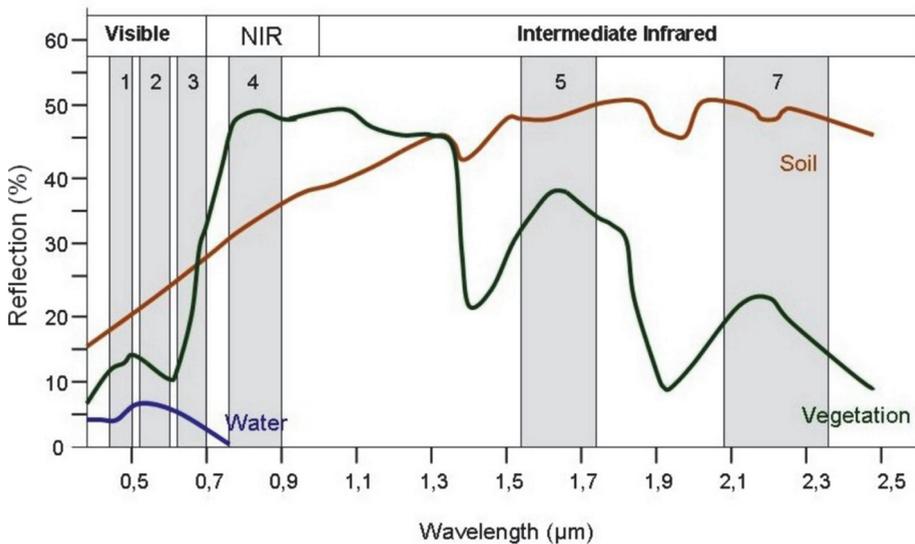


Figure 1. Dependence of the spectral brightness of the main natural objects on the wavelength

Спектральные вегетационные индексы рассчитываются по значениям наиболее стабильных участков спектра, а именно красной и ближней инфракрасной областей. Первая область (0,62–0,75 мкм) характеризуется максимумом поглощения солнечной радиации зеленым пигментом растений, а вторая (0,75–1,3 мкм) – максимальным отражением энергии [18].

Оценка состояния растительности, а также выявление территорий, занятых или свободных от насаждений, возможны при помощи индексов группы Broadband Greenness. Наиболее популярным индексом является NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), позволяющий количественно оценить биомассу растений и определяющийся по формуле

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра; RGB – отражение в видимой области спектра.

Данный индекс принимает положительные значения для растительности, и чем оно больше, тем выше значение биомассы [15; 19]. Существует множество работ, в которых используется NDVI в качестве оценки биомассы. Данный индекс успешно применен при ее моделировании на сезонных водно-болотных, лесных и сельскохозяйственных угодьях [14].

Существует устойчивая корреляция между показателем NDVI и продуктивностью для различных типов экосистем, отраженная на рис. 2 [9].

Однако чаще расчет NDVI употребляется на основе серии разновременных (разносезонных) снимков с заданным временным разрешением, позволяя получать динамическую картину процессов изменения границ и характеристик различных типов растительности (месячные вариации, сезонные вариации, годовые вариации) [20].

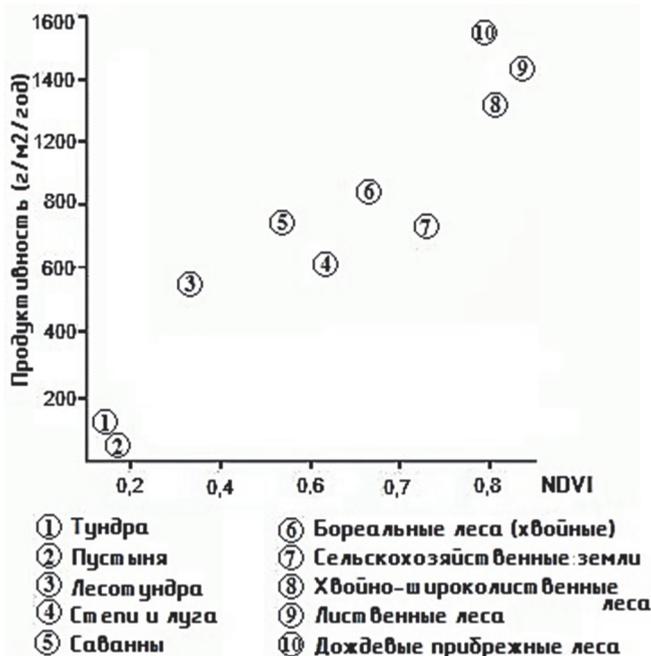


Рис. 2. Корреляция между показателем NDVI и продуктивностью для различных типов экосистем

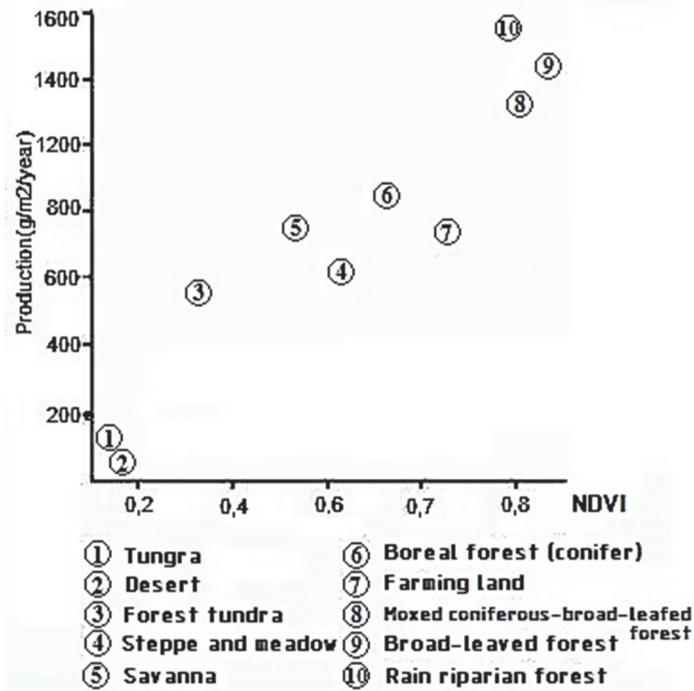


Figure 2. Correlation between NDVI and productivity for different types of ecosystems

Будучи искусственным безразмерным показателем, NDVI предназначен для измерения эколого-климатических характеристик растительности, но в то же время может показывать значительную корреляцию с некоторыми параметрами, совсем другой области: продуктивностью (временные изменения), биомассой, влажностью и минеральной (органической) насыщенностью почвы, испаряемостью (эвапотранспирацией), объемом выпадаемых осадков, мощностью и характеристиками снежного покрова и др. [21].

В некоторых случаях применение только NDVI не может дать корректную оценку полученных данных со снимков. Например, при достижении определенного порога развития растения индекс теряет чувствительность, то есть если растение развивается очень активно, то по NDVI нельзя отличить anomalно зеленое растение от «обычного» зеленого [22].

В этой связи дополнительно с интерпретированием снимков на основании вегетационного индекса NDVI при оценке снижения выбросов углерода путем восстановления сельскохозяйственных угодий часто используются четыре вегетационных индекса: RVG (Ratio Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), GCC (Green Chromatic Coordinate) и f_c (Fractional Green Vegetation Cover). Например, SAVI был выбран для уменьшения влияния почвы при интерпретировании результатов, так как не вся исследуемая территория покрыта растительностью [23].

Существуют и другие вегетационные индексы, которые, по сути, являются альтернативой индексу NDVI. Так, если нет возможности использовать для съемки камеру с инфракрасным каналом, достаточно часто используют индекс VARI (Visible Atmospheric Resistant Index) – показатель фотосинте-

тической активности, разработанный специально для работы с RGB-камерами, который определяется по формуле

$$\text{VARI} = (\text{Green} - \text{Red}) / (\text{Green} + \text{Red} - \text{Blue}),$$

где Green – значения пикселей из зеленого канала; Red – значения пикселей из красного канала; Blue – значения пикселей из синего канала [24].

Безусловно, наземная биомасса зеленых насаждений характеризуется наиболее динамично меняющимся содержанием углерода. Применимость дистанционного мониторинга к определению такого типа биомассы делает возможным его использование для прогнозирования эффективности поглощения углекислого газа [10].

На сегодняшний день уже известны методы оценки поглощения углерода путем его связывания внутри лесного массива. Так, в «Руководящих принципах эффективной практики Межправительственной группы экспертов по изменению климата» подсчет эффективности поглощения углерода базируется на использовании значения биомассы лесных насаждений с последующим преобразованием этого значения в массу углерода, исходя из предположения, что в биомассе содержится 49 % углерода. В дальнейшем представляется возможным произвести пересчет результата в единицы CO₂ посредством умножения значения на 3,67, что составляет отношение атомной массы CO₂ и C соответственно [25]. Подобная методика определения уловленного углерода и углекислого газа использовалась учеными из Индии, Новой Зеландии и Южной Африки для изучения способности улавливания углекислого газа конкретными видами растений [26]. Тем не менее в работе Г.П. Аснера и соавт. по изучению лесов Амазонии отмечено, что разница между значениями, рассчитанными по данному методу и полученными при помощи воздушного лидарного зондирования, составляет более 30 %. Одной из вероятных причин этого названа неоднородность плотности углерода в лесах в различных масштабах [27].

Прогнозирование эффективности поглощения углекислого газа лесным массивом должно базироваться не только на полученном значении биомассы. Следует отметить, что протекание данного процесса зависит от климатических и временных характеристик, а также вида произрастающей растительности [28]. Один вид, произрастая в разных регионах, может демонстрировать отличающиеся между собой скорости поглощения углерода. В исследовании Б. Бернал и соавт. проанализированы 1197 точек древостоя по всему миру с целью определения коэффициента поглощения углерода в зависимости от климатических условий произрастания. В результате установлено, что темпы поглощения хвойными, дубовыми и широколиственными породами деревьев в тропических регионах характеризовались наибольшей скоростью. При этом эвкалипт показал стабильно высокий коэффициент поглощения вне зависимости от условий произрастания (рис. 3) [29]. Наряду с прогнозированием эффективности поглощения углерода можно осуществлять прогноз его выделения при анализе снимков с территорий обезлесения, деградации или уничтожения растительности.

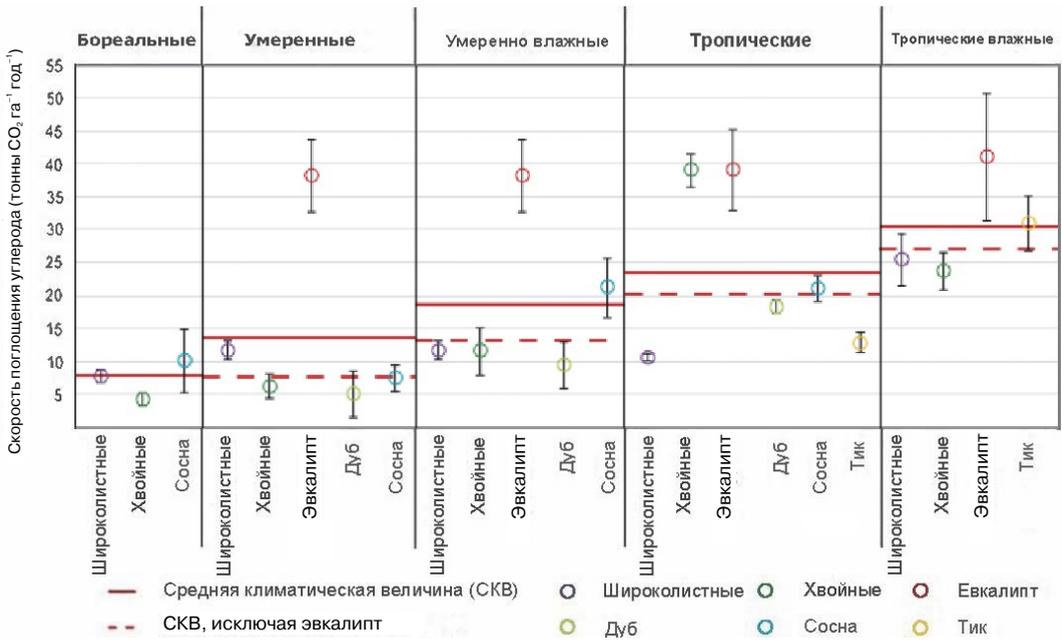


Рис. 3. Зависимость поглощения углекислого газа растительностью в различных климатических условиях

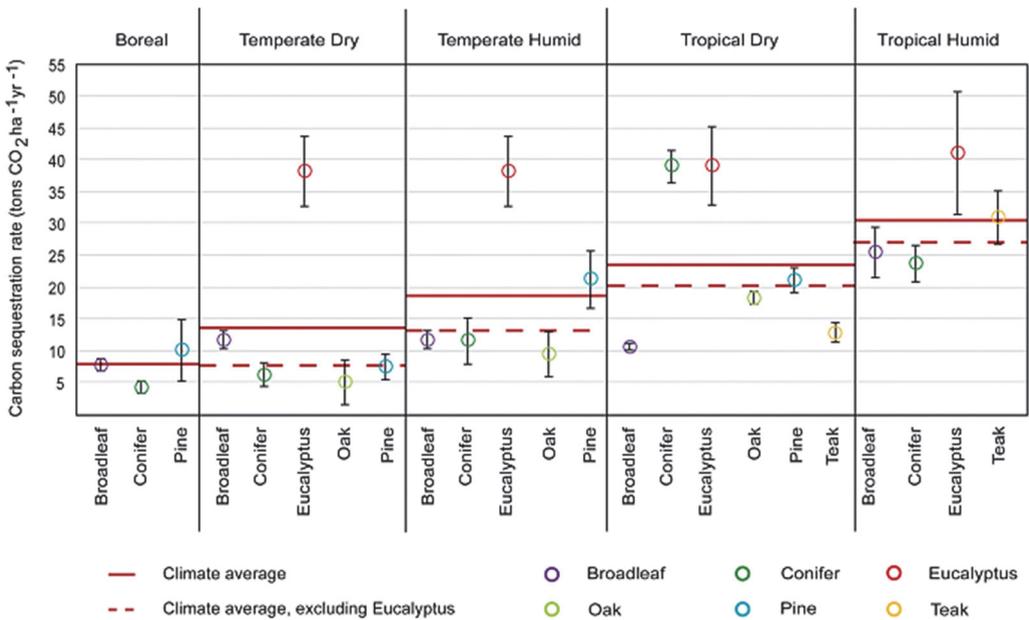


Figure 3. Dependence of carbon dioxide uptake by vegetation in different climatic conditions

При проведении дистанционного мониторинга следуют обращать внимание на возрастную структуру и схему произрастания деревьев. Существуют исследования старовозрастных деревьев с точки зрения их способности поглощать углерод. Часть из них указывают на отсутствие такой способности в связи со снижением производства биомассы и потерей деревьев из-за естественных природных нарушений, таких как удары молнии, поражение болезнями и грибами. При этом представители молодого леса характери-

зуются производством биомассы на высоком уровне в течение длительного времени, что способствует эффективному поглощению [10].

Схемы произрастания видов в лесном сообществе, а именно их плотность и пространственное расположение относительно друг друга, являются немаловажным фактором при прогнозировании поглощения. Например, в отчете Международного союза охраны природы сказано, что для связывания наибольшего количества углерода необходимо производить мозаичную посадку деревьев с использованием более низкой плотности их посадки. В этом случае будет задействована максимальная площадь земли, что обеспечивает эффективное связывание углерода на большей территории [25]. Однако в исследованиях Ю. Пан и соавт. основной причиной увеличения поглощения углерода в лесах умеренного климата наряду с существенным ростом площади лесов называется повышение плотности их посадки [28].

Заключение

Проблема снижения углеродного следа выходит на лидирующие позиции на международной арене. Все чаще поднимаются вопросы о внедрении технологий улавливания и хранения углекислого газа, особенно на территории Арктики в связи с ее хрупкой экосистемой. К настоящему времени часть стран Евросоюза предпринимает попытки уменьшения углеродного следа путем введения налогового регулирования.

Растительные сообщества занимают значительную территорию Российской Федерации, вследствие чего способны поглощать углекислый газ на большой площади. Одновременно с этим Россия характеризуется различными климатическими зонами и видами произрастающей растительности, которая имеет отличные значения удельной поглощающей способности. Поэтому для оценки растительности как инструмента секвестрации углекислого газа следует использовать методы дистанционного зондирования, которые эффективны при выделении определенных видов на больших территориях.

Список литературы / References

- [1] Di Vita G, Pilato M, Pecorino B, Brun F, D'Amico M. A Review of the role of vegetal ecosystems in CO₂ capture. *Sustain.* 2017;9:1840. <http://doi.org/10.3390/SU9101840>
- [2] Fyodorov BG, Moiseev BN, Sinyak YuV. Absorption capacity of Russian forests and carbon dioxide emissions by energy facilities. *Problemy Prognozirovaniya.* 2011; 126(3):127–42. (In Russ.)
Федоров Б.Г., Моисеев Б.Н., Сinyaк Ю.В. Поглощающая способность лесов России и выбросы углекислого газа энергетическими объектами // Проблемы прогнозирования. 2011. Т. 126. № 3. С. 127–142.
- [3] Akita N, Ohe Y. Sustainable forest management evaluation using carbon credits: from production to environmental forests. *Forests.* 2021;12(8):1–18. <http://doi.org/10.3390/f12081016>
- [4] Cherepovitsyn AE, Sidorova AE, Smirnova AE. Feasibility of using CO₂ sequestration technologies in Russia. *Neftgazovoe Delo.* 2013;(5):459–473. (In Russ.)
Череповицын А.Е., Сидорова А.Е., Смирнова Н.В. Целесообразность применения технологий секвестрации CO₂ в России // Нефтегазовое дело. 2013. № 5. С. 459–473.
- [5] Krasutsky BV. Absorption of carbon dioxide woods of Chelyabinsk region: modern ecological and economical aspects. *Tyumen State Univ. Herald Nat. Resour. Use Ecol.* 2018;4(3):57–68. <http://doi.org/10.21684/2411-7927-2018-4-3-57-68>

- [6] Koroleva NE. The main types of plant communities “Russian Svalbard.” *Trudy Karelskogo Nauchnogo Centra RAN*. 2016;(7):3–26. (In Russ.) <http://doi.org/10.17076/bg323>
 Королева Н.Е. Основные типы растительных сообществ «Русского Шпицбергена» // Труды Карельского научного центра РАН. 2016. № 7. С. 3–26. <http://doi.org/10.17076/bg323>
- [7] Vykova MV, Alekseenko AV, Pashkevich MA, Drebenstedt C. Thermal desorption treatment of petroleum hydrocarbon-contaminated soils of tundra, taiga, and forest steppe landscapes. *Environo. Geochem. Health*. 2021;43(6):2331–2346. <http://doi.org/10.1007/S10653-020-00802-0>
- [8] Kurbatova AI. Analytical review of modern studies of changes in the biotic components of the carbon cycle. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2020;28(4):428–438. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-4-428-438>
 Курбатова А.И. Аналитический обзор по современным исследованиям изменений биотических составляющих углеродного цикла // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2020. Т. 28. № 4. С. 428–438. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-4-428-438>
- [9] Zamolodchikov D, Grabovskiy V, Kurc V. Managing the carbon balance of Russia’s forests: past, present and future. *Ustojchivoe Lesopol'zovanie*. 2014;2(39):23–31. (In Russ.)
 Замолодчиков Д., Грабовский В., Курц В. Управление балансом углерода лесов России: прошлое, настоящее и будущее // Устойчивое лесопользование. 2014. Т. 2. № 39. С. 23–31.
- [10] Mancini MS, Galli A, Niccolucci V, Lin D, Bastianoni S, Wackernagel M, Marchettini N. Ecological footprint: refining the carbon footprint calculation. *Ecol. Indic*. 2016;61:390–403. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.040>
- [11] Xu D, Wang H, Xu W, Luan Z, Xu X. LiDAR applications to estimate forest biomass at individual tree scale: opportunities, challenges and future perspectives. *Forests*. 2021;12(5):1–19. <http://doi.org/10.3390/f12050550>
- [12] Calders K, Jonckheere I, Nightingale J, Vastaranta M. Remote sensing technology applications in forestry and REDD+. *Forests*. 2020;11(2):10–13. <http://doi.org/10.3390/f11020188>
- [13] Chen L, Ren C, Zhang B, Wang Z, Xi Y. Estimation of forest above-ground biomass by geographically weighted regression and machine learning with sentinel imagery. *Forests*. 2018;9(10):1–20. <http://doi.org/10.3390/f9100582>
- [14] Kumar L, Mutanga O. Remote sensing of above-ground biomass. *Remote Sens*. 2017;9(9):1–8. <http://doi.org/10.3390/rs9090935>
- [15] Adamovich TA, Kantor GYa, Ashikhmina TYa, Savinykh VP. The analysis of seasonal and long-term dynamics of the vegetative NDVI index in the territory of the State Nature Reserve “Nurgush”. *Teoreticheskaya i Prikladnaya Ecologiya*. 2018;(1):18–24. (In Russ.)
 Адамович Т.А., Кантор Г.Я., Ашихмина Т.Я., Савиных В.П. Анализ сезонной и многолетней динамики вегетационного индекса NDVI на территории государственного природного заповедника «Нургуш» // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 1. С. 18–24.
- [16] Ferwerda JG, Skidmore AK, Mutanga O. Nitrogen detection with hyperspectral normalized ratio indices across multiple plant species. *Int. J. Remote Sens*. 2005;26(18):4083–4095. <http://doi.org/10.1080/01431160500181044>
- [17] Seward A, Ashraf S, Reeves R, Bromley C. Improved environmental monitoring of surface geothermal features through comparisons of thermal infrared, satellite remote sensing and terrestrial calorimetry. *Geothermics*. 2018;73:60–73. <http://doi.org/10.1016/j.geothermics.2018.01.007>
- [18] Adão T, Hruška J, Pádua L, Bessa J, Peres E, Morais R, Sousa JJ. Hyperspectral imaging: a review on UAV-based sensors, data processing and applications for agriculture and forestry. *Remote Sens*. 2017;9(11):1110. <http://doi.org/10.3390/rs9111110>
- [19] Strizhenok AV, Ivanov AV. Ecological assessment of the current state of environmental components on the territory of the impact of cement production industry. *J. Ecol. Eng*. 2017;18(6):160–165. <http://doi.org/10.12911/22998993/76850>

- [20] Kusumaning Asri A, Lee HY, Pan WC, Tsai HJ, Chang HT, Candice Lung SC, Su HJ, Yu CP, Ji JS, Wu CD, Spengler JD. Is green space exposure beneficial in a developing country? *Landsc Urban Plan.* 2021;215:104226. <http://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2021.104226>
- [21] John J, Jaganathan R, Dharshan Shylesh DS. Mapping of Soil moisture index using optical and thermal remote sensing. *Lect. Notes Civ. Eng.* 2022;171:759–767. http://doi.org/10.1007/978-3-030-80312-4_65
- [22] Laefer DF. Harnessing remote sensing for civil engineering: then, now, and tomorrow. *Lecture Notes in Civil Engineering.* 2020;33:3–30.
- [23] Liu N, Harper RJ, Handcock RN, Evans B, Sochacki SJ, Dell B, Walden LL, Liu S. Seasonal timing for estimating carbon mitigation in revegetation of abandoned agricultural land with high spatial resolution remote sensing. *Remote Sens.* 2017;9(6):545. <http://doi.org/10.3390/rs9060545>
- [24] Chevrel S, Bourguignon A. Application of optical remote sensing for monitoring environmental impacts of mining: from exploitation to postmining. *L. Surf. Remote Sens. Environ. Risks.* Elsevier; 2016. p. 191–220. <http://doi.org/10.1016/B978-1-78548-105-5.50006-2>
- [25] IUCN and WRI. A guide to the Restoration Opportunities Assessment Methodology (ROAM): assessing forest landscape restoration opportunities at the national or sub-national level. Switzerland: IUCN; 2014.
- [26] Veludo G, Cunha M, Sá MM, Oliveira-Silva C. Offsetting the impact of CO₂ emissions resulting from the transport of Maiêutica's academic campus community. *Sustainability.* 2021;13:10227. <https://doi.org/10.3390/su131810227>
- [27] Asner GP, Powell GVN, Mascaro J, Knapp DE, Clark JK, Jacobson J, Kennedy-Bowdoin T, Balaji A, Paez-Acosta G, Victoria E., Secada L., Valqui M, Hughes RF. High-resolution forest carbon stocks and emissions in the Amazon. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2010;107(38):16738–16742. <http://doi.org/10.1073/pnas.1004875107>
- [28] Pan Y, Birdsey RA, Fang J, Houghton R, Kauppi PE, Kurz WA, Phillips OL, Shvidenko A, Lewis SL, Canadell JG, Ciais Ph, Jackson RB, Pacala SW, McGuire AD, Piao S, Rautiainen A, Sitch S, Hayes D. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science.* 2011;333(6045):988–993. <http://doi.org/10.1126/science.1201609>
- [29] Bernal B, Murray LT, Pearson TRH. Global carbon dioxide removal rates from forest landscape restoration activities. *Carbon Balance Manag.* 2018;13(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s13021-018-0110-8>

Сведения об авторах:

Пашкевич Мария Анатольевна, доктор технических наук, заведующая кафедрой геоэкологии, Санкт-Петербургский горный университет, Российская Федерация, 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2. ORCID: 0000-0001-7020-8219. E-mail: mpash@spmi.ru

Коротаева Анна Эдуардовна, аспирант, Санкт-Петербургский горный университет, Российская Федерация, 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2. ORCID: 0000-0002-0211-6782. E-mail: s205056@stud.spmi.ru

Bio notes:

Marina A. Pashkevich, Dr.Sci. (Eng.), Head of the Department of Geocology, Saint Petersburg Mining University, 2 21st Line, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-7020-8219. E-mail: mpash@spmi.ru

Anna E. Korotaeva, postgraduate student, Saint Petersburg Mining University, 2 21st Line, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-0211-6782. E-mail: s205056@stud.spmi.ru



ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ENVIRONMENTAL MONITORING

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-4-328-340

УДК 911.2:504.05(581)

Научная статья / Research article

Ландшафтный анализ проблем индикации достижения целей устойчивого развития для наименее развитых стран на примере Афганистана

И.В. Шашков

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

✉ i.v.shashkov@yandex.ru

Аннотация. Афганистан располагается в сложных географических условиях, которые накладываются на трудную социально-экономическую обстановку, в результате чего в мировых рейтингах страна с удручающим постоянством занимает последние строки по уровню жизни и развития. Хотя система индикаторов целей устойчивого развития (ЦУР) первоначально разработана для глобальных оценок, в рамках развития отдельных инициатив необходимо проведение и внутривнутристрановых исследований для выявления проблемных районов. Оценка возможности индикации геоэкологических проблем в Афганистане средствами показателей ЦУР позволяет выявить приоритеты в практическом применении данных индикаторов и в дальнейшем проводить уже полевые исследования с максимальной эффективностью. На основе ранее составленной авторской ландшафтной карты страны и данных официальной статистики, отчетов международных и национальных организаций и других источников выделены основные геоэкологические проблемы афганских ландшафтов, проведена балльная оценка их тяжести и составлены рекомендации по важности их освещения теми или иными индикаторами ЦУР. Система индикаторов ЦУР достаточно хорошо охватывает проблемы природно-антропогенных ландшафтов Афганистана. Однако недостаточное внимание уделено проблемам пасторальных ландшафтов – не наблюдается индикаторов, напрямую отслеживающих их состояние.

Ключевые слова: цели устойчивого развития, Афганистан, ландшафтный анализ, геоэкологические проблемы

Благодарности и финансирование. Работа выполнена в рамках НИР «Анализ региональных геоэкологических проблем в условиях глобальных изменений окружающей среды (ГЗ)» № 1.9, № ЦИТИС: 121040100322-8.

История статьи: поступила в редакцию 30.01.2021; принята к публикации 15.02.2021.

Для цитирования: Шашков И.В. Ландшафтный анализ проблем индикации достижения целей устойчивого развития для наименее развитых стран на примере Афганистана // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 4. С. 328–340. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-328-340>

© Шашков И.В., 2021



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

Landscape analysis of problems of indicating sustainable development goals for the least developed countries on the example of Afghanistan

Ivan V. Shashkov

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

✉ i.v.shashkov@yandex.ru

Abstract. Sustainable development of Afghanistan is prevented by many factors, both purely anthropogenic genesis, and natural. In this study, author tries to make an initial assessment of the possibility of indicating geoeological problems in Afghanistan by indicators of the sustainable development goals based on landscape analysis. This will allow to identify priorities in the practical application of these indicators, and to conduct field assessments with maximum efficiency. Author makes a point assessment of the priorities of the indication of the geoeological problems of different landscape units of Afghanistan, and the related assessment of tension of the geoeological situation.

Keywords: sustainable development goals, Afghanistan, landscape analysis, geoeological problems

Acknowledgements and Funding. The work was carried out with the support of institutional research project “Analysis of Regional Geoeological Problems under Global Environmental Change” No 1.9, No ZITIS: 121040100322-8.

Article history: received 30.01.2021; revised 15.02.2021.

For citation: Shashkov IV. Landscape analysis of problems of indicating sustainable development goals for the least developed countries on the example of Afghanistan. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(4):328–340. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-328-340>

Введение

Концепция устойчивого развития мира насчитывает уже не один десяток лет. После фактического провала 8 Целей тысячелетия, принятых мировым сообществом на период 2000–2015 гг., в 2015 г. были приняты новые 17 Целей устойчивого развития (ЦУР) на период 2015–2030 гг.¹ В отличие от предыдущих, новые цели в меньшей степени можно назвать идеологическими и в большей – практическими, что объясняет их выросшее количество. В рамках новой концепции ЦУР страны-участники призваны не только опираться на рекомендации служб ООН, но и самостоятельно разрабатывать свои стратегии и программы по устойчивому развитию. ЦУР играют роль ориентиров для стран, позволяя приводить свои планы в соответствие с международными обязательствами. Достижение 17 ЦУР и решение 169 задач, обозначенных в новой программе, контролируется и отслеживается при помощи показателей и индикаторов, разрабатываемых Межучережденческой и

¹ Доклад о Целях в области устойчивого развития / под ред. Л. Дженсена. Нью-Йорк: ООН, 2019.

экспертной группой по показателям достижения ЦУР. Изначально для каждой задачи запланирована разработка примерно двух показателей, но этот набор может дополняться показателями, разработанными государствами-членами и иными структурами, чтобы лучше контролировать процесс достижения целей и решения задач².

Исламская республика Афганистан (ИРА) располагается в весьма сложных географических условиях, представляющих собой высокогорный массив с узкими долинами и преимущественно крутыми склонами, окруженный песчаными и каменистыми пустынями [1]. Общая социальная и политическая картина в стране представляет собой некий «исторический заповедник» середины – конца Средних веков [2]. Данные параллели легко прослеживаются по многим направлениям, таким, например, как отношение к искусству, религии, праву и общественным нормам, правам человека и т. д. Можно даже сказать, что проблема нестабильности афганского государства проистекает скорее не от политического/этнического/религиозного и прочего экстремизма отдельных частей общества (к сожалению, достаточно больших), а от их некой остановки в историческом развитии на таком этапе, для которого как раз и были характерны подобные виды экстремизма и нетерпимости. В максимально широком смысле это выражается в том числе и в отсутствии способности осознавать и понимать политическую или этическую позицию оппонента, что снижает популярность дипломатических и, соответственно, повышает популярность силовых методов в политической борьбе.

С момента обретения независимости в 1919 г. в стране фактически не было завершено ни одной программы комплексной модернизации, не произошло перехода от аграрной экономики к индустриальной (не говоря о более высоких укладах) [3]. Все это время Афганистан с удручающим постоянством занимает последние строки в мировых рейтингах по уровню жизни и развития. Афганистан – один из лидеров по младенческой смертности (около 160/1000 мл.) и по смертности детей в возрасте до 5 лет (около 260/1000 д.). Средняя продолжительность жизни оценивается в 43,5 лет для женщин и 43 – для мужчин. Ежегодно весь Афганистан потребляет 1,2–1,4 млн т нефтепродуктов, из которых 80 % используется в автотранспорте и 20 % – в электростанциях, генераторах, оросительных насосах. В атмосферу выбрасывается 3–5 млн т диоксида карбона в год от сжигания топлива³.

Материалы и методы

Устойчивому развитию Афганистана препятствует множество факторов, как сугубо антропогенного генезиса (социально-политическая нестабильность и вооруженные конфликты, слабость экономики и т. д.), так и природного и смешанного природно-антропогенного (геоэкологического). Предметом нашего рассмотрения является последняя категория факторов.

² Indicators and a monitoring framework for the sustainable development goals: a report to the Secretary-General of the United Nations by the Leadership Council of the Sustainable Development Solutions Network SDSN. 2015.

³ Afghanistan's environment 2008. National Environmental Protection Agency of the Islamic Republic of Afghanistan, United Nations Environment Programme, 2008.

Хотя система индикаторов ЦУР первоначально разработана для глобальных оценок и сравнительного анализа стран мира, в рамках развития отдельных инициатив (например, достижение нейтрального баланса деградации земель [4]) в области движения к устойчивому развитию необходимо проведение и внутристрановых оценок и исследований для выявления «проблемных» сфер или районов. Мы провели первичную оценку возможности индикации геоэкологических проблем в Афганистане средствами показателей ЦУР, что позволяет выявить приоритеты в практическом применении данных индикаторов и в дальнейшем проводить уже полевые оценки с максимальной эффективностью. В масштабной системе индикации движения стран к ЦУР⁴, насчитывающей свыше 100 основных индикаторов (без учета рекомендуемых/национальных), часть можно отнести к категории «геоэкологических», связанных с процессами, происходящими в природно-антропогенных ландшафтах, и характеризующих не только состояние населения, но и состояние геосистем. Это индикаторы:

– ЦУР № 3 «Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте» (здесь и далее перевод дан по «Докладу о Целях в области устойчивого развития»⁵) – разрабатываемый индикатор № 3.28 «Смертность от загрязнения атмосферы»;

– ЦУР № 6 «Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех» – почти все индикаторы, привязанные к данной цели, а именно № 45 «Доля населения, пользующегося ответственно управляемыми услугами водоснабжения по городским/сельским районам», № 46 «Доля населения, пользующегося ответственно управляемыми санитарно-техническими услугами по городским/сельским районам», разрабатываемый № 47 «Доля сточных вод, обрабатываемых в соответствии с национальными стандартами (и повторно используемых)», разрабатываемый № 48 «Индикатор по управлению водными ресурсами», а также дополнительные национальные показатели – № 6.3 «Доля населения, подключенного к коллективной или индивидуальной канализации», № 6.6 «Доля муниципальных сточных вод, очищаемых и используемых повторно», разрабатываемый № 6.9 «Индикатор участия местных общин в улучшении управления водоснабжением и санитарией»;

– ЦУР № 11 «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов» – индикаторы № 6 «Потери от природных бедствий, связанных и не связанных с климатом (в долл. США и в случаях гибели населения)», № 69 «Пылевое загрязнение воздуха в городах (частицами PM 10, PM 2,5)», № 70 «Отношение площади зеленого каркаса к общей площади городов», № 71 «Доля твердых отходов в городах, регулярно убираемых и надлежащим образом утилизируемых»;

⁴ Indicators and a monitoring framework for the sustainable development goals: a report to the Secretary-General of the United Nations by the Leadership Council of the Sustainable Development Solutions Network SDSN. 2015.

⁵ Доклад о Целях в области устойчивого развития / под ред. Л. Дженсена. Нью-Йорк: ООН, 2019.

– ЦУР № 15 «Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биологического разнообразия» – комплексный показатель «Нейтральный баланс деградации земель (НБДЗ)» (учитывающий трансформации земельного фонда, продуктивность агроландшафтов и запасы органического углерода в почвах [4]), № 83 «Годовое изменение площади лесов и обрабатываемых земель», № 84 «Доля лесов, находящихся под ответственным управлением лесами», № 85 «Годовое изменение площадей деградированных или опустыненных обрабатываемых земель», а также дополнительные национальные показатели – № 15.1 «Улучшение безопасности владения и управления лесами», разрабатываемый № 15.2 «Индикатор сохранности горных экосистем».

Нашей задачей была оценка возможности использования данных индикаторов (предназначенных для характеристики стран как единого целого в масштабе всего мира) для отдельных районов Афганистана, демонстрирующего значительную пространственную дифференциацию совокупности природных и антропогенных элементов. Поскольку в Афганистане по большей части рассматриваемых индикаторов информация не собирается не только на региональном уровне, но и на общегосударственном, на текущем этапе исследования их геоэкологических проблем важно в принципе выстроить пространственные приоритеты сбора данной информации.

Разнообразие и контрастность ландшафтных условий Афганистана предполагают большое разнообразие неблагоприятных природных и природно-антропогенных процессов (выражающихся подчас и в виде стихийных бедствий), влияющих на сельскохозяйственные и урбанизированные ландшафты и их население. Учитывая их разномасштабность, различия в подходах к классификации равнинных оазисных и горных сельскохозяйственных ландшафтов, неравномерность в информационной обеспеченности данными разных категорий геоэкологических проблем, присущих всему Афганистану, для проведения сравнительного анализа мы использовали балльную экспертную оценку, также определяющую и важность индикации какой-либо проблемы в том или ином ландшафте. Принцип присвоения баллов проблемам: по их наличию (1 балл – требуется обязательная индикация), отсутствию (0 баллов – индикация не требуется) либо слабой выраженности (0,5 балла – индикация желательна, но не обязательна). Суммарное количество баллов позволяет условно оценить общую степень напряженности геоэкологической обстановки. Данные об антропогенном давлении на агроландшафты служили одновременно и косвенным показателем остроты тех или иных проблем, и способом косвенной верификации итоговой суммарной оценки.

Результаты и обсуждение

Полученные данные представлены на рисунке.

Суббореальные высокогорные ландшафты (от 2700 м над ур. м.):

1 – эрозионное гляциальное высокогорье с многочисленными ледниками, сложенное древними породами архея и протерозоя (гнейсы, мигматиты, кварциты и др.), а также вулканическими породами различного состава и магматическими

породами различного возраста, с преобладанием на непокрытых ледниками поверхностях альпийской смешанной травянистой и субальпийской кустарниковой растительности с участием рододендрона, кизильника и карликовой ивы на малоразвитых горно-луговых и горно-тундровых почвах; 2 – эрозионное высокогорье, осложненное межгорными котловинами, сложенное палеогеновыми породами (известняки, мергели, алевролиты), местами магматическими породами различного возраста, с преобладанием в верхнем поясе злаково-разнотравных лугов и травянистых степей с астрагалом, сменяющихся ниже зарослями можжевельника либо кустарниково-степной растительностью с участием полыни, с соответствующей сменой горно-луговых почв горно-степными почвами; 3 – эрозионное высокогорье без следов современного оледенения, сложенное породами архея и протерозоя (гнейсы, мигматиты, кварциты и др.), а также вулканическими и магматическими породами различного возраста и состава, с отчетливо выраженной поясностью в почвенно-растительном покрове со сменой можжевельникового редколесья и кустарников на горно-степных почвах вечнозелеными дубовыми лесами с участием барбариса, ореха, фисташки и персика на горно-лесных бурых почвах; 4 – эрозионное высокогорье, сложенное породами архея и протерозоя (гнейсы, мигматиты, кварциты и др.), с участием магматических пород различного возраста, с относительно выраженной поясностью в почвенно-растительном покрове, при которой высокогорные смешанные луга и травянистые степи с астрагалом на горных лугово-степных почвах сменяются кустарниково-степной растительностью с участием полыни и астрагалом на горно-степных и горных типичных сероземах; 5 – эрозионное высокогорье, сложенное исключительно породами мелового возраста (песчаники, конгломераты, алевролиты, мергели, известняки, гипсы, вулканические породы), с относительно выраженной поясностью почвенно-растительного покрова, при которой верхний пояс образуют высокогорные смешанные луга и травянистые степи с астрагалом на горно-луговых почвах, а нижний – кустарниково-степная растительность с участием полыни и астрагала на горно-степных почвах; 6 – эрозионное и денудационно-эрозионное высокогорье с преобладанием куэстового рельефа, осложненное межгорными котловинами, сложенное породами мелового возраста (песчаники, конгломераты, алевролиты, мергели, известняки, гипс, вулканические породы), с относительно выраженной поясностью почвенно-растительного покрова со сменой высокогорных смешанных лугов и травянистых степей с астрагалом на лугово-степных почвах кустарниково-степной растительностью с участием полыни и астрагала на горно-степных почвах, которые в свою очередь сменяются полынными и полынно-трагакантовыми эфемерными степями на пустынно-степных почвах.

Суббореальные среднегорные ландшафты (1400–2700 м над ур. м.):

7 – денудационно-эрозионное среднегорье, осложненное межгорными котловинами и местами – голоценовыми речными долинами, сложенное разнообразными породами архея и протерозоя (гнейсы, мигматиты, кварциты и др.), магматическими породами различного возраста, а также породами карбонового возраста (нефриты, глинистые сланцы, известняки, конгломераты, песчаники), с относительно выраженной высотной поясностью почвенно-

растительного покрова со сменой кустарниково-степных сообществ с участием полыни и астрагала на горно-степных почвах смешанными травянисто-полынными эфемерными степями с пятнами кустарниковой растительности, а также полынными и полынно-трагакантовыми эфемерными степями на горных типичных сероземах; 8 – эрозионное и денудационно-эрозионное среднегорье, осложненное голоценовыми речными долинами и межгорными котловинами, сложенное разнообразными породами палеогенового возраста (песчаники, алевролиты, конгломераты), на востоке породами юры и триаса (песчаники, алевролиты, мергели, конгломераты, вулканические породы, известняки, доломиты, глинистые сланцы), а также вулканическими и магматическими породами различного состава и возраста, с преобладанием вечно-зеленых дубовых редколесий с участием барбариса, ореха, фисташки и персика и хвойных редколесий с участием сосны, кедра, ели, пихты, тиса и дуба на горно-лесных бурых почвах; 9 – денудационно-эрозионное среднегорье с преобладанием куэстового рельефа, осложненное межгорными котловинами, сложенное преимущественно породами мелового возраста (песчаники, конгломераты, алевролиты, мергели, известняки, гипсы, вулканические породы), в центральной и восточных частях – породами юры (мергели, известняки, алевролиты, песчаники, конгломераты, соли, уголь, вулканические породы), на западе – кайнозойскими вулканическими породами различного состава, с выраженной высотной поясностью почвенно-растительного покрова, со сменой кустарниково-степных сообществ с участием полыни и астрагала на горно-степных почвах, полынными и полынно-трагакантовыми эфемерными степями на горных типичных сероземах.

Суббореальные и субтропические низкогорные и равнинные ландшафты (до 1400 м над ур. м.): 10 – суббореальное останцовое низкогорье, осложненное голоценовыми речными долинами, сложенное породами начала палеогена (известняки, мергели, алевролиты), неогена (галька, конгломераты, песчаники, алевролиты, глины, мергели, соли и гипсы) и четвертичного периода (конгломераты, галька, пески, лессы, суглинки, травертины, соли), покрытое можжевельновыми кустарниковыми зарослями на горных темных сероземах, а на востоке – смешанными травянисто-полынными эфемерными степями с пятнами кустарниковой растительности на типичных сероземах (на лессах); 11 – субтропические аккумулятивно-делювиальные лессовые равнины, сложенные породами начала четвертичного периода (конгломераты, галька, пески, лессы, суглинки, травертины, соли) и неогена (галька, конгломераты, песчаники, алевролиты, глины, мергели, соли, гипсы), под осоково-мятликовыми эфемерными полупустынями с пятнами галофильной растительности и полынными и полынно-трагакантовыми эфемерными степями на сероземах; 12 – субтропическое денудационно-эрозионное останцовое предгорье, осложненное древне-плейстоценовыми аллювиальными формами, сложенное породами неогена (галька, конгломераты, песчаники, алевролиты, глины, мергели, соли, гипсы), начала перми (феллиты, песчаники, алевролиты, кварциты, конгломераты), мела (песчаники, конгломераты, алевролиты, мергели, известняки, гипс, вулканические породы), юры и триаса (песчаники, алевролиты, мергели, конгломераты, вулканические породы, известняки,

доломиты, глинистые сланцы), под полынными и полынно-трагакантовыми эфемерными степями на горных легких сероземах; 13 – субтропические песчаные пустыни, сложенные породами четвертичного периода (конгломераты, галька, пески, лессы) под разреженными кустарничковыми эфемерами на малоразвитых почвах; 14 – субтропическое денудационно-эрозионное низкогорье с преобладанием куэстового рельефа, сложенное преимущественно породами палеогена (песчаники, алевролиты, конгломераты), реже неогена (галька, конгломераты, песчаники, алевролиты, глины, мергели, соли, гипсы), под полынными и полынно-трагакантовыми эфемерными степями на горных типичных сероземах; 15 – субтропические аккумулятивные предгорные волнистые равнины, сложенные различными породами, в том числе начала четвертичного периода (конгломераты, галька, пески, лессы, суглинки, травертины, соли), неогена (галька, конгломераты, песчаники, алевролиты, глины, мергели, соли, гипсы), архея и протерозоя (гнейсы, мигматиты, кварциты, гранулиты, эклогиты, хрустали, кристаллические сланцы, мраморы, амфиболиты), покрытые закустаренными степями с участием полыни и астрагала, полынными и полынно-трагакантовыми эфемерными степями преимущественно на горных типичных и темных сероземах; 16 – субтропические аллювиальные равнины, осложненные голоценовыми речными долинами, сложенные породами начала четвертичного периода (конгломераты, галька, пески, лессы, суглинки, травертины, соли) и начала палеогена (известняки, мергели, алевролиты), покрытые полынно-солянковыми, тамарисковыми и камышовыми галофильными сообществами на солончаках, легких сероземах, коричневых почвах и такырах; 17 – субтропические аллювиальные равнины, сложенные породами четвертичного периода (конгломераты, галька, пески, лессы, суглинки, травертины, соли) и палеогена (известняки, мергели, алевролиты) с солянковыми береговыми сообществами на солончаках и сероземах (дано по [5]).

Как видно из таблицы, среди ландшафтов пустынных равнин с крупнооазисным орошаемым земледелием на конусах выноса бессточных рек с отгонно-пастбищным степным и пустынным скотоводством наиболее тяжелая ситуация сложилась в оазисе городов Балха и Акчи (6,5 балла). Это объясняется значительными, на фоне двух других оазисов, площадями урбандошадта и связанных с этим проблем «большого города». Прочие оазисы оценены в 4,5 балла каждый. Ландшафт горных склонов с неорошаемым богарным земледелием и горно-пастбищным скотоводством оценен в 4 балла: хотя все проблемы имеют в нем незначительное развитие, однако их немало, и связаны они преимущественно с природными условиями, среди которых главную роль играет их «склоновость». Среди обширной категории ландшафтов пустынных равнин с крупнооазисным орошаемым земледелием в широких речных долинах с отгонно-пастбищным степным и пустынным скотоводством наиболее тяжелая геоэкологическая ситуация предсказуемо сложилась в г. Кабуле (рекордные 10 баллов) – из-за обширной перенаселенной агломерации, захватывающей окружающие поля и пастбища, накладывающейся на сложный рельеф местности. В остальных оазисах данного подкласса ситуация варьируется от 5 до 6 баллов, почти в каждом из них есть крупные города.

Геоэкологические проблемы природно-антропогенных ландшафтов Афганистана и приоритизация их индикации в системе ЦУР (составлено автором)

Сельскохозяйственные ландшафты, №	Провинции	Ключевые агроландшафты	Природные ландшафты, №	Природные и природно-антропогенные процессы					Стихийные бедствия					Загрязнение окружающей среды (характерно преимущественно для урбo-ландшафтов)			Общая оценка напряженности геоэкологической ситуации, баллы	
				Обезлесение	Ускорение эрозии	Вторичное засоление пахотных земель	Дигрессия пастбищ	Истощение подземных вод	Наводнения	Землетрясения	Засухи	Оползни	Лавины	Загрязнение атмосферы	Загрязнение вод	Загрязнение бытовыми отходами		
																		83, 84, 15.1, 15.2
№ индикаторов ЦУР				83, 84, 15.1, 15.2	48, НБДЗ	48, НБДЗ	НБДЗ	45, 46, 47, 48, 6.3, 6.6, 6.9	6	6	6	6	6	6	3.28, 69, 70	45, 46, 47, 48, 6.3, 6.6, 6.9	71	
1	Балх	Кем	11		0,5	1				1	1				0,5	0,5	4,5	
	Балх, Джаузджан	Балх и Акча	11		0,5	1				1	1			1	1	1	6,5	
	Джаузджан	Шибеган	13		0,5	1				1	1				0,5	0,5	4,5	
2	Бадахшан, Тахар, Кундуз, Баглан, Саманган, Балх, Сари-Пуль, Джаузджан, Фарьяб, Бадгис, Герат	-	10, 7, 11		1		0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5				4	
3	Кундуз	Кундуз и Ханабад	11			1	0,5			1	1				1	1	5,5	
	Баглан	Баглан	10			0,5				1	0,5				0,5	0,5	3	
	Герат	Герат	12, 11		0,5	0,5	0,5				1			0,5	1	1	5	
	Фарах	Фарах	12			1	0,5	1		1	1			0,5	0,5	0,5	6	
	Гильменд	Лашкаргах и Марджа	11			1	0,5	0,5	0,5		1			0,5	0,5	0,5	5	
	Кандагар	Кандагар	12			0,5	0,5	0,5			1			0,5	1	1	5	
	Газни	Газни	15		0,5	1	0,5	1		0,5	1				1	0,5	6	
	Пактия, Пактика	Гардез	15		0,5	1	0,5	1		0,5	1				1	0,5	6	
	Хост	Хост	8		0,5	1				0,5	1			0,5	1	0,5	5	
	Кабул	Кабул	15, 7		1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	10	
Нангархар	Джелалабад	15			0,5	0,5		0,5	1	0,5			0,5	1	1	5,5		
4	Гор	-	2, 4, 5, 6, 7, 9		1		1		1			1	0,5				4,5	
	Дайкунди		4, 5, 7		1		1				0,5	1	1				4,5	
	Урузган		4, 7		1		1				0,5						2,5	
	Бамиан		2, 4, 5, 7		1		1					1	1				4	
	Вардак		4, 5, 7, 15		1		1				0,5	0,5	0,5				3,5	
	Панджшер		1, 15		1		1		1	1	0,5	0,5	1		0,5	0,5	7	
Нуристан	1, 3	1	1		1		1	1			1	1	0,5		7,5			

Geocological problems of natural-anthropogenic landscapes of Afghanistan and prioritization of their indication in the SDG system (by the author)

Agricultural landscapes, No	Provinces	Main farmlands or villages	Natural landscapes, No	Natural and natural-anthropogenic processes					Natural disasters					Environmental pollution (mainly for urban landscapes)			General assessment of the intensity of the environmental situation, points
				Deforestation	Erosion acceleration	Secondary salinization of arable land	Grassland digression	Groundwater depletion	Floods	Earthquakes	Droughts	Landslide	Avalanches	Air pollution	Water pollution	Waste pollution	
No indicator in the SDG system				83, 84, 15.1, 15.2	NBLD, 85	NBLD, 85	NBLD	45, 46, 47, 48, 6.3, 6.6, 6.9	6	6	6	6	6	3.28, 6.9, 7.0	45, 46, 47, 48, 6.3, 6.6, 6.9	71	
1	Balkh	Khem	11		0.5	1				1	1				0.5	0.5	4.5
	Balkh, Jowzjan	Balkh and Akcha	11		0.5	1				1	1			1	1	1	6.5
	Jowzjan	Shiber-gan	13		0.5	1				1	1				0.5	0.5	4.5
2	Badakhshan, Takhar, Kunduz, Baghlan, Samangan, Balkh, Sar-e Pol, Jowzjan, Faryab, Badghis, Herat	-	10, 7, 11		1		0.5	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5				4
3	Kunduz	Kunduz and Khana-bad	11			1	0.5			1	1				1	1	5.5
	Baghlan	Baghlan	10			0.5				1	0.5				0.5	0.5	3
	Herat	Herat	12, 11		0.5	0.5	0.5				1			0.5	1	1	5
	Farah	Farah	12			1	0.5	1		1	1			0.5	0.5	0.5	6
	Helmand	Lash-kargah and Marja	11			1	0.5	0.5	0.5		1			0.5	0.5	0.5	5
	Kandahar	Kanda-har	12			0.5	0.5	0.5			1			0.5	1	1	5
	Ghazni	Ghazni	15		0.5	1	0.5	1		0.5	1				1	0.5	6
	Paktia, Paktika	Gardez	15		0.5	1	0.5	1		0.5	1				1	0.5	6
	Khost	Khost	8		0.5	1				0.5	1			0.5	1	0.5	5
Kabul	Kabul	15, 7		1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	10	
Nangarhar	Jala-labad	15			0.5	0.5		0.5	1	0.5			0.5	1	1	5.5	
4	Ghor	-	2, 4, 5, 6, 7, 9		1		1		1			1	0.5				4.5
	Daykundi		4, 5, 7		1		1				0.5	1	1				4.5
	Uruzgan		4, 7		1		1				0.5						2.5
	Bamyan		2, 4, 5, 7		1		1					1	1				4
	Wardak		4, 5, 7, 15		1		1				0.5	0.5	0.5				3.5
	Panjshir		1, 15		1		1		1	1	0.5	0.5	1		0.5	0.5	7
Nuristan	1, 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	7.5		

Наконец, в ландшафте высокогорья с орошаемым земледелием в речных долинах со скотоводством на альпийских пастбищах тяжелая ситуация сложилась в Нуристане и Панджшере – плотнонаселенных, со слабым развитием инфраструктуры и сложными природными условиями (особенно в Нуристане). В прочих районах ситуация оценивается в 3–4 балла (и даже в рекордно низкие 2,5 балла в Урузгане), что обусловлено природными процессами и стихиями.

Заключение

Существующая и планируемая система индикаторов целей устойчивого развития достаточно хорошо охватывает проблемы природно-антропогенных ландшафтов Афганистана, несмотря на их разнообразие. Однако недостаточное внимание уделено проблемам пасторальных ландшафтов: не наблюдаются индикаторы, напрямую отслеживающие их состояние (за исключением НБДЗ, относящегося к задачам ЦУР), в отличие от агроландшафтов. Поскольку роль пастбищного скотоводства крайне важна для многих развивающихся стран, необходимо включение в систему ЦУР и подобного показателя.

Подводя итог, можно сказать, что тяжесть и масштаб геоэкологических проблем в Афганистане сильнее всего связан со степенью населенности. Уровень развития инфраструктуры везде – и в городах, и на селе – низкий¹ [6], поэтому там, где происходит быстрый рост населения на ограниченной площади, сильнее проявляются несовершенства городской среды [7]. Таким образом, наиболее благоприятная ситуация сложилась в горах (хотя там больше природных рисков), а наиболее тяжелая – в оазисах и связанных с ними городах. Данное ранжирование не учитывает социально-экономическую ситуацию и продовольственную безопасность – в этом отношении ситуация будет прямо противоположной. Продуктивность горных агроландшафтов сама по себе ниже и намного сильнее зависит от природы, чем оазисы с их прудами и водохранилищами.

Список литературы

- [1] *Вавилов Н.И.* Земледельческий Афганистан: избранные труды. М. – Ленинград: АН СССР, 1959. 415 с.
- [2] *Евсеев А.В.* Основные подходы к классификации природопользования // Рациональное природопользование: теория, практика, образование / под общ. ред. М.В. Слипичука. М.: Географический факультет МГУ, 2012. С. 151–160.
- [3] *История Афганистана с древнейших времен до наших дней / отв. ред. Ю.В. Ганковский.* М.: Мысль, 1982. 368 с.
- [4] *Деградация земель и опустынивание в России: новейшие подходы к анализу проблемы и поиску путей решения / отв. ред. Г.С. Куст.* М.: Перо, 2019. 235 с.
- [5] *Шаишов И.В.* Ландшафтная дифференциация систем природопользования в Афганистане // Известия Русского географического общества. 2019. Т. 151. № 3. С. 41–54. <http://doi.org/10.31857/S0869-6071151341-54>

¹ *Катинайтэ В.* Афганские кучи – кочевники на грани // Азаттык. 2015, 29 сентября. URL: www.rus.azattyq.org/a/afghanistan-society-nomads/27276402.html (дата обращения: 17.01.2021).

- [6] *Ежов Г.П.* Экономическая география Афганистана. М.: МГУ, 1990. 160 с.
[7] *Окимбеков У.В.* Экономика Афганистана (производственная инфраструктура). М.: ИВ РАН, 2016. 446 с.

References

- [1] Vavilov NI. *Agricultural Afghanistan. Selected works*. Moscow, Leningrad: AN SSSR Publ.; 1959. (In Russ.)
[2] Evseev AV. Basic approaches to the classification of nature management. In: Slipenchuk MV. (ed.) *Rational Nature Management: Theory, Practice, Education*. Moscow: Geograficheskij Fakul'tet MGU Publ.; 2012. p. 151–160. (In Russ.)
[3] Gankovskij, YuV. (ed.) *The history of Afghanistan from ancient times to the present day*. Moscow: Mysl' Publ.; 1982. (In Russ.)
[4] Kust GS. (ed.) *Land degradation and desertification in Russia: modern approaches to the problem analysis and ways of solution*. Moscow: Pero Publ.; 2019. (In Russ.)
[5] Shashkov IV. Landscape differentiation of environmental management systems in Afghanistan. *Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2019;151(3):41–45. <http://doi.org/10.31857/S0869-6071151341-54> (In Russ.)
[6] Ezhov GP. *Economic geography of Afghanistan*. Moscow: MGU Publ.; 1990. (In Russ.)
[7] Okimbekov UV. *Economy of Afghanistan (industrial infrastructure)*. Moscow: IV RAN Publ.; 2016. (In Russ.)

Сведения об авторе:

Шашков Иван Владимирович, инженер, кафедра физической географии мира и геоэкологии, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1. eLIBRARY SPIN-код: 3607-0885, eLIBRARY AuthorID: 1049807, Istina-ResearcherID (IRID): 26484239. E-mail: i.v.shashkov@yandex.ru

Bio note:

Ivan V. Shashkov, engineer, Department of World Physical Geography and Geoecology, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russian Federation. eLIBRARY SPIN-code: 3607-0885, eLIBRARY AuthorID: 1049807, IstinaResearcherID (IRID): 26484239. E-mail: i.v.shashkov@yandex.ru



ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ENVIRONMENTAL ECONOMICS

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-4-341-354

UDC 502.3:504.03

Research article / Научная статья

Evaluation and use of existing economic valuation methodologies in the management of Lake Victoria's water resources

Martin Mamboleo *Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia*✉ mamboleomartin@gmail.com

Abstract. Lake Victoria is the second-largest freshwater lake in the world, with an ecosystem critical to 25–30 million inhabitants of Kenya, Uganda, Tanzania, Rwanda, and Burundi who live in the lake basin. The lake provides several ecosystem services from inland waterway transport, fisheries to hydropower and supports many different industries such as tourism, trade, and wildlife. However, Lake Victoria's ecosystem management has been highly extractive; hence its water resources are either inefficiently or overused. This is because the value of this resource is either unknown or underestimated. The main purpose of the research was to contribute to Lake Victoria's conservation efforts by providing the best techniques that can be used to assess the value of this resource and develop appropriate policies for the sustainable management of the lake. The study reviewed relevant literature on the economic assessment methods of environmental resources in the context of water management. Search engines such as Google Scholar, Web of Science, and ScienceDirect were used for it. The study suggests methods for economic valuation of Lake Victoria water ecosystem for each service. The proposed techniques can be used for assessing the value and benefits of conservation and restoration of Lake Victoria ecosystem.

Keywords: water ecosystem services valuation, water resources management, Wetland's valuation

Acknowledgements and Funding. This article acknowledges the organizers of the *GEC 2021: International Research Conference on Global Environmental Change: Ecosystems, Climate, Natural Resources, Humans* for publishing (on 30th March 2022) this abstract in their conference proceedings. The conference was held online on 14th of September 2021.

Article history: received 15.06.2021; revised 25.12.2021.

For citation: Mamboleo M. Evaluation and use of existing economic valuation methodologies in the management of Lake Victoria's water resources. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(4):341–354. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-341-354>

© Mamboleo M., 2021



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

Использование экономических методологий оценки при управлении водными ресурсами озера Виктория

М. Мамболео 

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

✉ mamboleomartin@gmail.com

Аннотация. Озеро Виктория – второе по величине пресноводное озеро в мире, экосистема которого критически важна для 25–30 млн жителей Кении, Уганды, Танзании, Руанды и Бурунди, проживающих в бассейне озера. Озеро обеспечивает несколько экосистемных услуг: от внутреннего водного транспорта, рыболовства до гидроэнергетики и поддерживает множество различных отраслей, таких как туризм, торговля и дикая природа. Однако управление экосистемой озера Виктория не было ресурсосберегающим; следовательно, его водные ресурсы используются либо неэффективно, либо чрезмерно. Это связано с тем, что ценность данного ресурса неизвестна или недооценена. Основная цель исследования – внести вклад в усилия по сохранению озера Виктория, предоставив лучшие методы, которые можно использовать для оценки ценности этого ресурса и разработки соответствующей политики для устойчивого управления озером. Проведен обзор соответствующей литературы по методам экономической оценки ресурсов окружающей среды в контексте управления водными ресурсами. В исследовании использовались поисковые системы Google Scholar, Web of Science и ScienceDirect. Предложены методы экономической оценки водной экосистемы озера Виктория для каждой услуги, которые могут применяться для оценки ценности и преимуществ сохранения и восстановления экосистемы озера.

Ключевые слова: оценка услуг водных экосистем, управление водными ресурсами, оценка водно-болотных угодий

Благодарности и финансирование. Выражается благодарность организаторам «ГЕС 2021: международная научно-исследовательская конференция по глобальным изменениям окружающей среды: экосистемы, климат, природные ресурсы, человек» за публикацию (30 марта 2022 г.) этого реферата в материалах конференции. Конференция прошла в онлайн-режиме 14 сентября 2021 г.

История статьи: поступила в редакцию 15.06.2021; принята к публикации 25.12.2021.

Для цитирования: Mamboleo M. Evaluation and use of existing economic valuation methodologies in the management of Lake Victoria's water resources // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 4. С. 341–354. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-341-354>

Introduction

Water resources include surface water, groundwater, inland, rivers, lakes, transitional, coastal, and aquifers [1]. Together, these water resources are critical to human health and the environment and vital to the East African economy. However, over time, water resources have degraded and depleted. These adverse impacts on water result from increased water demand from agriculture, industry, hydropower generation, and ongoing pollution. From an economic point of view, the water resources of Lake Victoria are overused and inefficiently used. The effect is exacerbated by population growth, rapid urbanization, and climate change [2].

Lake Victoria, the second-largest freshwater lake globally, is located in the upper reaches of the African Nile River system. The Lake Victoria basin's ecosystem is critical to the 25–30 million inhabitants of Kenya, Uganda, Tanzania, Rwanda, and Burundi who live in the lake basin [3]. The population is mainly dependent on extensive rainfed agriculture for domestic and commercial purposes. The lake also provides inland waterway transport and hydropower and supports many different industries such as tourism, trade, wildlife, and fishing. Ecosystem management in the Lake Victoria Basin has been highly extractive for much of the past 70 years, with declining food production, economic downturn, rising poverty, rising floods, and increasing burden of human disease, especially malaria and HIV/AIDS [3; 4]. Lake Victoria has become eutrophic due to the deposition of high levels of phosphorus and nitrogen in the lake from the atmosphere, the surrounding catchment area, and municipal centers [2]. Severe erosion in some parts of the catchment area has increased sediment deposition in streams and the lake. Infestation of water hyacinths was particularly severe in the late 1990s, affecting fisheries, urban water systems, and transport.

The term economic valuation refers to the process of determining the monetary value of goods and services provided by environmental and natural resources, whether market prices are available or not [5; 6]. In turn, this can be measured in terms of the minimum amount that a person is willing to give up consuming goods and service so receive some other goods and services [7]. The rational use of natural and environmental resources depends on the value it has, and the value can be measured through the process of economic valuation. The value of water resources can be determined based on the value of the products or processes they contribute to. Several initiatives can be taken to ensure sustainable management and conservation of this valuable resource by recognizing the deterioration in the products and processes and the quantity and quality of water. The first objective of this study was to explain and critically assess the suitability of various economic valuation methods for the economic analysis of Lake Victoria's water resources. The second goal was to demonstrate how these methods can be used in the development of appropriate policies for the sustainable management of Lake Victoria's water resources. This study aims to contribute to conservation of Lake Victoria by providing best techniques for assessing the quantity and quality of the environment.

Materials and methods

The primary purpose of this study was to explain and evaluate the suitability of various economic valuation methods and demonstrate how these methods can be used in developing appropriate policies for the sustainable management of Lake Victoria's water resources. To achieve these goals, this research systematized a review of the literature on the economic assessment methods of environmental resources and how they can be applied in managing water resources. The analysis was based on a review of the literature and secondary data. Scientific search engines such as Google Scholar, ScienceDirect, Web of Science, and PubMed were used to systematically review the literature on various wetland assessment methods. Key searches included methods for natural resource valuation, wetland assessment, and wetland management. Secondary searches included ex-

perimental designs, willingness to pay, Lake Victoria, and qualitative methods. The study analyzed definitions and methods for assessing and valuing ecosystem services to summarize current knowledge and propose a practical and flexible approach that is relevant to Lake Victoria's water resources management.

Results

Economic assessment of Lake Victoria freshwater resources

Ecosystem services are the benefits that people receive from ecosystems [8]. These services enhance people's well-being and are often critical to life. Most of the liquid surface fresh water on which humanity depends is located in several lake basins [9]. Wetlands are among the most valuable ecosystems because they provide clean water, minimize natural risks (e.g. water retention and coastal protection), and act as CO₂ sinks (e.g. swamps and marshes). Freshwater tropical lakes in Africa are among the most biologically productive lakes globally [9]. Equatorial Lake Victoria is the second-largest freshwater lake globally by surface area and the largest freshwater lake in Africa, with a surface area of 69,000 km² [10] and a catchment area of 284,000 km² [11]. Lake Victoria is large enough to create its weather system and influence regional climate [10; 12]. In addition, Lake Victoria supports Africa's largest inland fishing grounds [13] and shares its border with Uganda (43%), Tanzania (51%), and Kenya (6%). The ecosystem services offered by the Lake Victoria Basin include fishing, water supply, wildlife conservation, navigation, tourism, and power generation.

Freshwater ecosystem services, type of value and applied valuation methods developed by [14; 15]

Category	Ecosystem service	Valuation method
Provisioning	Fisheries and aquaculture	RC, MP
	Transport and navigation	MP
	Industrial and domestic water supply	NFI, RC, PF, MP
	Agriculture	NFI, RC, PF, MP
	Recreation/amenity	TC, CEM, CVM, HPM
	Energy (fuelwood and hydropower)	MP
	Conservation of wildlife	MP
	Raw material (biotic)	RC, MP
Supporting and regulating	Bequest, existence and altruistic values	CEM, CVM
	Biodiversity	CVM, CEM
	Storm protection and flood control	CVM, RC, PF
	Nutrient retention	COI, RC
	Soil erosion prevention	PF, RC
	Water purification	CVM, RC
	Maintaining habitats and populations	RC
	Pollution reduction	COI, RC
Cultural	Microclimate stabilization	PF
	Spiritual and symbolic appreciation	CVM, TC
	Intellectual and aesthetic appreciation	CVM

Note: PF – production function; NFI – net factor income; RC – replacement cost; MP – market prices; COI – cost-of-illness; TCM – travel cost method; HPM – hedonic pricing method; CVM – contingent valuation method; TC – travel costs; CEM – choice experiment method.

This study found that several methods can be used to estimate the economic value of freshwater ecosystem services in Lake Victoria. These methods can be

roughly divided into two approaches: stated preference approaches and revealed preference approaches. Stated preference approaches refer to structured survey methods to determine people's preferences for non-market environmental goods. Revealed preference approaches refer to techniques that use evidence of individual preference for commodity products, including environmental performance. For an economic valuation of Lake Victoria's water resources, the first step is to identify the benefits of ecosystem services that need to be assessed. In [16; 17] authors have argued that this is the easiest way to conduct an assessment and avoid double counting. The choice of the initial assessment method depends on the ecosystem service being assessed and the beneficiary population. Table shows the various valuation techniques for each ecosystem service.

Techniques for assessing and evaluating Lake Victoria aquatic ecosystem services

Revealed preference (RP) methods, also known as indirect valuation methods, look for related or surrogate markets in which ecological goods are implicitly sold, i.e., they are one of the many components of a product that the consumer is buying [18]. Revealed preference surveys are about human choices. The strength of this type of survey is that it provides us with real choices made by users in a specific context of constraints. These methods are suitable for assessing those water resources sold indirectly and therefore can only assess their use (direct and indirect). Revealed preference studies use behavioral evidence to determine the value of environmental assets. These methods attempt to separate the value of ecological goods from the total value of goods sold [19]. These methods are discussed below.

Travel cost method (TCM) is a method that has been developed to assess the value of recreational uses of non-market goods, usually open natural areas, but applicable to any recreational use [20]. This method infers the value of a set of attributes from cost (time and money spent on travel) for outdoor recreation or wildlife visits. For example, the willingness to pay (WTP) of people visiting Lake Victoria can be estimated based on the number of trips they make with different travel costs. This is analogous to estimating the WTP of people per item sold based on the quantity demanded at different prices. TCM includes various models, from simple site-specific TCMs to regional and generic models that include quality metrics and are site replaceable [21]. TCM was first proposed by [22] and later developed by [23]. Such models have been used to measure the welfare effects of changes in recreational water quality (e.g., [24; 25]). However, TCM has several limitations: very few non-entertainment applications; processing a large amount of data; what value should be given to travel time; statistical problems.

Hedonic pricing method (HPM) estimates the value of a non-market good by observing the behavior of the corresponding good in the market [26]. The HPM was developed by [27] to assess the value of quality change in consumer products. If environmental resources are not traded in any market because it is a public good, there will be no market price to determine the WTP. A resource can be defined in terms of the services it provides or the "attribute" that it embodies. This attribute can be embodied in other goods or assets that are sold at observable prices. By using these prices, the East African countries can reap economic benefits

from Lake Victoria. The limitation of HPM is that it only measures the direct use cost of water perceived by consumers of the product they are implicitly trading. This method measures only a subset of the consumer values for which people are WTPs in the relevant market. If consumers are not fully informed about the qualities of the attributes being assessed, hedonic price estimates are of little value. Services such as flood control, water quality improvement, species habitat, and groundwater recharge can provide far more benefits to humans than benefits that HPM cannot understand [28].

Replacement cost (RC) method. The cost of replacing natural and ecological resources, in this case, water, is a valuable way of assessing the value of a resource in a given context. This method assumes that the damage is measurable and that the value of the environmental asset does not exceed its replacement value. It also does not imply additional benefits associated with environmental costs. This approach identifies damage to water assets mainly due to the cost of restoring, repairing, or replacing the resource or services of the water resource without compromising the level of resource stocks or the flow of services. Such costs may be related to the purification of the water source or the cost of introducing new aquatic animals into the water source.

The replacement cost method is relatively simple when the water resource is not unique, and its substitutes are readily available. The researcher moves forward by collecting a sample of indirect values from a primary or secondary source of information. Based on this sample of cost information, the analyst prepares an estimate of the most likely range of expected costs to replace a significant water resource or service. This process can be much more challenging to implement when water resources have unique characteristics. The replacement cost method is considered an arbitrary valuation of natural resources that may have little to do with real public value. The resource replacement method requires data on the cost of restoring, rehabilitating, or replacing damaged or lost resources and resources. This method is especially applicable where a standard must be met, such as a certain level of water quality [29].

Cost of illness (COI) technique aim to identify and measure all costs associated with disease [30]. The method describes and assess the economic burden of a particular disease on society and, therefore, the savings that could be obtained if the disease were eradicated [31]. Here, the benefits of reducing pollution are measured by assessing the potential savings in direct personal costs of illness (e.g., drugs, doctors, and hospital bills) and opportunity costs (e.g., lost benefit from illness). To conduct a COI study, it is necessary to define the disease, the epidemiological approach, the type of cost, and the study's prospect. Subsequently, resource consumption and unit cost data can be collected, and the results presented and methodically discussed along with a sensitivity analysis to verify their reliability. Two limitations of this approach are that it does not account for the actual uselessness of patients and does not account for the costs of protection or prevention that people could take to protect themselves [21].

Aversive expenditures method. Information is needed on the household cost of water treatment and socio-economic details so as to estimate the averting expenditure as a measure of households' willingness to pay [32]. This method is based

on the theory of consumer behavior of the production function of households. In the context of water resources, households can respond to the increasing degradation of these resources in various ways, commonly referred to as preventative or protective behavior, to avoid adverse effects of water pollutants. This includes the purchase of non-durables (such as bottled water), the cost of liming to reduce acidification of the water, and behavioral changes to avoid exposure to the contaminant (such as boiling water for cooking and drinking or reducing the frequency or duration of showers if volatile organic chemicals are present). However, this method has its limitations. People may use more than one preventative behavior in response to environmental change, and prevention behavior may have other positive effects that are not explicitly considered. For example, buying bottled water to avoid the risk of consuming contaminated stocks may also provide additional benefits flavoring advantages. In addition, prevention behavior is often not a permanent solution but discrete; for example, a water filter is either purchased or not. Typically, prevention costs do not measure all of the pollution costs that affect household utilities and therefore can only provide a lower bound on the true cost of increasing pollution.

Net factor income method estimates the change in producer surplus (i.e., in monetary terms, the net benefit to the firm producing the product) by subtracting the cost of other inputs from total revenues and treating the remaining surplus as an environmental cost [15]. The factor income method is used as a valuation tool in applications where natural resources are used as resources for other goods and services. Accordingly, the associated economic costs of production are an essential source of information when applying the factor income approach. There are several resource types for which the factor-based approach is potentially well suited, including surface and groundwater resources, forests, and commercial fisheries. Surface and groundwater resources can be resources for irrigated agriculture, manufacturing, or private, municipal water supply systems. The products in these cases (cereals, logs, manufactured goods, and municipal water) may have market prices. Likewise, commercial fish stocks (populations or fish stocks) are the starting material for commercial fisheries. The economic benefits of improved water quality can be measured by increasing income from increased agricultural productivity while improving water quality. Alternatively, water quality affects the cost of treating drinking water from urban sources, so the economic benefits can be measured by reducing the cost of providing clean drinking water.

Production function approach can be used to value non-tradable goods and services that serve as raw materials to produce tradable goods. This approach links the release of specific tradable goods or services (e.g. agricultural products, timber, catches) to the costs required to produce them. The implicit cost of water can also be calculated by measuring the contribution of water to profit in cases where water is an essential component of the production process, and the cost structure of the producer is known. If the water supply is unlimited, the producer will continue to use units of water to such an extent that the last unit's contribution to profit is simply equal to its cost to the firm. Even if the water is "free," the producer bears the cost of using the water (including pumping and transport costs). If the water supply is limited (for example, by quotas or water rights), producers

can stop using water until equity is achieved. The producer's water use rate at various costs determines the coefficient of "derived" demand since the water demand is determined by the demand for the producer's product (e.g., agricultural goods).

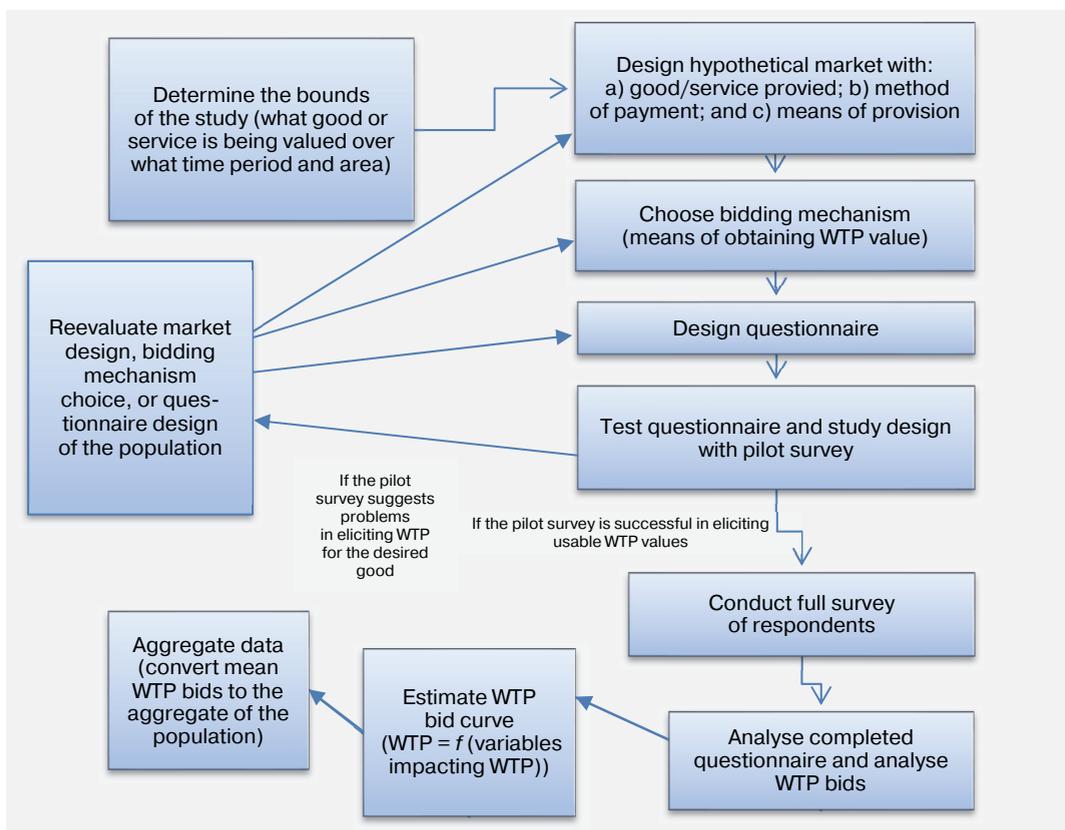
Market prices are the current prices at which an asset or service can be bought or sold. The demand for natural resources is measured on the assumption that many factors that can influence demand, such as prices for ancillary goods and services, personal income, individual tastes, and recommendations, remain unchanged over the study period. The market price occurs where the forces of supply and demand meet. Hence, market pricing is a useful approach to water resource valuation. For water resources, the market price estimate is an estimate of the income from the sales value of the water resource. A standard method for measuring the use-value of inputs traded in the market is to estimate the surplus of producers and consumers using market price and quantity data [33]. Net prices can also be used in assessing water resources. It is calculated as the actual market price minus the actual operating costs of utilities, including the normal return on investment. The net price method can be applied to the benefits of recycled water in the market. This method considers only economically available stocks of utilities with a positive net price. If the use of the benefits from the use of water resources is not related to market transactions, direct or indirect non-market valuation should be applied.

Stated preference (SP) methods collect responses to hypothetical situations presented to users, in this case, about public transport. This type of survey attempts to overcome some of the limitations of the revealed preference survey. One limitation of RP surveys was that many scenarios provide insufficient variability in observations. Hence, observed behaviors can be difficult to correlate with certain qualitative variables (such as comfort) and the inability to measure choices between alternatives that do not yet exist [34]. Nonetheless, preference surveys allow users to quasi-experiment with the choices that users make when presenting hypothetical situations. Such as having a new alternative type of public transport or a new version of existing public transport service, using variables that can be qualitative or quantitative or both. The main disadvantage of stated preference surveys is that they are based on the hypothesis that the user will make the same choice in the scenarios presented to him as in reality, which is not always the case [34].

Contingent valuation method (CVM) is a non-market valuation method that requires individuals to indicate the maximum amount they are willing to pay (WTP) and can pay for a given quantity or quality of an environmental good [35; 36]. The person may be asked directly how much they are willing to pay for a certain amount of a product from Lake Victoria or asked if they are (and can) pay a certain amount. Once individual ratings or proposals have been obtained, they can be averaged and aggregated to obtain the total value of the item in question.

To conduct a Lake Victoria CVM, a researcher must pay special attention to the design and conduct of the survey. Focus groups, consultation with relevant experts, and pre-testing of the survey are important prerequisites. A decision must be made on how to conduct the interview (in person, by mail, or over the phone); which payment method is most appropriate (e.g. annual tax increase, lump sum, environmental fund contribution, among others [37]; as well as the WTP extrac-

tion format [38]. Ultimately, the sample mean WTP can then be extrapolated to the population to obtain the aggregate WTP or ecological resource value [39]. While a researcher can use conditional-graded surveys to grade a virtually unlimited number of items in a variety of contexts, conditional-graded surveys are conducted in a relatively sequential process. The steps in the basic contingent valuation process are shown in Figure.



The process of conditional valuation of ecosystem services [7; 35; 39]

For water-related applications, CVM is useful for exploring the value of direct uses, such as recreational fishing and hunting, and the value of indirect uses, such as improving water quality. Unlike preference-revealing methods, CVM can also measure the cost of biodiversity-related alternative water use, as well as the cost of non-use. However, despite the strengths of CVM in terms of its ability to assess untapped values and assess irreversible changes, the method has been criticized for its lack of validity and reliability [40]. This is due to potential issues including information bias, design bias (origin bias and vehicle bias), hypothetical bias, yes bias, strategic bias (free rides), site replacement, and embedding effects.

Choice experiment method (CEM) is a highly ‘structured method of data generation [41] based on carefully designed problems or “experiments” to identify factors that influence choice. An ecological resource is defined in terms of its attributes and the levels that these attributes assume with and without sustainable resource management. Choice experiments (CE) have long been used to assess consumer preferences and predict consumer behavior in the marketplace [34] and

non-market valuation studies [41]. Choice experiment is a survey approach designed to determine consumer preferences based on hypothetical markets. Respondents must choose between several public or private goods. Like CVM, CEM can estimate the economic value of any ecological resource and can be used to estimate unused and use-value. However, CEM makes it possible to estimate not only the value of an ecological resource as a whole but also the implicit value of its attributes, their assumed ranking, and the value of simultaneously changing more than one attribute [38; 41].

Discussion

The total economic value of Lake Victoria should recognize two distinctions between the value that people get from using this ecological resource, that is, the use-value, and the value that people get from this ecological resource, even if they do not use it themselves, that is, unused values. Use value can be divided into three broad categories: direct use value, indirect use-value, and option value. The cost of direct use of Lake Victoria's water resources includes drinking water, irrigation, or industrial resources. Their direct use almost entirely determines the value of most private (ordinary) goods. However, Lake Victoria has several functions that indirectly benefit people: the value of indirect water use includes benefits such as flood control, nutrient retention, and protection from storms. Finally, the option value considers that people who are not currently using the resource may still appreciate being able to use it in the future. Thus, the opportunity cost of Lake Victoria water resources represents their potential to provide economic benefits to human society in the future. Quantifying the benefits of ecosystem services Lake Victoria provides to humans will help justify investments in conserving and restoring this aquatic ecosystem. Benefits from Lake Victoria ecosystem services can also be included in a cost-benefit analysis to implement the principle of cost recovery in the water supply system. While Lake Victoria water resources are vital to the functioning of the East African economies, they continue to be depleted and degraded at an unsustainable rate. Therefore, it is necessary to determine Lake Victoria's total economic value (TEV) and integrate it into the private and public sector decision-making processes to implement the most effective social and economic policies that prevent excessive degradation and depletion of this resource. Awareness programs about water pollution and its consequences and the advantages of quality water, and improved education may increase the willingness to pay for quality water.

The methods evaluated in this study have been used worldwide to value and, in turn, to manage water resources. In [42] TCM is used in China to assess the significance of water quality improvements in the East Lake in Wuhan. The results from this study indicate that lake users have significant water reserves for the use of the lake and its structures, offsetting some of the costs of maintaining recreational water quality. Another example in developing countries is applying the aver-tive expenditures method by [43]. They evaluated the non-marginal benefits of improving drinking water quality using protective factors in Guarapari, Grande Vitoria, Espiritu State, Brazil. Market prices and prices for substitute products have been used in Nigeria by [44] to analyze domestic groundwater demand in Northern Nigeria to assess the recharge function of groundwater wetlands. They found that the study area population would be severely affected if the wetlands no

longer provide their current daily groundwater recharge. The contingent assessment method is widely used to assess water resources in developing countries. In [45] authors compared CVM and TCM results to assess surface water quality improvement in rivers and seawater near a community in Davao, Philippines. The results of their CV show that household WTPs have low environmental benefits such as improved water quality. The loss of economic benefits from reduced water quality has also been estimated in Vietnam by [46]. Authors of [47] showed that improved income increases the households' willingness to pay for improved water services. Researchers of [48] included fertilizer and pesticide contamination of groundwater as an attribute in a study of willingness to pay for agricultural sustainability among residents of Milan, Italy. They found that the public derives significant economic benefits from the reduction of groundwater pollution. In [49] CEM was used to assess the benefits of soil conservation measures in the Alto Genil and Guadajoz watersheds in southern Spain. The surface and groundwater quality were included as important attributes of soil conservation measures. Scientists concluded that water quality is of the highest economic importance among all the characteristics of soil conservation measures included in the study. Finally, [50] applied this method to assess the significance of water quality improvements in Cairo, Egypt. They investigated the welfare effects of improved health status through improved water quality. They concluded that the estimated WTP is relatively low compared to the cost of a program that could achieve these improvements. These methods have been used before and successfully helped develop policies used to manage these resources, hence their practicability to Lake Victoria.

Conclusion

This study aimed to explain and evaluate the suitability of various economic valuation methods and demonstrate how these methods can be used to develop appropriate policies for the sustainable management of Lake Victoria's water resources. The study presents economic valuation methods that can be used to determine the total economic value of changes in the quantity and quality of water resources in Lake Victoria. The value of ecological resources such as water is difficult to assess due to their social utility. Therefore, Lake Victoria TEV accounting is integral to developing economic incentives and institutional arrangements to ensure sustainable, efficient, and equitable water distribution in the Lake Victoria basin. The methods proposed in this document for assessing and valuing aquatic ecosystem services in Lake Victoria provide a knowledge base for improving water resources management. From this perspective, cost-effective and remediation measures can be improved to include all latent benefits and beneficiaries of aquatic ecosystem services. To effectively manage the ecosystem services of Lake Victoria, it is necessary to identify the services of interest and determine the main consequences of many factors and pressures on the ecological state of the lake. Assessment of Lake Victoria aquatic ecosystem services can reveal hidden benefits to society and raise awareness among users and stakeholders. In general, the proposed assessment methods can be used to assess the benefits of the conservation and restoration of aquatic ecosystems in implementing the Lake Victoria water resource management program.

References

- [1] Chave P. *The EU water framework directive*. IWA Publishing; 2001.
- [2] Scheren PA, Zanting HA, Lemmens AM. Estimation of water pollution sources in Lake Victoria, East Africa: application and elaboration of the rapid assessment methodology. *Journal of Environmental Management*. 2000;58(4):235–248.
- [3] Swallow BM, Sang JK, Nyabenge M, Bundotich DK, Duraiappah AK, Yatic TB. Tradeoffs, synergies and traps among ecosystem services in the Lake Victoria basin of East Africa. *Environmental Science & Policy*. 2009;12(4):504–519. <http://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.11.003>
- [4] Verschuren D, Johnson TC, Kling HJ, Edgington DN, Leavitt PR, Brown ET, Hecky RE. History and timing of human impact on Lake Victoria, East Africa. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 2002;269:289–294. <http://doi.org/10.1098/rspb.2001.1850>
- [5] Dosi C. *Environmental value, valuation methods, and natural disaster damage assessment*. CEPAL; 2001.
- [6] Barbier EB, Acreman M & Knowler D. *Economic valuation of wetlands: a guide for policy makers and planners*. Gland: Ramsar Convention Bureau; 1997. Available from https://www.iucn.org/backup_iucn/cmsdata.iucn.org/downloads/03e_economic_valuati_on_of_wetlands.pdf (accessed: 02.08.2021).
- [7] Arrow K, Solow R, Portney PR, Leamer EE, Radner R, Schuman H. Report of the NOAA panel on contingent valuation. *Federal Register*. 1993;58:10.
- [8] Sarukhán J, Whyte A. (eds.) *Ecosystems and human well-being: wetlands and water*. Washington: World Resources Institute; 2005.
- [9] Herdendorf CE. Distribution of the world's large lakes. In: Tilzer MM, Serruya C. (eds.) *Large Lakes*. Berlin, Heidelberg: Springer; 1990. p. 3–38.
- [10] Crul R. *Limnology and hydrology of Lake Victoria*. UNESCO; 1995.
- [11] Ntiba MJ, Kudoja WM, Mukasa CT. Management issues in the Lake Victoria watershed. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*. 2001;6(3):211–216. <http://doi.org/10.1046/j.1440-1770.2001.00149.x>
- [12] Stager JC, Johnson TC. The late Pleistocene desiccation of Lake Victoria and the origin of its endemic biota. *Hydrobiologia*. 2008;596(1):5–16. <http://doi.org/10.1007/s10750-007-9158-2>
- [13] Geheb K, Medard M, Kyangwa M, Lwenya, C. The future of change: roles, dynamics and functions for fishing communities in the management of Lake Victoria's fisheries. *Aquatic Ecosystem Health & Management*. 2007;10(4):467–480. <http://doi.org/10.1080/14634980701704098>
- [14] Reynaud A, Lanzanova D. A global meta-analysis of ecosystem services values provided by lakes presented at the in Toulou. *2nd Annual Conference of the French Association of Environmental and Resource Economists*. Toulouse; 2015.
- [15] Brander LM, Florax RJ, Vermaat JE. The empirics of wetland valuation: a comprehensive summary and a meta-analysis of the literature. *Environmental and Resource Economics*. 2006;33(2):223–250. <http://doi.org/10.1007/s10640-005-3104-4>
- [16] Fisher B, Turner RK. Ecosystem services: classification for valuation. *Biological Conservation*. 2008;141(5):1167–1169. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.02.019>
- [17] Fisher B, Turner RK, Morling P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*. 2009;68(3):643–653. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>
- [18] Lancaster KJ. A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*. 1966; 74(2):132–157. Available from: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdf/10.1086/259131> (accessed: 20.08.2021).
- [19] Clinch JP. Cost-benefit analysis applied to energy. In: Cleveland C. (ed.) *Encyclopedia of Energy*. Oxford, St. Louis: Elsevier; 2004. <http://doi.org/10.1016/B0-12-176480-X/00237-0>
- [20] Loomis J, Bockstael N, McConnell K. Environmental and resource valuation with revealed preferences: a theoretical guide to empirical models. *Environ. Resource Econ*. 2009;42:133–135. <https://doi.org/10.1007/s10640-008-9240-x>

- [21] National Research Council. *Valuing ground water: economic concepts and approaches*. National Academies Press; 1997.
- [22] Hotelling H. The economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy*. 1931;39(2):137–175.
- [23] Clawson MA, Knetsch JL. Economics of outdoor recreation. *Natural Resources Journal*. 1966;8(13):738.
- [24] Caulkins PP, Bishop RC, Bouwes NW. The travel cost model for lake recreation: a comparison of two methods for incorporating site quality and substitution effects. *American Journal of Agricultural Economics*. 1986;68(2):291–297.
- [25] Bockstael NE, Hanemann WM, Kling CL. Estimating the value of water quality improvements in a recreational demand framework. *Water Resources Research*. 1987; 23(5):951–960. <http://doi.org/10.1029/WR023i005p00951>
- [26] Rosen S. Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*. 1974.82(1):34–55.
- [27] Griliches Z. *Price indexes and quality change: studies in new methods of measurement*. Harvard University Press; 1971.
- [28] Boyer T, Polasky S. Valuing urban wetlands: a review of non-market valuation studies. *Wetlands*. 2004;24(4):744–755. [http://doi.org/10.1672/0277-5212\(2004\)024\[0744:VUWARO\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1672/0277-5212(2004)024[0744:VUWARO]2.0.CO;2)
- [29] Markandya A, Harou P, Bellu LG, Cistulli V. *Environmental economics for sustainable growth: a handbook for practitioners*. Edward Elgar Publishing Ltd.; 2002.
- [30] Byford S, Torgerson DJ, Raftery J. Cost of illness studies. *BMJ*. 2000;320(7245):1335. <http://doi.org/10.1136/bmj.320.7245.1335>
- [31] Koopmanschap MA. Cost-of-illness studies. *Pharmacoeconomics*. 1998;14(2):143–148.
- [32] Gertrude MN. Averting expenditure-measure of willingness to pay. *Journal of Environment and Earth Science*. 2014. p. 28–32.
- [33] Lipton DW, Wellman K, Sheifer I, Weiher R. Economic valuation of natural resources: a handbook for coastal resource policymakers. *NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis Series 5*. Silver Spring, MD; 1995.
- [34] Louviere JJ, Hensher DA, Swait JD. *Stated choice methods: analysis and applications*. Cambridge University Press; 2000. <http://doi.org/10.1017/CBO9780511753831>
- [35] Carson RT. Contingent valuation: a practical alternative when prices aren't available. *Journal of Economic Perspectives*. 2012;26(4):27–42. <http://doi.org/10.1257/jep.26.4.27>
- [36] Ardila S, Quiroga R, Vaughan WJ. *A review of the use of contingent valuation methods in project analysis at the Inter-American Development Bank*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank, Sustainable Development Department, Environment Division; 1998.
- [37] Champ PA, Flores NE, Brown TC, Chivers J. Contingent valuation, and incentives. *Land Economics*. 2002;78(4):591–604. Available from: <http://le.uwpress.org/content/78/4/591.full.pdf+html> (accessed: 25.08.2021).
- [38] Bateman IJ, Carson RT, Day BH, Hanley N, Hett T, Swanson S. *Guidelines for the use of stated preference techniques for the valuation of preferences for non-market goods*. Cheltenham: Edward Elgar; 2003.
- [39] Mitchell RC, Carson RT. *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. RFF Press; 2013.
- [40] Kahneman D, Knetsch JL. Valuing public goods: the purchase of moral satisfaction. *Journal of Environmental Economics and Management*. 1992;22(1):57–70. [http://doi.org/10.1016/0095-0696\(92\)90019-S](http://doi.org/10.1016/0095-0696(92)90019-S)
- [41] Hanley N, Wright RE, Adamowicz V. Using choice experiments to value the environment. *Environmental and Resource Economics*. 1998;11(3):413–428.
- [42] Yapping D. The value of improved water quality: an application of contingent valuation and travel cost methods to East Lake in Wuhan, China. *EEPSEA Research Reports*. 1998.

- [43] McConnell KE, Rosado MA. Valuing discrete improvements in drinking water quality through revealed preferences. *Water Resources Research*. 2000;36(6):1575–1582.
- [44] Acharya G, Barbier E. Using domestic water analysis to value groundwater recharge in the Hadejia'Jama'are Floodplain, Northern Nigeria. *American Journal of Agricultural Economics*. 2002;84(2):415–426.
- [45] Choe K, Whittington D, Lauria DT. The economic benefits of surface water quality improvements in developing countries: a case study of Davao, Philippines. *Land Economics*. 1996;72(4):519–537. <http://doi.org/10.2307/3146913>
- [46] Phuong DM, Gopalakrishnan C. An application of the contingent valuation method to estimate the loss of value of water resources due to pesticide contamination: the case of the Mekong Delta, Vietnam. *Water Resources Development*. 2003;19(4):617–633.
- [47] Adepoju AA, Omonona BT. Determinants of willingness to pay for improved water supply in Osogbo Metropolis, Osun State, Nigeria. *Res. J. Soc. Sci*. 2009;4:1–6.
- [48] Travisi CM, Nijkamp P. *Willingness to pay for agricultural environmental safety: evidence from a survey of Milan, Italy, residents*. Working Paper no. 100-2004.
- [49] Colombo S, Hanley N, Calatrava-Requena J. Designing policy for reducing the off-farm effects of soil erosion using choice experiments. *Journal of Agricultural Economics*. 2005;56(1):81–95.
- [50] Abou-Ali H, Carlsson F. Evaluating the welfare effects of improved water quality using the choice experiment method. *Working Papers in Economics*. 2004;131.

Bio note:

Martin Mamboleo, PhD student, Department of Environmental Security and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow 117198, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-6685-5050. E-mail: mamboleomartin@gmail.com

Сведения об авторе:

Мамболео Мартин, аспирант, департамент экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. ORCID: 0000-0001-6685-5050. E-mail: mamboleomartin@gmail.com



ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ INDUSTRIAL ECOLOGY

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-4-355-370

УДК 913(571.16)

Научная статья / Research article

Ресурсный потенциал горной части Сибирского федерального округа как фактор устойчивого развития региона

Р.В. Кнауб  , А.В. Игнатьева *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия* knaybrv@mail.ru

Аннотация. Проведена оценка ресурсного и социально-экономического потенциала горной части Сибирского федерального округа, выбранного в качестве объекта исследования как один из самых больших федеральных округов России с уникальными природными ресурсами, сложными природными условиями проживания и достаточно развитыми экономическими условиями. Для расчетов принята методика, разработанная учеными Университета «Дубна». Отличие данной методики в том, чтобы на единой методической основе с использованием физически измеримых величин, выраженных в одной единице измерения, оценить ресурсный потенциал региона. Такой подход универсален для всех регионов мира. Установлены сценарии развития субъектов СФО в экономической, социальной и экологической сферах. Проведена классификация регионов по отношению к экстенсивному и инновационному развитию экономики и социума. Для перехода субъектов Сибирского федерального округа на рельсы устойчивого инновационного развития необходимо, чтобы повышалась эффективность производства согласовано с демографической, социальной и экологической политикой, необходимо снижение потребление природных энергоресурсов.

Ключевые слова: Сибирский федеральный округ, устойчивое инновационное развитие, горные территории, ресурсный потенциал, индикаторы устойчивого развития

История статьи: поступила в редакцию 20.06.2021; принята к публикации 30.09.2021.

Для цитирования: Кнауб Р.В., Игнатьева А.В. Ресурсный потенциал горной части Сибирского федерального округа как фактор устойчивого развития региона // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 4. С. 355–370. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-355-370>

© Кнауб Р.В., Игнатьева А.В., 2021

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

Resource potential of the mountain part of Siberian Federal District as factor of sustainable development of the region

Roman V. Knaub  , Anna V. Ignateva 

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

 knaybrv@mail.ru

Abstract. The article assesses the resource and socio-economic potential of the mountainous part of the Siberian Federal District – one of the largest federal districts of Russia with unique natural resources, difficult natural living conditions and sufficiently developed economic conditions. The methodology developed by the scientists of the Dubna University was adopted as a method for the calculations. This technique differs in that, on a single methodological basis, using physically measurable quantities and expressed in one unit of measurement, to assess the resource potential of the region. This approach is universal for all regions of the world. The scenarios for the development of the subjects of the Siberian Federal District in the economic, social and environmental spheres have been established. The classification of regions is carried out in relation to the extensive and innovative development of the economy and society. For the transition of the subjects of the Siberian Federal District to the rails of sustainable innovative development, it is necessary to increase the efficiency of production in accordance with the demographic, social and environmental policy, as well as to reduce the consumption of natural energy resources.

Keywords: Siberian Federal District, sustainable innovative development, mountain territories, resource potential, indicators of sustainable development

Article history: received 20.06.2021; revised 30.09.2021.

For citation: Knaub RV, Ignateva AV. Resource potential of the mountain part of Siberian Federal District as factor of sustainable development of the region. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(4):355–370. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-355-370>

Введение

Сибирский федеральный округ (СФО) был образован 13 мая 2000 г. В него входят 12 субъектов РФ: 4 республики – Алтай, Бурятия, Тыва, Хакасия, 3 края – Алтайский, Красноярский, Забайкальский, 5 областей – Иркутская, Томская, Кемеровская, Новосибирская, Омская). С 1 января 2007 г. Таймырский (Долгано-Ненецкий) и Эвенкийский автономные округа входят в состав объединенного Красноярского края. С 1 января 2008 г. Усть-Ордынский Бурятский автономный округ входит в состав объединенной Иркутской области. С 1 марта 2008 г. в результате объединения Читинской области и Агинского Бурятского автономного округа образован Забайкальский край¹.

Значение Сибирского федерального округа усиливается его особым геополитическим положением, в силу которого регион является не только инте-

¹ Региональный бизнес-портал Сибирского Федерального округа. URL: <http://sfo.ru/region> (дата обращения: 22.03.2017).

грирующим звеном между Дальневосточным экономическим районом и европейской частью страны, но и «мостом» между зарубежной Европой и Азиатско-Тихоокеанским регионом. При этом значительная часть СФО занимают горные территории (рис. 1).



Рис. 1. Карта субъектов Сибирского федерального округа²
Figure 1. Map of subjects of Siberian Federal District³

В административном плане к ним относятся Республики Тыва, Хакасия, Алтай, Бурятия, Красноярский и Забайкальский края, Иркутская область. Большую часть этих регионов – от половины до двух третей – занимают горные территории.

Отсюда вытекает цель нашего исследования – системно-энергетические исследования ресурсного и социально-экономического потенциала СФО.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) расчет ресурсного потенциала Сибирского федерального округа России;
- 2) расчет ресурсного потенциала горной части Сибирского федерального округа России;
- 3) оценка вклада горной части Сибирского федерального округа в устойчивость развития всего Сибирского федерального округа.

² Официальный сайт Росстата. URL: www.gks.ru

³ Official website of Rosstat. Available from: www.gks.ru

Методика исследования

Международное экспертное сообщество для оценок разнообразных социальных, экономических и экологических ресурсов и процессов (в том числе и ресурсного потенциала) использует три вида разнородных мер:

- денежные меры;
- натуральные единицы;
- безразмерные единицы.

В работах Б.Е. Большакова [1–3] показывается, что, используя эти меры в качестве измерителей разнородных процессов, мы неизбежно получаем искаженную картину мира и, в частности, иллюзию его роста или развития.

Если мера отсутствует, то имеет место интуитивное, но отсутствует научное решение проблемы. Если мера существует, то ее нужно предъявить и установить, «является ли она универсальной и выражает ли она действительные (а не мнимые) свойства реального мира?» [1].

Естественно, возникает вопрос: «Существует ли такая универсальная система мер, использование и развитие которой дает возможность измерять, соразмерять и соизмерять разнородные процессы и понятия, определяющие содержание общепринятого глобального принципа „устойчивого развития“?»

Б.Е. Большаков [1–3] показывает связь мощности со всеми телесными и безтелесными потоками реального мира: информационными, вещественными, энергетическими на всех уровнях мироздания: микро-, макро- и мегамира.

Закон сохранения мощности – это утверждение о том, что в определенной системе координат (классе систем) сохраняется величина мощности как качественно-количественная определенность, как единство качества и количества. Последнее означает, что сохранение величины мощности как качества – это сохранение системы координат (класса систем), или имени с размерностью $[L^5T^{-5}]$. Тогда закон сохранения мощности как качество записывается так:

$$[L^5T^{-5}] = \text{const.}$$

Границей применимости закона является система координат – класс систем как качество с размерностью $[L^5T^{-5}]$. Однако закон – не только качество, но и количество. И как количественная определенность закон сохранения мощности записывается как сохранение равенства:

$$N = P + G, [L^5T^{-5}].$$

Любое количественное изменение полезной мощности P влечет инверсное изменение мощности потерь G при сохранении численного значения полной мощности N . При этом качество системы, то есть ее LT -размерность, остается неизменным и равным $[L^5T^{-5}]$.

Существует глубокая причинно-следственная связь между законом развития жизни и принципом устойчивого развития общества. Эта связь определяется понятием «процесс жизнедеятельности» в системе «общество – природа». Система «общество – природа» объединяет в себе два сопряжен-

ных процесса: а) активное воздействие на окружающую среду; б) использование обществом потока ресурсов, полученных в результате этого воздействия. Данные процессы являются сущностью жизнедеятельности общества [4–6] (рис. 2).

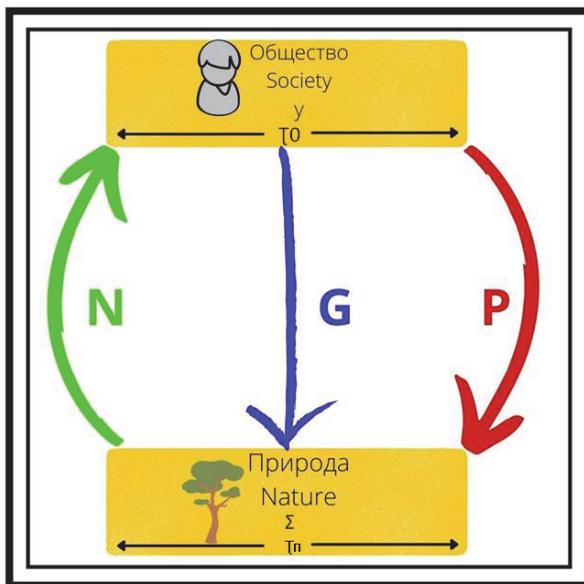


Рис. 2. Схема жизнедеятельности общества во взаимодействии с природной средой [1]:

N – полная мощность; P – полезная мощность; G – мощность потерь;

t_1 – мера потенциальной способности общества; t_0 – время

Figure 2. The scheme of activity of society in interaction with the environment [1]:

N – full capacity; P – useful power; G – power of losses;

t_1 – a measure of potential ability of society; t_0 – time

Затрачивая поток энергии (мощность) P , общество по прошествии времени получает в свое распоряжение поток ресурсов, измеряемый величиной N . Отношение P к N есть мера эффективности использования обществом ресурсов за время t_0 , обозначаемое $0 < t_0 \leq 1$. Отношение полученной мощности N к затраченной на ее получение P есть мера потенциальной способности общества к расширенному воспроизводству, обозначаемая $t_1 > 1$. Величина находящейся в распоряжении общества полной мощности N является мерой потенциальных возможностей, величина P – мерой реальных возможностей оказывать воздействие на окружающую среду, а величина G – мерой потерь.

Описанные показатели Б.Е. Большаков⁴ [6] предлагает использовать как индикаторы устойчивого развития региона. Рассмотрим их подробнее.

1. *Полная мощность N* – это суммарное энергопотребление за определенное время (год, квартал, месяц, сутки, час, секунду), включая:

- продукты питания;
- электроэнергию;
- топливо для машин, механизмов,

⁴ Электронный атлас параметров устойчивого инновационного развития. URL: <http://lt-gis.ru/> (дата обращения: 05.05.2021).

выраженных в единицах мощности (тВт – терраватт, гВт – гигаватт, мВт – мегаватт, кВт – киловатт, Вт – ватт).

Пример расчета полной мощности приведен в табл. 1.

Таблица 1

Расчет полной мощности, потребление в сутки, мВт [4]

Потребляемый ресурс	Количество единиц измерения	Переводные коэффициенты	Полная мощность, мВт
<i>Продукты питания</i>			
Хлеб	400 Гкал	1 Вт = 20 ккал/сут.	20
Мясо	600 Гкал	1 кВт = 1000 Вт	30
Рыба	800 Гкал	1 мВт = 1000 кВт	40
Овощи	600 Гкал		30
Сумма			120
<i>Топливо для машин</i>			
Нефть	1000 т	1 т = 11×10 ⁶ ккал	110
Газ	2000 т	1 т = 11×10 ⁶ ккал	200
Уголь	5000 т	1 т = 3×10 ⁶ ккал	150
Электроэнергия	1000 т	1 Вт/ч = 0,9 ккал	100
Вода	10000 л	1 Вт	10
Сумма			570

Table 1

Calculation of full capacity, the consumption in days, mW [4]

Consumed resource	Number of units	Conversion factors	Apparent power, mW
<i>Food</i>			
Bread	400 Gcal	1 W = 20 kcal/day	20
Meat	600 Gcal	1 kW = 1000 W	30
Fish	800 Gcal	1 mW = 1000 kW	40
Vegetables	600 Gcal		30
Sum			120
<i>Fuel for cars</i>			
Oil	1000 t	1 t = 11×10 ⁶ kcal	110
Gas	2000 t	1 t = 11×10 ⁶ kcal	200
Coal	5000 t	1 t = 3×10 ⁶ kcal	150
Electricity	1000 t	1 W/h = 0.9 kcal	100
Water	10 000 l	1 W	10
Sum			570

Полная мощность выбранного объекта в сутки составит

$$N = 120 + 570 = 690 \text{ мВт.}$$

Перейдем к определению полезной мощности системы.

2. Годовая полезная мощность системы:

$$P(t) = \eta N(t-1), \tag{1}$$

где $P(t)$ – полезная мощность, Вт; η – КПД технологий; $N(t-1)$ – полная мощность прошлого года, Вт.

Уравнение полезной мощности P , связывающее полную мощность предыдущего года с полезной мощностью текущего года посредством коэффициента полезного использования полной мощности (КПД).

КПД – это отношение полезной мощности на выходе системы к полной мощности на входе системы.

$$\eta = \frac{P(t)}{N(t-1)}, \quad (2)$$

где η – КПД технологий; $P(t)$ – полезная мощность, Вт; $N(t-1)$ – полная мощность прошлого года, Вт.

КПД – один из основных показателей, на основе которого мы можем судить о степени развития исследуемой системы «общество – природа», будь то регион, страна, континент, Земля в целом.

Коэффициенты совершенства технологий приняты [1]:

- 1) для электроэнергии – 100 %;
- 2) для топлива (нефти, газа, угля) – 25 %;
- 3) для продуктов питания – 5 %.

Разность между полной и полезной мощностями текущего и предыдущего года называется мощностью потерь. Расчет мощности потерь приведен далее.

3. *Годовые значения потерь мощности.* Уравнение мощности потерь как разность между полной и полезной мощностями текущего и предыдущего года:

$$G(t) = N(t-1) - P(t), \quad (3)$$

где $G(t)$ – мощность потерь, Вт; $N(t-1)$ – полная мощность прошлого года, Вт; $P(t)$ – полезная мощность, Вт.

Используя данные показатели, можно определить ресурсный потенциал горных территорий СФО в измеримых величинах.

4. *Качество жизни (КЖ, Вт)* – прямое произведение средней нормированной продолжительности жизни $T_M(t)$, уровня жизни $U(t)$ и качества природной среды $q(t)$:

$$\text{КЖ}(t) = T_M(t)U(t)q(t). \quad (4)$$

5. *Среднее нормированное время активной жизни человека $T_M(t)$* рассчитывается по формуле

$$T_M(t) = \frac{\hat{\tau}}{100}, \quad (5)$$

где $T_M(t)$ – средняя нормированная продолжительность жизни; τ – средняя продолжительность жизни, лет.

6. *Совокупный уровень жизни* U – отношение $P(t)$ на душу населения:

$$U(t) = \frac{P_s(t)}{M(t)}, \quad (6)$$

где $U(t)$ – совокупный уровень жизни, Вт; $P_s(t)$ – полезная мощность, Вт; $M(t)$ – численность населения региона, человек.

Результаты исследования

Потенциал в широком смысле – средства, запасы, источники, имеющиеся в наличии и могущие быть мобилизованы, приведены в действие, использованы для достижения определенной цели. Экономический потенциал страны – это ее ресурсы, которые при полном их использовании позволяют произвести максимальный валовой национальный продукт (ВНП)⁵. Составляющими экономического потенциала страны являются ее природно-ресурсный, производственный, трудовой, научно-технический, экспортный потенциал.

Природно-ресурсный потенциал характеризует природные богатства страны, уже вовлеченные в хозяйственный оборот, а также доступные для освоения при данных технологиях и социально-экономических отношениях.

Ресурсный потенциал и устойчивое развитие определяются с помощью показателей – индикаторов. Под индикатором понимается показатель (выводимый из первичных данных, которые обычно нельзя использовать для интерпретации изменений), позволяющий судить о состоянии или изменении экономической, социальной или экологической переменной [7].

Для оценки ресурсного потенциала горных территорий СФО нами использовались такие показатели, как полная, полезная мощность и мощность потерь, КПД территории, качества жизни.

Расчет полной мощности осуществлялся на основе потребления различных ресурсов: топлива для машин, электроэнергии, продуктов питания. Потребление ресурсов на примере Томской области за период с 2000 по 2013 г. представлено в табл. 2. Результаты расчета представлены на рис. 2.

Используя данные по всем остальным субъектам СФО был рассчитан показатель полной мощности.

Анализ рис. 2 показывает, что максимальных значений полная мощность достигла за период с 1998 по 2016 г. в Красноярском крае. Минимальные значения полной мощности отмечены в Иркутской области, Республиках Алтай и Тыва. Начиная с 2012 г. динамика полной мощности имеет тенденцию к увеличению. С 1998 г. в субъектах СФО полная мощность характеризуется периодами увеличения и уменьшения значений. Полная мощность РФ до 2005 г. росла, затем произошел резкий спад в 2006 г., а начиная с 2007 г. отмечается постепенный рост. Что касается федеральных округов, то в большинстве из них также отмечается рост полной мощности, за исключением Северо-Кавказского и Приволжского федеральных округов.

⁵ Экономический словарь. URL: http://www.economicslov.ru/article_7764.htm (дата обращения: 10.06.2021).

Используя коэффициенты совершенства технологий (для электроэнергии – 100 %, для топлива – 25 %, для продуктов питания – 5 %) был рассчитан показатель полезной мощности. Результаты расчетов представлены на рис. 3.

Таблица 2

Потребление ресурсов Томской областью за период с 2000 по 2013 г.⁶

Единицы измерения	Год													
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<i>Электроэнергия</i>														
Тыс. кВт/ч	4086192	4183316	4273745	4578412	5049439	4937988	5303324	3088018	4490000	5141000	5251000	5060000	5877000	4871000
<i>Уголь</i>														
Тонн	1852006	1778806	1604315	1669575	1623828	1425845	1361986	1260992	1205642	1197860	1125676	1106678	1106589	1000675
<i>Нефть</i>														
Т. у. т.	165258	126454	138040	96409	87053	57078	60492	48888	40765	41789	39875	38789	37754	37787
<i>Газ</i>														
Тыс. м ³	1921040	2141235	2375532	2628384	2867018	2678542	2897119	2894344	2789800	2889778	2665677	2809000	2889899	2878776
<i>Вода</i>														
Литров	78940	77180	73630	75100	69220	69540	65980	62840	60234	580789	51803	48156	51615	42510
<i>Продукты питания на душу населения</i>														
Мясо, кг	38	40	52	52,1	53,2	52,6	55,8	60,4	66,7	67,9	65,2	72,5	80,5	82,3
Хлеб, кг	97	98	100	109,3	111,1	112,0	114,0	117,1	91	85	84	81	81	80
Рыба, кг	10	10	10	10,5	10,5	10,7	10,8	10,9	7,7	8,8	12,1	6,4	6,7	8,2
Овощи, кг	80	75	75	82,4	82,6	88,6	90,9	91,4	99,6	84,2	87,8	86,7	88,2	88,4

Table 2

Consumption of resources by the Tomsk region from 2000 for 2013⁷

Unit measurements	Year													
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<i>Electricity</i>														
Thousand kWh	4086192	4183316	4273745	4578412	5049439	4937988	5303324	3088018	4490000	5141000	5251000	5060000	5877000	4871000
<i>Coal</i>														
Tons	1852006	1778806	1604315	1669575	1623828	1425845	1361986	1260992	1205642	1197860	1125676	1106678	1106589	1000675
<i>Oil</i>														
Tons of reference fuel	165258	126454	138040	96409	87053	57078	60492	48888	40765	41789	39875	38789	37754	37787
<i>Gas</i>														
Thousand m ³	1921040	2141235	2375532	2628384	2867018	2678542	2897119	2894344	2789800	2889778	2665677	2809000	2889899	2878776
<i>Water</i>														
Liters	78940	77180	73630	75100	69220	69540	65980	62840	60234	580789	51803	48156	51615	42510
<i>Food per capita</i>														
Meat, kg	38	40	52	52,1	53,2	52,6	55,8	60,4	66,7	67,9	65,2	72,5	80,5	82,3
Bread, kg	97	98	100	109,3	111,1	112,0	114,0	117,1	91	85	84	81	81	80
Fish, kg	10	10	10	10,5	10,5	10,7	10,8	10,9	7,7	8,8	12,1	6,4	6,7	8,2
Vegetables, kg	80	75	75	82,4	82,6	88,6	90,9	91,4	99,6	84,2	87,8	86,7	88,2	88,4

⁶ Официальный сайт Росстата. URL: www.gks.ru

⁷ Official website of Rosstat. Available from: www.gks.ru

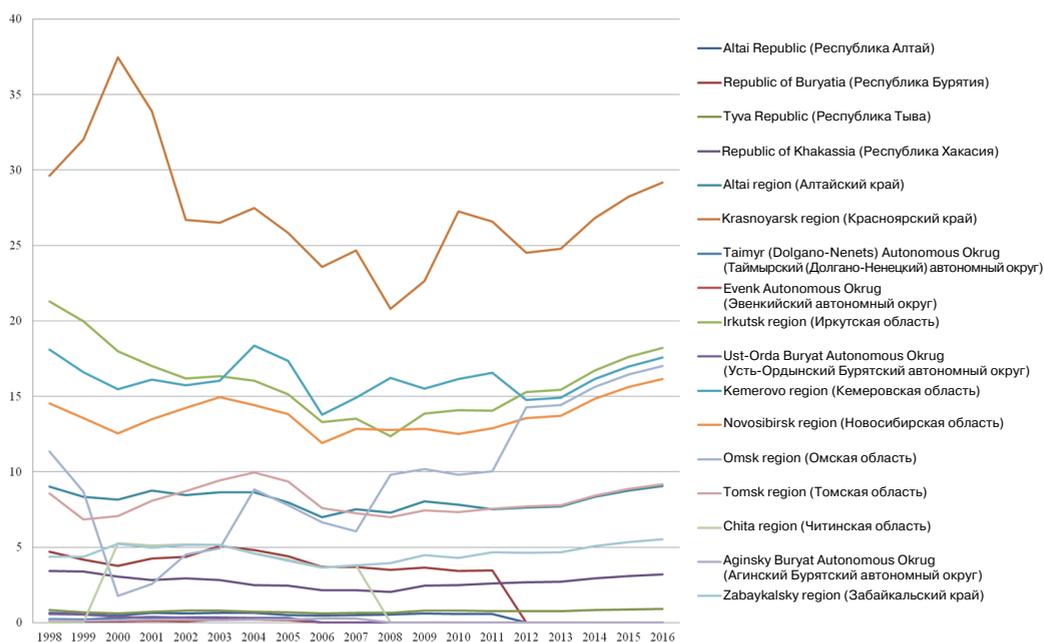


Рис. 3. Динамика полной мощности субъектов СФО за период с 1998 по 2016 г.
Figure 3. Dynamics of full capacity of subjects of the SFD from 1998 for 2016

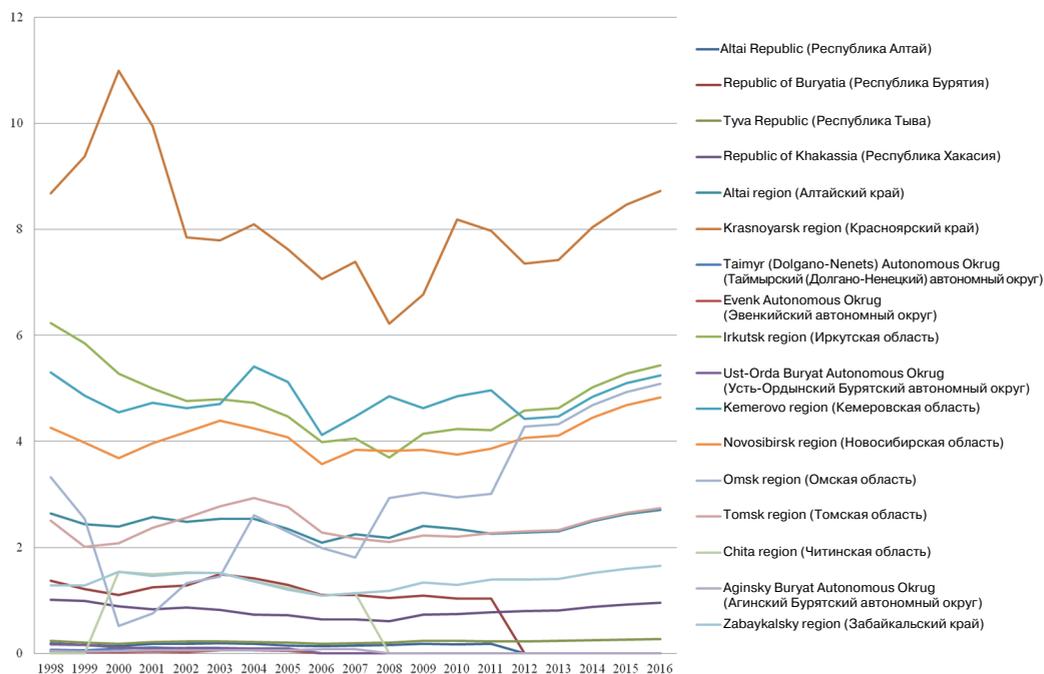


Рис. 4. Динамика полезной мощности субъектов СФО за период с 1998 по 2016 г.
Figure 4. Dynamics of useful power of subjects of the SFD from 1998 for 2016

Анализ динамики полезной мощности показал, что максимальных значений она достигает в Красноярском крае, а минимальные значения наблюдаются в Республиках Тыва и Алтай, Агинском Бурятском автономном округе. Начиная с 2012 г. полезная мощность постепенно увеличивается. В регионах

за наблюдаемый временной отрезок отмечаются периоды как со снижением, так и с увеличением значений полезной мощности. Данный показатель в РФ имел тенденцию к росту с 2000 по 2005 г., и после резкого падения в 2006 г. также наблюдается тенденция роста. Что касается федеральных округов, то в большинстве из них отмечается рост полезной мощности, за исключением Северо-Кавказского и Приволжского федеральных округов.

Разность между полной и полезной мощностями текущего и предыдущего годов называется мощностью потерь. Расчет мощности потерь приведен на рис. 4.

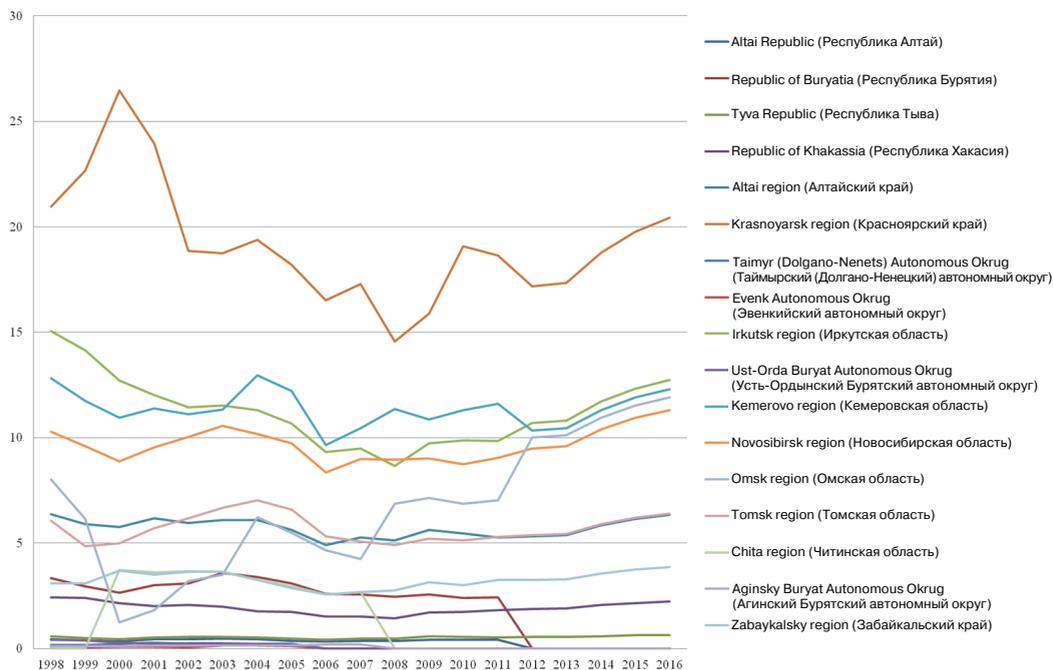


Рис. 5. Динамика мощности потерь субъектов СФО за период с 1998 по 2016 г.
Figure 5. Dynamics of power of losses of subjects of the SFD from 1998 for 2016

Анализ мощности потерь субъектов СФО показал, что максимальных значений она достигает в Красноярском крае, а минимальных – в Омской и Читинской областях, Усть-Ордынском Бурятском автономном округе. С 2012 г. в субъектах отмечается рост мощности потерь. В целом в субъектах наблюдается чередование периодов снижения и повышения значений мощности потерь (рис. 5).

Расчет показателя КПД показал, что абсолютно во всех регионах за период с 1998 по 2016 г. он составил 0,29 и не менялся за весь период, за исключением 2010 г., когда достигал значений 0,3 (рис. 6). Для сравнения: за этот же период данный показатель в РФ изменялся с 0,29 до 0,30. Такая же тенденция характерна для всех федеральных округов, за исключением Северо-Кавказского, где значения КПД в Республике Ингушетия изменялись с 0,18 до 0,32.

Ресурсный потенциал региона напрямую связан с социально-экономическим потенциалом. Наиболее полно социально-экономический потенциал отражает такой показатель, как качество жизни (см. (4)). В значительном ко-

личестве зарубежных работ [8; 9] проводится оценка качества жизни через различные показатели (отношение к здоровью, заболеваемость, психическое здоровье и т. д.)⁸. Многие из этих оценок базируются на опросе экспертов, то есть имеют субъективный характер. Наши расчеты основаны на использовании таких показателей, как качество среды, уровень жизни и продолжительность жизни при рождении. Эти показатели имеют под собой научное обоснование и относятся к физически измеримым величинам. Результаты расчета качества жизни в СФО представлены в табл. 3.

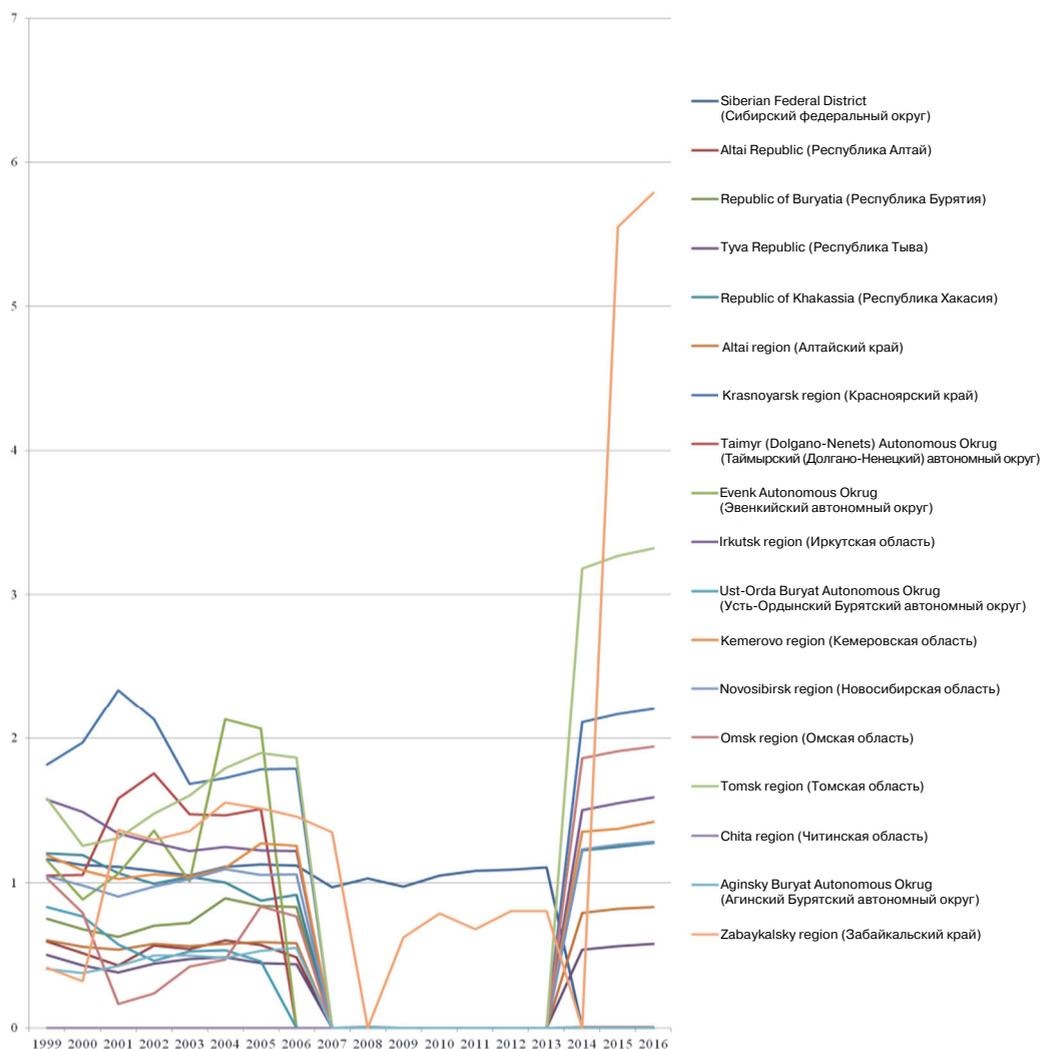


Рис. 6. Динамика качества жизни в субъектах СФО за период с 1999 по 2016 г.
Figure 6. Dynamics of quality of life in subjects of the SFD from 1999 for 2016

Анализ графика качества жизни в субъектах СФО показал, что в регионах СФО наблюдаются периоды увеличения и уменьшения качества жизни.

⁸ The World Health Organization quality of life assessment (WHOQOL): position paper from the World Health Organization // *Social Science & Medicine*. 1995, November. Vol. 41. Issue 10. Pp. 1403–1409. The WHOQOL Group. [http://doi.org/10.1016/0277-9536\(95\)00112-k](http://doi.org/10.1016/0277-9536(95)00112-k)

Наибольшие значения качества жизни отмечаются в Красноярском крае и Кемеровской области, а наименьшие – в Республиках Хакасия и Тыва, в Омской области. В РФ отмечается рост качества жизни до 2006 г., однако уже в 2007 г. произошел резкий спад, после чего с 2007 до 2016 г. наблюдается постепенный рост качества жизни. В регионах за рассматриваемый период качество жизни остается на едином уровне, за исключением Приволжского и Северо-Кавказского федеральных округов, в которых фиксируется снижение качества жизни населения.

Заключительным этапом нашего исследования была идентификация существующего состояния и анализ целевого состояния субъектов СФО. Результаты исследования представлены в табл. 3.

Анализ табл. 3 показал, что большинство субъектов СФО относятся к энергосырьевому, или экстенсивному, сценарию развития, а 4 субъекта – Томская область, Забайкальский, Красноярский и Алтайский края – к индустриально-инновационному сценарию. Для энергосырьевого, или экстенсивного, сценария характерно снижение качества окружающей среды, а для индустриально-инновационного – повышение качества окружающей среды.

Что касается горной части СФО, то Республики Тыва, Хакасия, Алтай, Бурятия и Иркутская область имеют энергосырьевой, или экстенсивный, сценарий развития, а Красноярский и Забайкальский края – индустриально-инновационный сценарий.

Таблица 3

Идентификация существующего состояния и анализ целевого состояния субъектов СФО

Субъект СФО	Численность населения, чел.	Полезная мощность, гВт	Полная мощность, гВт	Совокупный уровень жизни, кВт/чел.	Качество окружающей природной среды	Сценарий
Республика Алтай	12000↑	0,467↓	0,139↓	0,68↓	0,14↓	Энергосырьевой, или экстенсивный
Республика Бурятия	15000↓	3,6↓	1,09↓	1,08↓	0,7↓	
Республика Тыва	9000↑	0,28↑	0,17↑	0,27↑	0,9↓	
Республика Хакасия	18000↓	0,16↑	0,06↑	0,21↑	0,8↓	
Кемеровская область	226000↓	2,1↑	0,24↑	1,53↓	0,4↓	
Новосибирская область	47000↑	3,6↑	0,75↑	1,3↑	0,5↓	
Омская область	139000↓	5,3↑	1,22↑	0,24↓	0,6↓	
Томская область	22000↑	2,08↑	4,5↑	0,04↓	0,06↑	Индустриально-инновационный
Забайкальский край	167000 ↓	0,3↑	0,11↑	2,1↑	0,2↑	
Красноярский край	135000↓	8,3↓	2,18↓	5,2↑	0,18↑	
Алтайский край	265000↓	0,91↑	0,32↑	2,14↑	0,01↑	Энергосырьевой, или экстенсивный
Иркутская область	211000↓	0,3↑	2,24↑	0,01↑	0,8↓	

Table 3

Identification of the existing state and the analysis of a target condition of subjects of the SFD

Subject of the Siberian Federal District	Population, persons	Useful power, gW	Full power, gW	Cumulative standard of living, kW/person	Quality of the natural environment	Script
Altai Republic	12000↑	0.467↓	0.139↓	0.68↓	0.14↓	Energy resource, or extensive
Republic of Buryatia	15000↓	3.6↓	1.09↓	1.08↓	0.7↓	
Tuva Republic	9000↑	0.28↑	0.17↑	0.27↑	0.9↓	
Republic of Khakassia	18000↓	0.16↑	0.06↑	0.21↑	0.8↓	
Kemerovo region	226000↓	2.1↑	0.24↑	1.53↓	0.4↓	
Novosibirsk region	47000↑	3.6↑	0.75↑	1.3↑	0.5↓	
Omsk region	139000↓	5.3↑	1.22↑	0.24↓	0.6↓	
Tomsk region	22000↑	2.08↑	4.5↑	0.04↓	0.06↑	Industrial and innovative
Zabaykalsky region	167000 ↓	0.3↑	0.11↑	2.1↑	0.2↑	
Krasnoyarsk region	135000↓	8.3↓	2.18↓	5.2↑	0.18↑	
Altai region	265000↓	0.91↑	0.32↑	2.14↑	0.01↑	
Irkutsk region	211000↓	0.3↑	2.24↑	0.01↑	0.8↓	Energy resource, or extensive

Таким образом, и горная, и равнинная части СФО имеют одинаковые сценарии развития, за исключением таких регионов, как Томская область, Забайкальский, Красноярский и Алтайский края. Для перехода субъектов СФО на рельсы устойчивого инновационного развития необходимо согласованное с демографической, социальной и энергоэкологической политикой повышение эффективности производства и снижение потребления природных энергоресурсов.

Заключение

1. Результаты исследования показали, что на всей территории Сибирского федерального округа (включая горную часть) не отмечается хронологический процесс устойчивого инновационного развития.

2. Полная мощность достигла максимальных значений за период с 1998 по 2016 г. в Красноярском крае. Минимальные значения полной мощности отмечены в Иркутской области, Республиках Алтай и Тува. С 2012 г. динамика полной мощности имеет тенденцию к увеличению. С 1998 г. в субъектах СФО полная мощность имеет периоды увеличения и уменьшения значений.

3. Полезная мощность достигает максимальных значений в Красноярском крае. Минимальные значения наблюдаются в Республиках Тува и Алтай, Агинском Бурятском автономном округе. Начиная с 2012 г. полезная мощность постепенно увеличивается. В регионах за наблюдаемый временной отрезок отмечаются периоды как снижения, так и увеличения значений полезной мощности.

4. Полезная мощность достигает максимальных значений в Красноярском крае, а минимальных – в Омской и Читинской областях, Усть-Ордынском

Бурятском автономном округе. С 2012 г. в субъектах отмечается рост мощности потерь. В целом в субъектах чередуются периоды снижения и повышения значений мощности потерь.

5. Расчет показателя КПД показал, что абсолютно во всех регионах с 1998 по 2016 г. он составил 0,29 и не менялся за весь период, за исключением 2010 г., когда достигал значений 0,3.

6. Анализ графика качества жизни в субъектах СФО показал, что в регионах СФО наблюдаются периоды увеличения и уменьшения качества жизни. Наибольшие значения качества жизни отмечаются в Красноярском крае и Кемеровской области, наименьшие – в Республиках Хакасия и Тыва, в Омской области.

7. Большинство субъектов СФО относятся к энергосырьевому, или экстенсивному, сценарию развития, а 4 субъекта – Томская область, Забайкальский, Красноярский и Алтайский края – к индустриально-инновационному сценарию. Для энергосырьевого, или экстенсивного, сценария характерно снижение качества окружающей среды, а для индустриально-инновационного – повышение ее качества.

8. Для перехода субъектов СФО на рельсы устойчивого инновационного развития необходимо повышение эффективности производства согласовано с демографической, социальной и энергоэкологической политикой, а также снижение потребления природных энергоресурсов.

Список литературы

- [1] *Большаков Б.Е.* Наука устойчивого развития. Введение. М.: РАЕН, 2011. 272 с.
- [2] *Большаков Б.Е.* Закон природы или как работает Пространство-Время / Российская академия естественных наук, Международный университет природы, общества и человека «Дубна». М., 2002. 265 с.
- [3] *Большаков Б.Е., Шамаева Е.Ф.* Технологические основы управления региональным и отраслевым устойчивым инновационным развитием с использованием измеримых величин: уч.-мет. пособие // Научная школа устойчивого развития. 2011. 108 с. URL: <http://window.edu.ru/resource/302/73302> (дата обращения: 10.06.2021).
- [4] *Большаков Б.Е.* Моделирование основных тенденций мирового технологического развития // Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление. 2010. Т. 6. № 4 (9). С. 3. URL: <http://www.gypravlenie.ru/?p=880> (дата обращения: 10.06.2021).
- [5] *Искаков Н.И.* Устойчивое развитие: наука и практика. М.: РАЕН, 2008. 464 с.
- [6] *Искаков Н.И.* Стратегия устойчивого развития: прорывные идеи технологии. М.: РАЕН, 2009. 511 с.
- [7] *Тарасова Н.П., Кручина Е.Б.* Индексы и индикаторы устойчивого развития // Устойчивое развитие: природа – общество – человек: в 2 т. Т. 1. М., 2006. С. 127–144.
- [8] *Smith K.W., Avis N.E., Assmann S.F.* Distinguishing between quality of life and health status in quality of life research: a meta-analysis // *Quality of Life Research*. 1999. Vol. 8. Issue 5. Pp. 447–459. <http://doi.org/10.1023/A:1008928518577>
- [9] *Fassio O., Rollero C., De Piccoli N.* Health, quality of life and population density: a preliminary study on “contextualized” quality of life // *Social Indicators Research*. 2013. Vol. 110. No. 2. Pp. 479–488. <http://doi.org/10.1007/s11205-011-9940-4>

References

- [1] Bolshakov BE. *Science of sustainable development. Book I. Introduction. Russian Academy of Natural Sciences*. Moscow: Russian Academy of Natural Sciences; 2011. (In Russ.)
- [2] Bolshakov BE. *The law of the nature or as the Space-Time works*. The Russian Academy of Natural Sciences, the International University of The Nature, Society and the Person “Dubna”. Moscow; 2002. (In Russ.)
- [3] Bolshakov BE, Shamayeva EF. Technological bases of management of regional and branch sustainable innovative development with use of measurable quantities. *School of Sciences of Sustainable Development*. 2011. (In Russ.) Available from: <http://window.edu.ru/resource/302/73302> (accessed: 10.06.2021).
- [4] Bolshakov BE. Modeling of the main tendencies of world technological development. *Sustainable Innovative Development: Design and Management*. 2010;6(4(9)):3. (In Russ.) Available from: <http://www.rypravlenie.ru/?p=880> (accessed: 10.06.2021).
- [5] Iskakov NI. *Sustainable development: science and practice*. Moscow: Russian Academy of Natural Sciences; 2008. (In Russ.)
- [6] Iskakov NI. *Strategy of sustainable development: breakthrough ideas of technology*. Moscow: Russian Academy of Natural Sciences; 2009. (In Russ.)
- [7] Tarasova NP, Sorrow EB. Indexes and indicators of sustainable development. *Sustainable Development: Nature – Society – Person*. 2006;(1):127–144. (In Russ.)
- [8] Smith KW, Avis NE, Assmann SF. Distinguishing between quality of life and health status in quality-of-life research: a meta-analysis. *Quality of Life Research*. 1999;8(5): 447–459. <http://doi.org/10.1023/A:1008928518577>
- [9] Fassio O, Rollero C, De Piccoli N. Health, quality of life and population density: a preliminary study on “contextualized” quality of life. *Social Indicators Research*. 2013; 110(2):479–488. <http://doi.org/10.1007/s11205-011-9940-4>

Сведения об авторах:

Кнауб Роман Викторович, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры природопользования, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Российская Федерация, 634050, Томск, пр-кт Ленина, д. 36. ORCID: 0000-0003-4909-7547. E-mail: knaybrv@mail.ru

Игнатова Анна Владимировна, ассистент, кафедра природопользования, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Российская Федерация, 634050, Томск, пр-кт Ленина, д. 36. ORCID: 0000-0002-3620-7252. E-mail: anna_tomsktsu@mail.ru

Bio notes:

Roman V. Knaub, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Nature Management, National Research Tomsk State University, 36 Prospekt Lenina, Tomsk, 634050, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-4909-7547. E-mail: knaybrv@mail.ru

Anna V. Ignatyeva, assistant, Department of Nature Management, National Research Tomsk State University, 36 Prospekt Lenina, Tomsk, 634050, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-3620-7252. E-mail: anna_tomsktsu@mail.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-4-371-380

УДК 66.074.2

Научная статья / Research article

Эффективность применения скрубберного метода очистки выбросных газов в промышленности

А.Н. Карев✉, М.П. Тюрин

*Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия*

✉ alexcarew777@yandex.ru

Аннотация. На современном этапе развития технологий далеко не все виды промышленного производства оказывают благоприятное воздействие на окружающую среду и, как следствие, на человека. Так, производственные процессы химической и текстильной промышленности могут сопровождаться выделением целого ряда ядовитых и вредных газообразных соединений, пылевых взвесей и пара. Их выброс в атмосферу происходит наряду с отработанными газами, при этом суммарное отрицательное воздействие на общую экологическую обстановку значительно выше в силу возможных химических реакций в смесях с образованием непредсказуемых продуктов. Именно поэтому значение очистки выбрасываемых газов в процессе промышленной деятельности невозможно недооценить. Самым популярным и наиболее действенным методом очистки от выбросов пыли является скрубберный метод очистки воздуха, реализуемый именно в тот момент, когда удаляемая воздушная смесь обладает сравнительно высокой температурой. Особенно эффективным направлением по увеличению глубины утилизации теплоты влажного газа и газов парогенераторов, уходящих от теплотехнологических аппаратов, выступает применение теплоты конденсации водяных паров, которые входят в состав этих смесей. Исследуются стадии проектирования и модели, лежащие в основе проектирования и конструирования аппарата мокрой очистки газов, попадающих в атмосферу в результате производственной деятельности. Также рассмотрены системы утилизации вторичных ресурсов энергетики, применяемых в настоящее время.

Ключевые слова: выбросные газы, отходящие газы, парогенераторы, влажный газ, теплота конденсации, нагрев воды, утилизация теплоты, паровой котел, система утилизации, вторичные энергетические ресурсы, экономайзер, контактные теплообменники

Благодарности и финансирование. Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ 20-38-90061 Аспиранты, Договор № 20-38-90061\20 от 31.08.2020 г.

Вклад авторов. А.Н. Карев – анализ полученных данных, написание текста. М.П. Тюрин – концепция исследования.

История статьи: поступила в редакцию 11.02.2021; принята к публикации 15.05.2021.

Для цитирования: Карев А.Н., Тюрин М.П. Эффективность применения скрубберного метода очистки выбросных газов в промышленности // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 4. С. 371–380. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-371-380>

The effectiveness of the scrubber method of cleaning exhaust gases in industry

Alexey N. Karev✉, Mikhail P. Tyurin

Kosygin Russian State University, Moscow, Russia

✉ alexcarew777@yandex.ru

Abstract. Unfortunately, not all types of industry have a positive impact on the environment and people, for example, the processes of the chemical and textile industries can be accompanied by the release of toxic and harmful gases, dust and steam. And already, along with the exhaust gases, they are released into the atmosphere, while the negative impact on the overall environmental situation only doubles. That is why the importance of cleaning the emitted gases in the process of industrial activity cannot be underestimated. The most popular and most effective method of cleaning from dust emissions can be designated as the scrubber method of air purification, precisely at the moment when the air being eliminated has a relatively high temperature level. In addition, the use of the heat of condensation of water vapors contained in them is a particularly effective direction for increasing the depth of heat recovery of wet gas and steam generator gases leaving heat technology devices. This article is devoted to the study of the stages and models of the process of designing and constructing a device for wet cleaning of gases that are released into the atmosphere as a result of certain production activities. The study of the systems of utilization of secondary energy resources used at the present time was also carried out.

Keywords: exhaust gases, waste gases, steam generators, wet gas, heat of condensation, water heating, heat recovery, water heating, steam boiler, system of utilization, secondary energy resources, economizer, contact heat exchangers

Acknowledgements and Funding. The study was carried out in the frame of RFBR Grant 20-38-90061 Graduate Students, Contract No. 20-38-90061\20 dated 31.08.2020.

Authors' contributions. A.N. Karev – analysis of the obtained data, writing of the text. M.P. Tyurin – the concept of the study.

Article history: received 11.02.2021; revised 15.05.2021.

For citation: Karev AN, Tyurin MP. The effectiveness of the scrubber method of cleaning exhaust gases in industry. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(4): 371–380. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-371-380>

Введение

Одним из приоритетных и перспективных стратегических направлений принятой программы научно-технологического развития России является энергосбережение. В статье представлены результаты исследования методов, обеспечивающих повышение продуктивности систем утилизации и очистки выбросных газов, на основании построения моделей и последующего их координирования. Кроме того, проанализирован ряд задач, затрагива-

ющих вопросы устройства оборудования, необходимого для достижения поставленной цели.

Разработка новых и модернизация имеющихся систем утилизации вторичных энергоресурсов на основании технологий энергосбережения представляет собой самый эффективный способ справиться с разрешением вопросов, стоящих перед энергетической отраслью [1]. Данное направление соответствует общим тенденциям развития и относится к одному из перспективных стратегических векторов экономики нашего государства.

Непосредственная утрата теплоты с отходящими продуктами горения образует наибольшее количество вторичных тепловых энергоресурсов парогенераторов. Энергетические потери – появляющиеся с выбросом влажного газа, который обладает неустойчивыми температурами в диапазоне 120–130 °С, в то время как парогенераторы с предельным уровнем мощности, меньшим чем 0,7 кВт, производят выброс дымовых газов с температурой более 200 °С – составляют наибольшее количество вторичных энергоресурсов теплотехнологических устройств.

Однако не во всех случаях при помощи имеющихся способов возможно уменьшить потерю теплоты при отделении продуктов сгорания.

Подчеркнем, что в случае сжигания непосредственно в самих парогенераторах особенно эффективным и продуктивным можно признать только газообразное топливо. Такой вывод обусловлен следующим: отсутствие соединений серы позволяет охлаждать продукты сгорания до предельно низкого уровня температуры.

Оценка потенциала вторичных энергетических ресурсов уходящих продуктов сгорания теплотехнологических установок

Достоинство применения скрытой теплоты парообразования дымовых газов состоит в возможности использовать полученный конденсат, что существенно экономит воду [2].

Итак, обозначим приблизительные условия для предварительной оценки продуктивности и перспективности ряда действий, направленных на увеличение экономичности, реализуемых в отношении парогенераторов (таблица).

Применение самого теплообменника является достаточно значимым и важным моментом, так как именно от его использования зависит, насколько продуктивным будет применение воды, нагрев которой, в свою очередь, можно выполнить только до конкретного температурного уровня (от 50 до 60 °С) [3].

Также выбор устройства системы по утилизации тепла, находящегося в дымовых газах котельных, и типа используемых утилизаторов необходимо осуществлять исходя из источников тепла, возможности применения ресурсов дымового газа, теплопотребителей, типов применяемого топлива, структуры дымового газа, определяющей его агрессивность в отношении устройства котельной.

В целом решение об установке тепловых утилизаторов должно приниматься в соответствии с запросами конечных пользователей.

Для того чтобы воплотить данное направление в реальность, следует выявить направления потоков воздуха и воды [4], их смесей, степень расхода, а также уровень температуры, до которого возможно нагреть носитель тепла в утилизаторах.

**Приблизительные условия продуктивности и перспективности действий
для увеличения экономичности паровых котлов**

№	Наименование действий	Сбережение	Условия
1	Сокращение присоса воздуха в газовом тракте на 0,1	0,5	–
2	Увеличение коэффициента излишка воздуха в топливнике на 0,1	–	0,7
3	Увеличение t питательной воды при входе в барабан котлоагрегата на 10 °С при $p = 1,3$ МПа и КПД котлоагрегата $\eta_{ка} = 0,8$	2,0	–
4	Увеличение t питательной воды при входе в экономайзер водяного типа на 10 °С при давлении $p = 1,3$ МПа и КПД котлоагрегата $\eta_{ка} = 0,8$	–	0,23–0,24
5	Нагрев питательной воды в экономайзере водяного типа на 6 °С	1,0	–
6	Сокращение t отходящих газов на 10 °С: – для сухого топлива – влажного топлива	0,6 0,7	–
7	Устройство поверхностного экономайзера водяного типа	4–7	–
8	Применение деаэратора вакуумного типа для котельных, использующих газообразный вид топлива	1–1,5	–
9	Изменяемость содержания углекислого газа, находящегося в дымовых газах, на основании оптимального количества на 1 %	–	0,6
10	Сокращение горючих веществ при уносе их дымовым газом на 1 %	0,3–0,7	–
11	Вторичное применение уноса в топливник	2–3	–
12	Применение острого типа дутья	2,1–2,7	–
13	Изменяемость нагрузки котлоагрегата по направлению сокращения от обозначенной на 10 % меняет потерю тепла в атмосферу (для котла с массовой скоростью потока $D = 10$ т/ч)	–	0,2
14	Изменяемость нагрузки котлоагрегата (по направлению повышения) от обозначенной на 10 % повышает потерю тепла с отходящими газами	–	0,5–0,6
15	Образование слоя накипи толщиной 1 мм на внутренней стороне нагревания	–	2
16	Применение парового распыления на мазут, находящийся в форсунках	–	2–4
17	Невозврат конденсата на 1 т	–	0,02 т. у. т.
18	Применение неизолированного парового провода при давлении пара 0,5 МПа	–	0,4 кг/ч усл. т.
19	Выделение пара через отверстие размером в 1 мм при $p = 0,7$ МПа	–	3,6 кг/ч усл. т.
20	Применение притока теплого воздуха, исходящего из верхней зоны котлового зала на каждые 10 000 м ³	0,013 т. у. т.	–
21	Уменьшение величины продува	0,3	–
22	Устройство оборудования по обдуву с целью очистки внешних поверхностей нагревания	2–3	–
23	Функционирование парового котла в режиме уменьшенного давления от 1,3 до 0,5 Мпа	–	6
24	Автоматизирование процессов сгорания и питания паровых котлов	1–4	–
25	Ремонт паровых котлов на основании контрольно-измерительных установок не меньше	3–5	–

**Approximate conditions of productivity and prospects of actions
in increasing the efficiency of steam boilers**

№	Name of events	Saving	Conditions
1	Reduction of air suction in the gas path by 0.1	0.5	–
2	Increase in the coefficient of excess air in the fuel tank by 0.1	–	0.7
3	Increase in the t of feed water at the entrance to the drum of the boiler unit by 10 °C at $p = 1.3$ MPa and $\eta_{ка} = 0.8$	2.0	–
4	The increase in feed water t at the entrance to the water-type economizer is 10 °C at $p = 1.3$ MPa and $\eta_{ка} = 0.8$	–	0.23–0.24
5	Heating of feed water in the water-type economizer at 6 °C	1.0	–
6	Reduction of exhaust gas t by 10 °C: – for dry fuel – wet fuel	0.6 0.7	–
7	Water-type surface economizer device	4–7	–
8	Application of a vacuum type deaerator for boiler houses using a gaseous type of fuel	1–1.5	–
9	Variability of the carbon dioxide content in the flue gases based on the optimal amount per 1%	–	0.6
10	Reduction of combustible substances when carried away by flue gas by 1%	0.3–0.7	–
11	Secondary use of entrainment in the fuel tank	2–3	–
12	Application of the sharp type of blast	2.1–2.7	–
13	The variability of the load of the boiler unit in the direction of reduction from the indicated one by 10% changes the damage to the atmosphere (for the boiler $D = 10$ t/h)	–	0.2
14	The variability of the boiler unit load in the direction of increase from the indicated one increases the heat damage with the exhaust gases by 10%	–	0.5–0.6
15	Scale formation on the inner side of the heating with a thickness of 1 mm	–	2
16	The use of steam atomization of the fuel oil in the injector	–	2–4
17	Non-return of condensate per 1 ton	–	0.02 t. c. f.
18	Application of uninsulated steam wire at a steam pressure of 0.5 MPa	–	0.4 kg/h c. f.
19	Steam is released through a 1 mm hole at $p = 0.7$ MPa	–	3.6 kg/h c. f.
20	Application of the inflow of warm air coming from the upper zone of the boiler room for every 10.000 m ³	0.013 t. c. f.	–
21	Reducing the amount of purge	0.3	–
22	Installation of blowing equipment for the purpose of cleaning the external heating surfaces	2–3	–
23	Operation of the steam boiler in the reduced pressure mode from 1.3 to 0.5 MPa	–	6
24	Automation of the combustion and power supply processes of steam boilers	1–4	–
25	Repair of steam boilers on the basis of control and measuring installations not less than	3–5	–

Основные типы контактных теплообменных аппаратов, их конструкции и принцип действия

С целью нагрева воды преимущественно низкотемпературным газом в основном применяются экономайзеры.

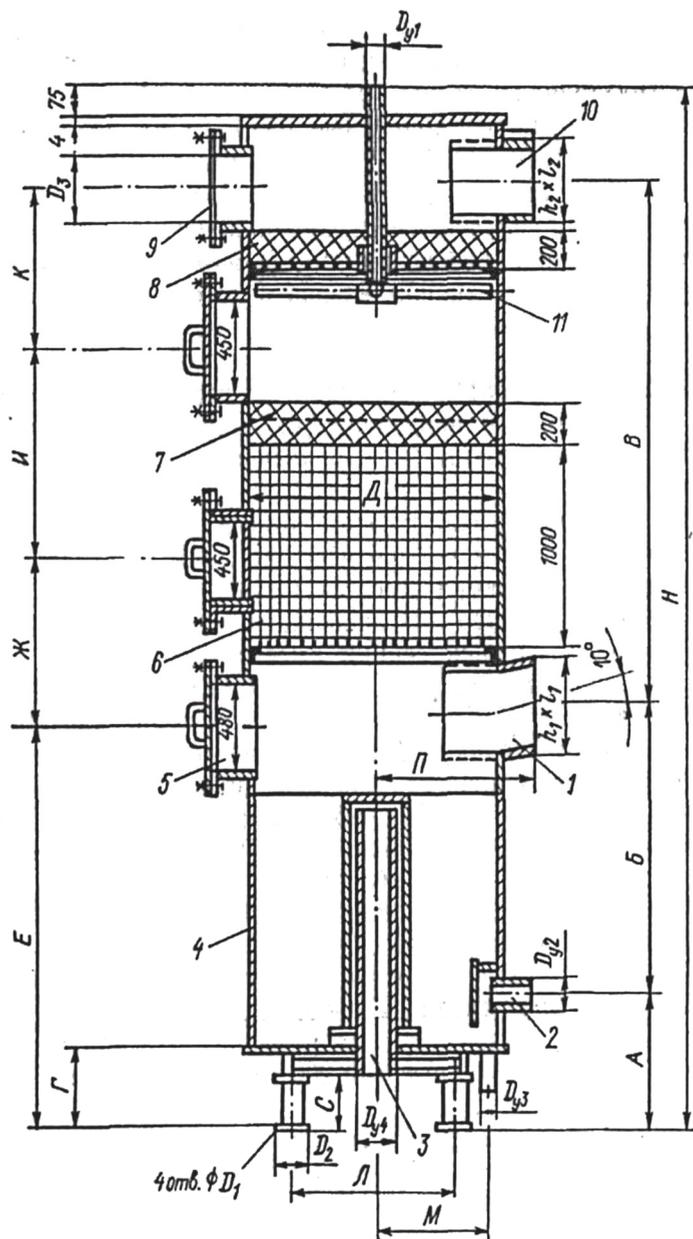


Рис. 1. Блочный контактный экономайзер модели ЭК-БМ1:

- 1 – входной патрубок горячих газов; 2 – штуцер отвода нагретой до необходимой температуры воды;
- 3 – переливной патрубок (переливная труба); 4 – корпус блочного контактного экономайзера; 5 – люк;
- 6 – рабочий ряд кольцевых насадок диаметром 50x50x5 мм, которые выложены слоями;
- 7 – ряд кольцевых насадок (выложены навалом); 8 – каплеулавливающий насадочный ряд;
- 9 – люк – взрывной клапан; 10 – патрубок для отведения охлажденных газов;
- 11 – водораспределитель устройства

Figure 1. Block contact economizer model EK-BM1:

- 1 – the inlet pipe of hot gases; 2 – the outlet of the water heated to the required temperature;
- 3 – the overflow pipe;
- 4 – the housing of the block contact economizer; 5 – the hatch; 6 – the working row of annular nozzles with a diameter of 50x50x5 mm, which are lined with layers;
- 7 – a row of annular nozzles (laid out in bulk); 8 – a drip-collecting nozzle row;
- 9 – a hatch – an explosive valve; 10 – a branch pipe for the discharge of cooled gases; 11 – a water distributor of the device

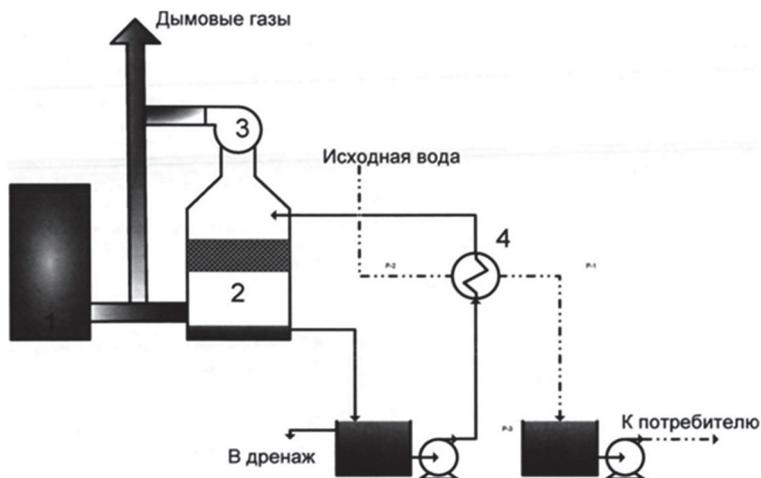


Рис. 2. Процесс утилизации дымовых газов парового котла:

1 – паровой котел; 2 – контактный экономайзер; 3 – вентилятор; 4 – теплообменник; 5 – бак с орошающей водой; 6 – бак для горячего водоснабжения; 7 – насос циркуляционный; 8 – насос для горячего водоснабжения

Figure 2. Process of utilization of flue gases of a steam boiler:

1 – steam boiler; 2 – contact economizer; 3 – fan; 4 – heat exchanger; 5 – tank with irrigation water; 6 – tank for hot water supply; 7 – circulation pump; 8 – pump for hot water supply

Для примера рассмотрим блочный контактный экономайзер, модели ЭК-БМ1 (рис. 1¹). Отметим, что в техническом плане экономайзер является простым смесительным теплообменником, имеющим вид охладительной башни.

Также важно выделить процесс утилизации дымовых газов парового котла, который представлен на рис. 2.

Оценка эффективности эксплуатации контактных теплообменных аппаратов

Продуктивность представленных контактных экономайзеров зависит от количества расходуемой воды. Следовательно, объем нагреваемой воды в данном виде экономайзера должен превосходить потребность в химически очищенной воды в котлах.

Разберем тепловой баланс котла, который функционирует на газе. Так, в случае суммирования баланса на основании высокой теплоты горения топлива баланс отражается следующим уравнением [5]:

$$qhw = q1 + q2 + q3 + q5, \quad (1)$$

где $q1$ – полезно воспринятое котлом тепло; $q2$ – потеря тепла с отходящими газами; $q3$ – потеря тепла, связанная с неполным химическим горением; $q5$ – потеря тепла в атмосферу, кДж/кг.

Рассматривая тепловой баланс котельных устройств, отметим, что его расчет выполняется на основании наименьшей теплоты горения топлива [6].

Наиболее значимым фактором, влияющим на эффективность теплового обмена и тип гидравлического режима, можно назвать такой параметр, как скорость теплообмена контактной камеры.

¹ Д 26-14-88. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Элементы теплообменных аппаратов. Министерство химического и нефтяного машиностроения, 1989.

Эффективность передачи тепла зависит от показателей нескольких потоков тепла:

- теплообмен в системе из дымовых газов и воды;
- испаряемость воды;
- процесс конденсации парообразования.

Однако достаточно тяжело выявить конкретные численные показатели теплового обмена относительно теплообменников и экономайзеров [7]. Для этого необходимы крупномасштабные исследования насадочных камер разного размера с применением в исследованиях экономайзеров, эксплуатация которых предполагается на разных этапах: начиная с этапа конструирования и заканчивая эксплуатацией контактных экономайзеров.

Отметим, что основным условием растекания воды, выравнивания колец, которые забрасываются навалом, и других факторов, от которых зависит данное состояние, выступает конечная продуктивность насадочных частей.

Показатель, от которого зависит массообмен в рассматриваемой системе: количество точек орошения в контактной камере составляет 500 шт на 1 м сечения, что обеспечивает полное орошение насадочного ряда.

Итоговое соотношение для точно выложенных колец (размером $50 \times 50 \times 50$ мм) уменьшается при сокращении числа струй от 1 (в случае количества струй не меньше 500) до 0,394 (в случае количества струй, равного 5).

Математическое моделирование взаимодействия парагазовой смеси с орошаемой водой насадкой

Рассмотрим развитие аддитивных особенностей различных технологических процессов при помощи теории цепей Маркова (рис. 3) [8]. В настоящее время эта теория является наиболее употребительной при разработке математических моделей физико-химических и теплофизических систем.

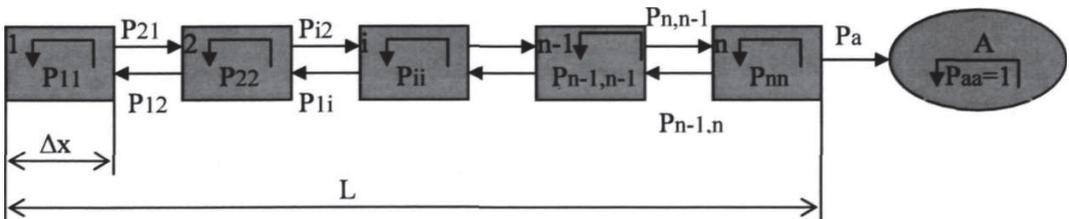


Рис. 3. Развитие процесса цепью Маркова
Figure 3. Development of the Markov chain process

В работах о стратегии системного анализа, разработанной А. Бертье [6], определено, что в рабочем устройстве можно выделить отдельные ячейки, точность степени дифференцирования ячеек зависит от развития теоретической и практической базы современной рассматриваемому устройству эпохи.

Итак, после того как ячейка дифференцирована из системы, ее поведение можно описать при помощи математической модели. Далее на основе данной математической модели предполагается определенный алгоритм, направленный на сбор математических моделей поведения одиночных ячеек в объединенную модель процесса. Данный процесс и был проанализирован.

Кроме того, можно выделить исследования, которые взаимосвязаны с классификацией моделей ячеек на основании системы цепи, переходной матрицы и преобразованием математических моделей.

Математический аппарат моделей ячеек универсален, к тому же их использование для обозначения определенных действий исходит из того, что выбор величины состояния и выявления сущности переходных возможностей может быть собран в матрицу.

Заключение

Модернизация методик и устройств с целью внедрения методов контактного теплового обмена в структуры утилизации тепла уходящего влажного газа теплоприменяющего оборудования предполагает разрешение следующих задач:

1) выделение параметров математической модели теплового массообмена применительно к контактному теплообменнику, используя экспериментальные показатели и выводы промышленных исследований;

2) выбор и доказательство условий оптимальности с целью определения алгоритма использования контактного теплообменника;

3) моделирование условий использования контактного теплообменника и определение воздействия конструктивных и режимных характеристик процесса в отношении его энергопродуктивности;

4) анализ нестационарных условий использования контактных теплообменников на основании вычислительного исследования на созданной компьютерной модели;

5) разработка компьютерного технического способа по расчету действий теплового массообмена для контактных теплообменников с насадкой, которая орошается водой, и определение подходящих эффективных и режимных величин;

6) разработка методов оценки продуктивности применения тепла уходящих влажных газов, которые потребляют тепло устройств с целью нагрева воды, применяемой в технологическом процессе контактных теплообменников.

Список литературы

- [1] Драгунов Ю.Г., Сметанников В.П., Габараев Б.А., Орлов А.Н., Беляков М.С., Дербенев Д.С. Аналитический обзор информации по теплофизическим свойствам гелиево-ксеноновой газовой смеси и рекомендации по их расчету. М., 2012. С. 15–17.
- [2] Куликова Т.Н., Марков П.В., Солонин В.И. Моделирование теплоотдачи к газовому теплоносителю с пониженным значением числа Прандтля // Машиностроение и компьютерные технологии. 2015. № 6. С. 420–437.
- [3] Марков П.В. К вопросу о численном расчете теплоотдачи от стержневых тепловыделяющих элементов ядерных реакторов ВВЭР // Машиностроение и компьютерные технологии. 2014. № 11. С. 790–799. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-chislennom-raschete-teplootdachi-ot-sterzhnevyyh-teplovydelyayuschih-elementov-yadernyh-reaktorov-vver> (дата обращения: 10.01.2021).
- [4] Cebeci T. Analysis of turbulent flows. Elsevier Science, 2004. 260 p.
- [5] Chen W., Lien F., Leschziner M. Non-linear eddy-viscosity modelling of transitional boundary layers pertinent to turbomachine aerodynamics // International Journal of Heat and Fluid Flow. 1998. Vol. 19. No. 4. Pp. 297–306. [http://doi.org/10.1016/S0142-727X\(97\)10012-1](http://doi.org/10.1016/S0142-727X(97)10012-1)
- [6] Weigand B., Ferguson J.R., Crawford M.E. An extended Kays and Crawford turbulent Prandtl number model // International Journal of Heat and Mass Transfer. 1997. Vol. 40. No. 17. Pp. 4191–4196. [http://doi.org/10.1016/S0017-9310\(97\)00084-7](http://doi.org/10.1016/S0017-9310(97)00084-7)
- [7] Жуков А.В., Сорокин А.П., Кузина Ю.А. Теплообмен и температурные поля твэлов в активных зонах ВВЭР // Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР: материалы

5-й Международной научно-технической конференции (29 мая – 1 июня 2007 г.).
Подольск: ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2007. URL:
<http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/mntk2007/disc/autorun/article77-ru.htm>
(дата обращения: 10.01.2021).

- [8] Кириллов П.Л., Бобков В.П., Жуков А.В., Юрьев Ю.С. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике: в 3 т. Т. 1. Теплогидравлические процессы в ядерных энергетических установках. М.: ИздАТ, 2010. 776 с.

References

- [1] Dragunov YuG, Smetannikov VP, Gabaraev BA, Orlov AN, Belyakov MS, Derbenev DS. *Analytical review of information on the thermophysical properties of a helium-xenon gas mixture and recommendations for their calculation*. Moscow; 2012. p. 15–17. (In Russ.)
- [2] Kulikova TN, Markov PV, Solonin VI. Modeling of heat transfer to a gas heat carrier with a reduced value of the Prandtl number. *Mashinostroenie i Kompyuternye Tekhnologii*. 2015;(6):420–437. (In Russ.)
- [3] Markov PV. On the issue of numerical calculation of heat transfer from core fuel elements of VVER nuclear reactors. *Mashinostroenie i Kompyuternye Tekhnologii*. 2014;(11):790–799. (In Russ.) Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-chislennom-raschete-teplootdachi-ot-sterzhnevyyh-teplovydelyayuschih-elementov-yadernyh-reaktorov-vver> (accessed: 10.01.2021).
- [4] Cebeci T. *Analysis of turbulent flows*. Elsevier Science; 2004.
- [5] Chen W, Lien F, Leschziner M. Non-linear eddy-viscosity modelling of transitional boundary layers pertinent to turbomachine aerodynamics. *International Journal of Heat and Fluid Flow*. 1998;19(4):297–306. [http://doi.org/10.1016/S0142-727X\(97\)10012-1](http://doi.org/10.1016/S0142-727X(97)10012-1)
- [6] Weigand B, Ferguson JR, Crawford ME. An extended Kays and Crawford turbulent Prandtl number model. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 1997;40(17):4191–4196. [http://doi.org/10.1016/S0017-9310\(97\)00084-7](http://doi.org/10.1016/S0017-9310(97)00084-7)
- [7] Zhukov AV, Sorokin AP, Kuzina YuA. Heat exchange and temperature fields of fuel elements in VVER active. *Ensuring the Safety of Nuclear Power Plants with VVER: Proceedings of the 5th International Scientific and Technical Conference (29 May – 1 June 2007)*. Podolsk: ОКБ “ГИДРОПРЕСС” Publ.; 2007. (In Russ.) Available from: <http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/mntk2007/disc/autorun/article77-ru.htm> (accessed: 10.01.2021).
- [8] Kirillov PL, Bobkov VP, Zhukov AV, Yurev YuS. *Reference book of thermohydraulic calculations in nuclear power engineering. Vol. 1. Thermal-hydraulic processes in nuclear power plants*. Moscow: IzdAt Publ.; 2010. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Карев Алексей Николаевич, аспирант, Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Российская Федерация, 117997, Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1. E-mail: alexcarew777@yandex.ru

Тюрин Михаил Павлович, доктор технических наук, профессор, Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Российская Федерация, 117997, Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1. E-mail: tjurinmp@yandex.ru

Bio notes:

Alexey N. Karev, postgraduate student, Kosygin Russian State University, 33 Sadovnicheskaya St, bldg 1, Moscow, 117997, Russian Federation. E-mail: alexcarew777@yandex.ru

Mikhail P. Tyurin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kosygin Russian State University, 33 Sadovnicheskaya St, bldg 1, Moscow, 117997, Russian Federation. E-mail: tjurinmp@yandex.ru



ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ENVIRONMENTAL EDUCATION

DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-4-381-385

UDC 503.37:371.3

Scientific report / Научная сообщения

Environmental baseline assessment – changes 2022

Tatyana N. Ledashcheva¹, Vladimir E. Pinaev^{1,2}  

¹Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

²Environmental Consulting Company FRECOM Ltd., Moscow, Russia

 pinaev-ve@rudn.ru

Abstract. The article examines the changes in the requirements of the legislation of the Russian Federation on the assessment of the current state of the environment carried out within the framework of engineering and environmental surveys and the requirements for the preparation of project documentation in terms of environmental impact assessment. Taking into account the updated requirements of legislation is important, not only in the preparation of project documentation – environmental impact assessment and a list of environmental protection measures, but also in the training of environmental specialists. It is essential that the graduate students are aware of the requirements of the legislation and understands that the legislation is subject of change.

Keywords: assessment, current state, environment, engineering surveys, environmental surveys, changes in legal requirements

Article history: received 18.01.2021; revised 30.01.2021.

For citation: Ledashcheva TN, Pinaev VE. Environmental baseline assessment – changes 2022. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2021;29(4):381–385. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-381-385>

Оценка современного состояния окружающей среды – изменения 2022

Т.Н. Ледащева¹, В.Е. Пинаев^{1,2}  

¹Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

²Экологическая консалтинговая компания ООО «ФРЭКОМ», Москва, Россия

 pinaev-ve@rudn.ru

Аннотация. Рассматриваются изменения требований законодательства Российской Федерации по оценке современного состояния окружающей среды, проводимой в рамках инженерно-экологических изысканий, и требования к подготовке проектной

© Ledashcheva T.N., Pinaev V.E., 2021



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

документации в части оценки воздействия на окружающую среду. Учет обновленных требований законодательства важен не только при подготовке проектной документации – оценки воздействия на окружающую среду и перечня мероприятий по охране окружающей среды, но и при подготовке специалистов-экологов. Важно, чтобы выпускник был в курсе требований законодательства и понимал, что законодательство подвержено изменениям.

Ключевые слова: оценка, современное состояние, окружающая среда, инженерно-экологические изыскания, изменение требований законодательства

История статьи: поступила в редакцию 18.01.2021; принята к публикации 30.01.2021.

Для цитирования: *Ledashcheva T.N., Pinaev V.E.* Environmental baseline assessment – changes 2022 // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29. № 4. С. 381–385. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-4-381-385>

Introduction

Starting 2021 Russian legislation is changing in part of health safety and environment, this tendency is continuing for 2022. Starting 17th January 2022 legal requirements for environmental baseline assessment will change from Code of Rules on engineering surveys for construction of SP 11-102-97 “Engineering and Environmental Surveys for Construction” dated 10 July 1997 to Code of Rules SP 502.1325800.2021 “Engineering and Environmental Surveys for Construction. General Rules of Work” dated 16th July 2021.

New document is in line with previous requirements, but also introduces more details in the practice of environmental baseline assessment performance.

Materials and discussion

Environmental baseline assessment is necessary to perform most countries [1] including aspects of cumulative impact [2] either as separate procedure or as a part of environmental impact assessment.

The knowledge of modern legal requirements is necessary not only for practitioners generating project documentation [3], but also for activities in Arctic region [4], subsoil exploration [5], energy generation [6], GIS development [7] and specially protected area preservation [8].

There is also a need of improvement of legislation on environmental impact assessment [9; 10].

New legal document – the Code of Rules SP 502.1325800.2021 “Engineering and Environmental Surveys for Construction. General Rules of Work” contains detailed guidance on performance of environmental baseline assessment, including:

- the collection, analysis of engineering-ecological surveys of previous years;
- decryption and analysis of remote sensing materials and data;
- reconnaissance survey of the territory;
- route observations;
- research and assessment of ambient air pollution;

- soil research and assessment of soil contamination;
- research and assessment of surface water pollution;
- investigation and assessment of groundwater pollution;
- investigation and assessment of sediment pollution in surface water bodies;
- research and assessment of the radiation situation;
- research and evaluation of physical impacts;
- sanitary and epidemiological studies;
- gas-geochemical studies of soils;
- study of socio-economic conditions;
- ecological and landscape studies;
- study of vegetation cover;
- study of the animal world;
- study of the impact of dangerous natural and natural-anthropogenic processes on the ecological state of the environment;
- ecological testing of individual components of the natural environment (atmospheric air, soils (or soils), surface and groundwater, sediments, hydrobionts (during engineering and environmental surveys in the waters of the seas);
- laboratory studies of samples of atmospheric air, soils (or soils), underground and surface waters, bottom sediments;
- biological samples (during engineering and environmental surveys in the waters of the seas);
- camera processing of materials;
- preparation of a technical report.

This document describes most necessary stages of environmental baseline assessment. The stages are same as in previous guiding document.

Besides it there are more directions on the period of validity for the results of previous environmental baseline assessment done offshore – for the territorial sea, inland sea waters (in most cases 2 years) and on the shelf (in most cases 3 years).

Conclusion

Summing up we can conclude that updated legal requirements are in line with previous ones. New requirements contain more information on marine environmental baseline assessment and are in force starting January 17th, 2022. Note that changes of Russian legislation are constant and documents still in force can be periodically updated. Need of legal information requirements familiarization is absolutely necessary for students of environmental specialties.

References

- [1] Ledascheva TN, Pinaev VE. Review of foreign publications on the assessment of the current state of the environment and environmental impact assessment. *Naukovedenie*. 2017;9(1):1–10. (In Russ.) Available from: <http://naukovedenie.ru/PDF/16EVN117.pdf> (accessed: 12.12.2021).
- [2] Pinaev VE, Mikheeva AI. Assessment of waste and accumulated ecological damage by remote sensing materials during the assessment of the current state

- of the environment. *Naukovedenie*. 2017;9(1):1–10. (In Russ.) Available from: <http://naukovedenie.ru/PDF/17EVN117.pdf> (accessed: 23.12.2021).
- [3] Evstropov VM. Modern methodology of environmental pollution assessment. *Zametki Uchenogo*. 2019;(9(43)):61–64. (In Russ.)
- [4] Smirennikova EV, Ukhanova AV, Voronina LV. Assessment of the environment and environmental safety in the Russian Arctic. *Journal of Management Consulting*. 2018;(9(117)):59–78. (In Russ.)
- [5] Kulikov RN. Environmental assessment of the state of the environment on the territory of the Zapadno-Erginsky field at the stage of the survey. *Reports of Bashkir University*. 2018;3(2):177–182. (In Russ.)
- [6] Dikinov AKh, Tsoroeva MI. Management of development processes and assessment of the environment in the areas of operation of energy facilities. *Journal of Management Accounting*. 2021;(6–1):26–32. (In Russ.)
- [7] Lipina LN, Usikov VI. The use of geoinformation technologies for assessment and forecasting of environmental conditions. *Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. 2018;(8):46–53. (In Russ.)
- [8] Slonskaya EA, Sergeenko KV, Dembovskaya VV. Estimation of the ecological state of the environment on the territory of the natural monument of regional importance Markovskie Mountains. *Vestnik Sovremennykh Issledovaniy*. 2018;(8.1(23)):28–31. (In Russ.)
- [9] Zhavoronkova NG, Agafonov VB. Analysis and evaluation of modern problems of legislation of the Russian Federation in the field of environmental protection in the use of mineral resources. *Journal of Mineral Resources of Russia. Economics and Management*. 2020;(3(172)):65–68. (In Russ.)
- [10] Kanukov AS, Korbesova KV. Modern methods and approaches to assessing the level of environmental pollution. *Proceedings of the Institute of Geology, Dagestan Scientific Center of RAS*. 2021;(2(85)):61–68. (In Russ.)

Список литературы

- [1] *Ледашчева Т.Н., Пинаев В.Е.* Обзор зарубежных публикаций по вопросам оценки современного состояния окружающей среды и оценки воздействия на окружающую среду // *Науковедение*. 2017. Т. 9. № 1. С. 1–10. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/16EVN117.pdf> (дата обращения: 12.12.2021).
- [2] *Пинаев В.Е., Михеева А.И.* Оценка отходов и накопленного экологического ущерба по материалам дистанционного зондирования Земли при проведении оценки современного состояния окружающей среды // *Науковедение*. 2017. Т. 9. № 1. С. 1–10. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/17EVN117.pdf> (дата обращения: 23.12.2021).
- [3] *Евструпов В.М.* Современная методология оценки загрязнения окружающей среды // *Заметки ученого*. 2019. № 9 (43). С. 61–64.
- [4] *Смиреникова Е.В., Уханова А.В., Воронина Л.В.* Оценка состояния окружающей среды и обеспечения экологической безопасности в российской Арктике // *Управленческое консультирование*. 2018. № 9 (117). С. 59–78.
- [5] *Куликов Р.Н.* Экологическая оценка состояния окружающей среды на территории Западно-Эргинского месторождения на этапе изысканий // *Доклады Башкирского университета*. 2018. Т. 3. № 2. С. 177–182.
- [6] *Дикинов А.Х., Цороева М.И.* Управление процессами развития и оценка состояния окружающей среды в районах функционирования объектов энергетики // *Управленческий учет*. 2021. № 6–1. С. 26–32.
- [7] *Липина Л.Н., Усиков В.И.* Использование геоинформационных технологий для оценки и прогноза состояния окружающей среды // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2018. № 8. С. 46–53.

- [8] Слонская Е.А., Сергеенко К.В., Дембовская В.В. Оценка экологического состояния окружающей среды на территории памятника природы областного значения Марковские горы // Вестник современных исследований. 2018. № 8.1 (23). С. 28–31.
- [9] Жаворонкова Н.Г., Агафонов В.Б. Анализ и оценка современных проблем законодательства Российской Федерации в сфере охраны окружающей среды при пользовании недрами // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2020. № 3 (172). С. 65–68.
- [10] Кануков А.С., Корбесова К.В. Современные методы и подходы к оценке уровня загрязнения окружающей среды // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2021. № 2 (85). С. 61–68.

Bio notes:

Tatyana N. Ledashcheva, Cand. Sc. Math., Docent, Department of Environmental Security and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation. E-mail: ledashcheva-tn@rudn.ru

Vladimir E. Pinaev, Cand. Sc. Econ., Docent, Department of Environmental Security and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russia; leading specialist, Environmental Consulting Company FRECOM Ltd., 18 Malaya Pirogovskaya St, bldg 1, Moscow, 119435, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-8943-5462. E-mail: pinaev-ve@rudn.ru

Сведения об авторах:

Ледашчева Татьяна Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент, департамент экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. E-mail: ledashcheva-tn@rudn.ru

Пинаев Владимир Евгеньевич, кандидат экономических наук, доцент, департамент экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; главный специалист, экологическая консалтинговая компания ООО «ФРЭКОМ», Российская Федерация, 119435, Москва, ул. Малая Пироговская, д. 18, стр. 1. ORCID: 0000-0001-8943-5462. E-mail: pinaev-ve@rudn.ru

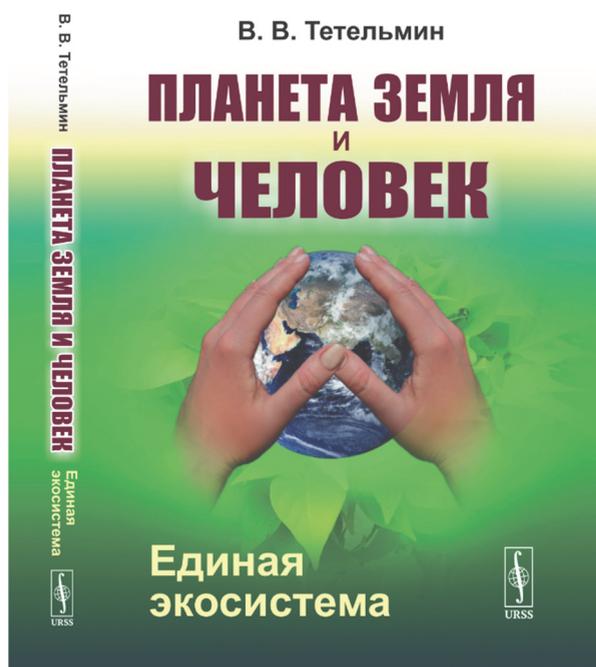
Представляем выпущенную издательством URSS книгу доктора технических наук, академика Владимира Владимировича Тетельмина «Планета Земля и человек: единая экосистема»¹, в которой рассматривается общая картина эволюции Вселенной от Большого взрыва до Социума.

В книге приводятся основные понятия о биосфере как целостной системе планетарного масштаба, даются общие закономерности взаимодействия цивилизаций с окружающей средой и описание эволюции природопользования. Представлены типы естественных и преобразованных человеком

экосистем. Излагаются проблемы глобального экологического кризиса, а также качества жизни человека и общества. Исследуются физические основы и корреляция использования горючих полезных ископаемых с глобальными климатическими изменениями, а также физическая сущность парникового эффекта и радиационного баланса Земли. Обсуждаются естественные и антропогенные причины глобального потепления и необходимость перехода на возобновляемые виды энергии. Затрагиваются вопросы народонаселения планеты и экологическая обусловленность заболеваний человека. Дается опи-

сание необходимых климатических действий для достижения целей Парижского соглашения. Рассмотрены принципы правовой охраны природной среды и необходимые шаги по переходу к сфере разума – ноосфере.

В.В. Тетельмин – ученый-практик, участвовавший в научном обосновании проектирования и строительства крупнейших ГЭС Сибири, автор и соавтор федеральных законов «Об охране озера Байкал», «Об охране атмосферного воздуха», «О радиационной безопасности населения», «Об отходах производства и потребления» и др., член Центрального совета Всероссийского общества охраны природы и Общественного совета при Минэнерго РФ.



¹ Тетельмин В.В. Планета Земля и человек: единая экосистема. М.: ЛЕНАНД, 2022. 480 с.