



Национальный комитет  
по исследованию БРИКС  
Россия



Карельский  
научный центр  
Российской академии  
наук

**РИТМ**  
УГЛЕРОДА

# Региональное сотрудничество БРИКС: современные проблемы экологии и природопользования

Материалы второй международной  
научно-практической конференции

*Петрозаводск, 18–20 сентября 2024 г.*

---

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

---

Федеральный исследовательский центр  
«Карельский научный центр Российской академии наук»  
Российский Национальный комитет по исследованию БРИКС

---

# Региональное сотрудничество БРИКС: современные проблемы экологии и природопользования

Материалы второй международной  
научно-практической конференции

*Петрозаводск, 18–20 сентября 2024 г.*

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Научное электронное издание

Петрозаводск  
КарНЦ РАН  
2024

ISBN 978-5-9274-1001-9

© Коллектив авторов, 2024  
© ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2024

# Regional Cooperation within the BRICS: modern environmental and nature management issues

Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference

*Petrozavodsk, September 18–20, 2024*

ABSTRACTS

Electronic scientific edition

Petrozavodsk  
KarRC RAS  
2024

ISBN 978-5-9274-1001-9

© Composite author, 2024  
© Karelian Research Centre RAS, 2024

УДК 502/504:330.15+001.83(063)  
ББК 20.18+65.04  
Р32

Редакционная коллегия:  
*О.Н. Бахмет, А.И. Слабунов, А.А. Смирнова,  
В.А. Маркова, Н.Н. Фокина*

Editorial Board:  
*O.N. Bakhmet, A.I. Slabunov, A.A. Smirnova,  
V.A. Markova, N.N. Fokina*

*Издается по решению оргкомитета  
конференции  
«Региональное сотрудничество БРИКС:  
современные проблемы экологии  
и природопользования»*

*Published under the decision  
of the Organizing Committee of the Conference  
„Regional Cooperation within the BRICS:  
modern environmental  
and nature management issues“*

**Р32 Региональное** сотрудничество БРИКС: современные проблемы экологии и природопользования : материалы второй международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 18–20 сентября 2024 г. : тезисы докладов : научное электронное издание = Regional Cooperation within the BRICS: modern environmental and nature management issues : Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference, Petrozavodsk, September 18–20, 2024 : Abstracts : Electronic scientific edition / редакционная коллегия: О.Н. Бахмет [и др.] ; Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН», Российский Национальный комитет по исследованию БРИКС. – Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2024. – 1 DVD-ROM. – Систем. требования: PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше; Microsoft Windows, MAC OSX; 256 Мб (RAM); видеосистема: разрешение экрана 800×600 и выше, графический ускоритель (опционально); мышь; Adobe Reader; дисковод DVD-ROM. – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-9274-1001-9

В сборнике представлены тезисы докладов второй международной научно-практической конференции «Региональное сотрудничество БРИКС: современные проблемы экологии и природопользования», которые посвящены проблемам изменения климата, рационального природопользования, промышленной экологии и зеленой экономики, а также вопросам охраны природы и сохранения биоразнообразия в странах БРИКС. Конференция организована Карельским научным центром РАН совместно с Российским Национальным комитетом по исследованию БРИКС. Она направлена на развитие горизонтальных региональных научных связей со странами этого межгосударственного объединения.

УДК 502/504:330.15+001.83(063)  
ББК 20.18+65.04

The volume contains abstracts of the 2<sup>nd</sup> International Conference „Regional Cooperation within the BRICS: modern environmental and nature management issues“ dealing with problems of climate change, sustainable use of natural resources, industrial ecology and green economy, as well as nature protection and biodiversity conservation in BRICS countries. The conference was organized by the Karelian Research Centre RAS in collaboration with the Russian National Committee on BRICS Research. It is designed to foster horizontal regional-level scientific networking in this interstate alliance.

*Текстовое (символьное) электронное издание*

Системные требования: PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше; Microsoft Windows, MAC OSX; 256 Мб (RAM); от 500 Мб свободного пространства на жестком диске; видеосистема: разрешение экрана 800×600 и выше, графический ускоритель (опционально); мышь; Adobe Reader; дисковод DVD-ROM

© Коллектив авторов, 2024  
© ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2024

Для создания электронного издания использованы  
ПО Adobe InDesign, Adobe Acrobat Pro

Редактор *Л. В. Кабанова*  
Компьютерная верстка *Н. Н. Сабанцева*  
Оформление обложки и этикетки диска *Т. В. Уткина*

Подписано к использованию 16.12.2024. 1 DVD-ROM. 5,18 Мб.  
Тираж 50 экз. Заказ № 833

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр  
«Карельский научный центр Российской академии наук»  
185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11  
Телефон (8142) 76-60-40. E-mail: [krccras@krc.karelia.ru](mailto:krccras@krc.karelia.ru)  
URL: <http://www.krc.karelia.ru>

Изготовлено в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки  
Федеральный исследовательский центр  
«Карельский научный центр Российской академии наук»  
185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11  
Телефон (8142) 76-60-40. E-mail: [krccras@krc.karelia.ru](mailto:krccras@krc.karelia.ru)  
URL: <http://www.krc.karelia.ru>

## СОДЕРЖАНИЕ / TABLE OF CONTENTS

■ <i>Olga Bakhmet</i> Welcome Address to the Conference .....	12
■ <i>Бахмет О.Н.</i> Приветственное слово участникам конференции .....	14
<b>I. ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ / PLENARY SESSION</b>	
■ <i>Cao L.</i> NOVEL MAPPING OF THE FLYWAY CORRIDORS OF WILDFOWL IN THE EAST ASIAN AUSTRALASIAN FLYWAY .....	17
■ <i>Jaspal M.</i> BRIDGING THE FUNDING GAP: LEVERAGING CARBON MARKETS FOR NATURE-BASED SOLUTIONS .....	17
■ <i>Jiang H., Tian L., Cai H., Bai L.</i> DISTINCT CARBON-CYCLE FUNCTION OF ASSOCIATED BACTERIA IN CYANOBACTERIAL BLOOM AGGREGATES IN A FRESHWATER LAKE .....	18
■ <i>Maharajh R.</i> ECOLOGICAL CONSTRAINTS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: CONTEMPORARY CHALLENGES FOR BRICS+ AND THE GLOBAL MAJORITY .....	18
■ <i>Woldegiorgis Y. B.</i> ASSESSMENT OF HUMAN-WILDLIFE CONFLICT IN GULLELE BOTANIC GARDEN, ADDIS ABABA, ETHIOPIA: IMPLICATION FOR WILDLIFE MANEGEMENT .....	20
■ <i>Бычков И.В., Фереферов Е.С., Фёдоров Р.К., Хмельнов А.Е.</i> ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ .....	20
■ <i>Мячина К.В., Ряхов Р.В., Щавелев А.Н., Дубровская С.А.</i> ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЭКОСИСТЕМ В ОТНОШЕНИИ АТМОСФЕРНОГО УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ .....	21
■ <i>Сахаров Я.А., Янаков А.Т., Петрукович А.А., Мёрзлый А.М., Садовский А.М., Мингалёв И.В., Селиванов В.Н., Билин В.А., Аксенович Т.В., Рожко О.И.</i> СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ГЕОИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ (ГИТ АВРОРА) – ПЕРВЫЙ ШАГ В СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ГИТ В БРИКС .....	23
■ <i>Серебрицкий И.А., Григорьев А.С., Сидельникова Е.О., Шакуров В.А.</i> ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ В РАЗРЕЗЕ РЕАЛИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОВЕСТКИ И ПЛАНА АДАПТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ .....	23
■ <i>Скобелев Д.О.</i> АСПЕКТЫ УЧЕТА ПРИРОДНОГО КАПИТАЛА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРАН БРИКС .....	24
■ <i>Тестоедов Н.А., Верховец С.В., Борисевич А.Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ИЗУЧЕНИИ ЭКОСИСТЕМ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ .....	26

**II. ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА,  
МОНИТОРИНГ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА В СТРАНАХ БРИКС / GLOBAL AND REGIONAL  
CLIMATE CHANGE, CARBON BALANCE MONITORING IN BRICS MEMBER STATES**

■ <i>Sreedevi M.A., Harikumar P.S.</i> <b>INTERACTIONS BETWEEN PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS AND CARBON RESERVOIRS IN SEDIMENTS OF ASHTAMUDI WETLAND, RAMSAR SITE IN THE SOUTHWEST COAST OF INDIA UNDER GLOBAL CLIMATE CHANGE</b> .....	28
■ <i>Абакумов Е.В., Чебыкина Е.Ю., Низамутдинов Т.И., Поляков В.И., Шевченко Е.В., Макарова М.В.</i> <b>МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ КАРБОНОВЫХ ПОЛИГОНОВ ПОЛЯРНОГО И БОРЕАЛЬНОГО ПОЯСА</b> .....	29
■ <i>Алексеева Н.Н., Банчева А.И.</i> <b>ОЦЕНКИ БАЛАНСА УГЛЕРОДА НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ: ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЙ КИТАЯ И ИНДИИ</b> .....	30
■ <i>Антонович В.В., Антохина О.Ю., Антохин П.Н., Аршинова В.Г., Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Белан С.Б., Давыдов Д.К., Зенкова П.Н., Ивлев Г.А., Козлов А.В., Панченко М.В., Пестунов Д.А., Пташник И.В., Рассказчикова Т.М., Савкин Д.Е., Симоненков Д.В., Складнева Т.К., Толмачев Г.Н., Фофанов А.В., Чернов Д.Г., Шмаргунов В.П.</i> <b>РЕГИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ</b> .....	31
■ <i>Боголюбова Н.В.</i> <b>СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ЭМИССИИ КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ЖВАЧНЫМИ ЖИВОТНЫМИ</b> .....	32
■ <i>Гречушников М.Г., Репина И.А., Фролова Н.Л., Агафонова С.А., Ломов В.А., Соколов Д.И., Степаненко В.М., Ефимов В.А., Мольков А.А., Капустин И.А.</i> <b>МЕТАН В ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ: ДАННЫЕ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ И УДЕЛЬНОГО ПОТОКА</b> .....	33
■ <i>Гусева О.А., Якимова О.П.</i> <b>ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЯРОСЛАВСКОЙ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ОБЛАСТЯХ</b> .....	34
■ <i>Канзываа С.О., Монгуш С.Д., Куулар Э.А.</i> <b>ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЗНЫХ ЭКОЛОГО- ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЗОНАХ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА</b> .....	36
■ <i>Лаврентьева И.Н., Меркушева М.Г.</i> <b>БАЛАНС УГЛЕРОДА В ТРАВЯНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ</b> .....	37
■ <i>Линкевич Е.В., Гуляева Е.Н., Родин А.Ю., Кирьянова В.А.</i> <b>ОСОБЕННОСТИ СУТОЧНОГО ХОДА ЭМИССИИ CO<sub>2</sub> НА ЕСТЕСТВЕННОМ И МЕЛИОРИРОВАННОМ БОЛОТАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ</b> .....	38
■ <i>Прасолов С.Д., Забелина С.А., Чупаков А.В.</i> <b>ЭМИССИЯ УГЛЕРОДА С ПОВЕРХНОСТИ ВНУТРИБОЛОТНЫХ ОЗЕР</b> .....	39
■ <i>Родинова П.А., Куликова Н.А., Стаковецкая О.К.</i> <b>БИОАККУМУЛЯЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНКАХ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО</b> .....	40
■ <i>Розенцвет О.А., Богданова Е.С., Нестеров В.Н., Ульянова Д.М.</i> <b>ВАРИАЦИИ СТРУКТУРНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА</b> .....	41
■ <i>Семин Д.Е., Придача В.Б.</i> <b>ОЦЕНКА ЭМИССИИ CO<sub>2</sub> С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ СОСНОВЫХ ЭКОСИСТЕМ КАРЕЛИИ В ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКЕ</b> .....	42
■ <i>Сосорова С.Б., Меркушева М.Г., Болонева Л.Н., Лаврентьева И.Н., Убугунов В.Л.</i> <b>ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ КАК БИОИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ г. ЗАКАМЕНСКА)</b> .....	43

**III. ИЗУЧЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ  
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В СТРАНАХ БРИКС  
/ WATER AND TERRESTRIAL ECOSYSTEMS RESEARCH UNDER CLIMATE CHANGE  
AND HUMAN IMPACT IN BRICS MEMBER STATES**

■ <i>Bai L., Jiang H.</i> MOLECULAR INSIGHTS INTO THE BIOLOGICAL LABILITY OF DISSOLVED ORGANIC CARBON IN CYANOBACTERIAL BLOOM-OCCURRING FRESHWATER LAKES .....	46
■ <i>Drissia T.K.</i> REGIONAL-SCALE HYDROLOGICAL CHANGES IN RESPONSE TO CLIMATE CHANGE – A CASE STUDY FROM INDIA .....	47
■ <i>Itskovich V., Kaluzhnaya O., Glyzina O., Li Z.</i> SPECIES IDENTIFICATION AND MICROBIAL DIVERSITY OF SPONGES (PORIFERA) OF LAKE TELETSKOYE (WEST SIBERIA) .....	48
■ <i>Li Z., Kirillin G., Wen L., Huang W., Zhang Y.</i> INTRODUCTION OF LAKE ICE PHYSICS AND WATER ECOSYSTEM UNDER ICE FROM A CHINESE-GERMAN PROJECT (ICETMP) .....	49
■ <i>Liu W., Xie X., Abakumov E., Chebykina E., Wang W.</i> WATERSHED PHOSPHORUS CYCLE MANAGEMENT AS AN EFFECTIVE APPROACH FOR GLOBAL PHOSPHORUS SUSTAINABILITY .....	50
■ <i>Tolstikov A.V., Serykh I.V.</i> WARMING IN THE WESTERN PART OF THE RUSSIAN ARCTIC ACCORDING TO THE DATA OF ERA5 REANALYSIS AND CMIP6 MODELS .....	51
■ <i>Zadereev E., Afonina E., Ajayan A., Barbosa L., Jin H., Krishnan A.K., Wang Y.</i> THE IMPACT OF SALINITY, EUTROPHICATION AND CLIMATE CHANGE ON AQUATIC ECOSYSTEMS FUNCTIONING AND PROVISION OF ECOSYSTEM SERVICES IN VARIOUS NATURAL ZONES .....	52
■ <i>Zdorovennova G.E., Efremova T.V., Novikova I.S., Erina O.N., Denisov D.B., Fedorova I.V., Sokolov D.I., Palshin N.I., Smirnov S.I., Bogdanov S.R., Zdorovennov R.E., Huang W.</i> CLIMATIC VARIABILITY OF ARCTIC, TEMPERATE AND ARID ZONE LAKES ICE REGIME	53
■ <i>Ветрова М.А., Лобанова П.В.</i> МОРСКИЕ КАРБОНОВЫЕ ПОЛИГОНЫ КАК ПЛОЩАДКА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В РОССИИ .....	54
■ <i>Коваленко А.А.</i> ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕК БАССЕЙНА СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ	55
■ <i>Козлова Т.А., Горбунова Т.Л.</i> ОСОБЕННОСТИ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СТОЧНЫХ И ПРИРОДНЫХ ВОД СОЧИНСКОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ .....	56
■ <i>Косолапов А.Е., Беляев А.И., Федоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Усова Е.В.</i> ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ И ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА НА ЦИМЛЯНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ .....	57
■ <i>Крашенинникова С.Б., Ли Р.И., Сысоев А.А., Миронов О.А., Сысоева И.В., Горбунов Р.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В ВОДАХ КАРСКОГО МОРЯ С УЧЕТОМ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ .....	58
■ <i>Лаврентьев П.Я., Халаман В.В.</i> ТОКСИЧНЫЙ ПЛАНКТОН В БЕЛОМ МОРЕ .....	59
■ <i>Лукина Ю.Н., Зобков М.Б., Здорovenнов Р.Э., Белкина Н.А., Здорovenнова Г.Э., Калинкина Н.М., Потахин М.С., Толстиков А.В., Пальшин Н.И., Богданов С.Р., Смирнов С.И., Новикова Ю.Н., Морозова И.В., Коновалов Д.С., Гатальская Е.В., Мясникова Н.А., Макарова Е.М., Теканова Е.В., Бородулина Г.С., Зобкова М.В., Сярки М.Т., Сластина Ю.Л., Богданова М.С.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПУЛОВ УГЛЕРОДА И ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ	60

■ <i>Макаров М.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ММБИ РАН ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА БИОЦЕНОЗЫ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ .....	61
■ <i>Мингалев И.В., Орлов К.Г., Федотова Е.А., Мингалев В.С.</i> МОДЕЛЬ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ, СОЗДАННАЯ В ПГИ .....	62
■ <i>Орлов А.М., Волвенко И.В.</i> ПРОДОЛЖАЮЩАЯСЯ БОРЕАЛИЗАЦИЯ МОРСКОЙ ИХТИОФАУНЫ СИБИРСКОЙ АРКТИКИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА .....	63
■ <i>Сазонов А.Д., Даниленко А.О.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ПЕРЕНОСА РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ РОССИЙСКО-ФИНСКУЮ ГРАНИЦУ В 2010–2020 гг. ....	64
■ <i>Филатов Н.Н.</i> О ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭКОСИСТЕМ ВОДОЕМ – ВОДОСБОР ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ .....	65
■ <i>Цхай А.А., Романов М.А., Куприянов В.А.</i> ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА САМООЧИЩЕНИЯ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИОГЕННЫХ ЦИКЛОВ .....	66
■ <i>Чердакова А.С., Гальченко С.В., Воробьева Е.В.</i> ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ НЕФТЕПРОДУКТАМИ, МЕТОДОМ ПНЕВМОСЕПАРИРОВАНИЯ В ПРИСУТСТВИИ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА .....	67
■ <i>Янаков А.Т., Петрукович А.А., Мёрзлый А.М., Садовский А.М., Мингалёв И.В., Рожко О.И., Сахаров Я.А., Селиванов В.Н.</i> МЕЖВЕДОМСТВЕННАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАДИОТРАССА ИКИ РАН – ОСНОВА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В БРИКС .....	68

**IV. РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ И ЗЕЛЕННОЙ ЭКОНОМИКИ:  
РЕГИОНАЛЬНЫЙ ОПЫТ / DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL ECOLOGY  
AND GREEN ECONOMY: REGIONAL EXPERIENCES**

■ <i>Болонева Л.Н., Лаврентьева И.Н., Меркушева М.Г.</i> ФИТОСТАБИЛИЗАЦИЯ И ИНИЦИАЦИЯ ГУМУСООБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНОЗЕМЕ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ .....	70
■ <i>Бурвикова Ю.Н., Маслобоев В.А., Краснобаева В.С.</i> РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ: АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА .....	71
■ <i>Бурвикова Ю.Н., Тихонова И.О., Сухадольская О.С.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....	72
■ <i>Бурматова О.П.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СФЕРЕ .....	73
■ <i>Бхимани Ч., Гусева Т.В., Щелчков К.А.</i> О ГАРМОНИЗАЦИИ ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	74
■ <i>Волосатова А.А., Гусева Т.В.</i> НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В СФЕРЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ .....	75
■ <i>Воропаев А.И.</i> ДОБРОВОЛЬНАЯ ЛЕСНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ВЕДЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА: СТАНОВЛЕНИЕ, РАЗВИТИЕ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ВОЗМОЖНОСТЬ СОЗДАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ БРИКС .....	76

■ <i>Гудкова Н.К., Рубанова Н.И., Горбунова Т.Л.</i> <b>ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ИЗВЕСТНЯКОВЫХ КАРЬЕРОВ В ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКЕ</b> .....	77
■ <i>Димитрюк И.Д., Зворыгин Я.П., Ибраева К.Т.</i> <b>ПОЛУЧЕНИЕ ТРАНСПОРТАБЕЛЬНОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО БИОУГЛЯ НА ОСНОВЕ СКОРЛУПЫ КЕДРОВОГО ОРЕХА</b> .....	78
■ <i>Ермолина М.А.</i> <b>ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ СТРАН БРИКС</b>	80
■ <i>Ибраева К.Т., Коняхина Я.Е., Астафьев А.В.</i> <b>УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПТИЦЕФАБРИК ПУТЕМ ИХ ГРАНУЛИРОВАНИЯ</b> .....	81
■ <i>Игнатенко В.А.</i> <b>ЛЕСНОЙ ВОПРОС КАК ОСТРАЯ ТЕМА РОССИЙСКО-КИТАЙСКИХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ</b> .....	82
■ <i>Каргинова-Губинова В.В.</i> <b>ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ ИНДУСТРИАЛЬНОГО К ОРГАНИЧЕСКОМУ СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ</b> .....	83
■ <i>Ключникова Е.М., Маслобоев В.А.</i> <b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИМПЕРАТИВЫ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ</b> .....	86
■ <i>Колбас А.П.</i> <b>БИОРЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ, В БРЕСТСКОМ РЕГИОНЕ</b> .....	87
■ <i>Колесникова А.В.</i> <b>РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТА НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА КАК СПОСОБ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ</b> .....	88
■ <i>Котова Е.И., Туфанова О.П.</i> <b>РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ ОТ ИСТОЧНИКОВ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ СЕВЕРА ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ</b> .....	89
■ <i>Леонова Г.А., Мальцев А.Е.</i> <b>ПРОБЛЕМА РТУТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ</b> .....	90
■ <i>Матушанский А.В., Кадыгроб К.А., Балянов Г.А.</i> <b>РАЗВИТИЕ ПАРТНЕРСТВА БРИКС ПО НОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ</b> .....	91
■ <i>Меркушева М.Г., Болонева Л.Н., Лаврентьева И.Н., Сосорова С.Б.</i> <b>СВОБОДНЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ КАК ИНДИКАТОР БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ</b> .....	92
■ <i>Михальчук Н.В., Брыль Е.А.</i> <b>ТЕХНОГЕННЫЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ИМПАКТНОЙ ЗОНЕ СВИНЦОВО-ПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА</b> .....	93
■ <i>Никитина М.В.</i> <b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОБОЧНОГО ОТХОДА ОТ ДОБЫЧИ АЛМАЗОВ – САПОНИТА – В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ</b> .....	94
■ <i>Никоноров С.М.</i> <b>СТИМУЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РЫНКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В КИТАЕ И В РОССИИ</b> .....	95
■ <i>Рыбаков Д.С.</i> <b>ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОД РЕК ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА</b> .....	96
■ <i>Сахаров Я.А.</i> <b>ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ – ОТРАЖЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ</b> .....	97

■ <i>Сидорина И.Е., Бочарников В.Н., Позднякова Н.А., Магид Е.А., Яковлев А.С., Шкрябина М.А., Диденко А.Ю., Алексеева И.Е.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОТОБРАЖЕНИЯ И АНАЛИЗА ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА СТРАН БРИКС .....	98
■ <i>Скобелев К.Д.</i> ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ КАК ЭЛЕМЕНТ ПЛАНИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА .....	99
■ <i>Сутурин А.Н., Гончаров А.И.</i> ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	100
■ <i>Толстогузов О.В.</i> ПОЛИТЭКОНОМИЯ ЗЕЛЕННОЙ ЭКОНОМИКИ .....	101

**V. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ООПТ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ  
В СТРАНАХ БРИКС: ВОЗМОЖНОСТИ СОТРУДНИЧЕСТВА  
/ TOPICAL ISSUES OF PA DESIGNATION AND NATURE PROTECTION  
IN BRICS MEMBER STATES: OPPORTUNITIES FOR COOPERATION**

■ <i>Ramachandra T.V.</i> NATURAL CAPITAL ACCOUNTING AND VALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES (NCAVES) FOR FORMULATING CLIMATE CHANGE RESILIENT POLICIES .....	104
■ <i>Галкин А.Н., Красовская И.А., Торбенко А.Б.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАКАЗНИКОВ И ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ .....	106
■ <i>Китов А.Д., Попов П.Л., Черенев А.А.</i> ЗЕЛЕННЫЕ ЗОНЫ ИРКУТСКОГО АКАДЕМГОРОДКА .....	107
■ <i>Лавриненко И.А., Матвеева Н.В., Лавриненко О.В., Карсонова Д.Д., Нешатаев В.В., Латина А.М., Симонова К.И., Цыркунова Н.В., Билая Н.А., Котлярчук Е.А.</i> ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ И МОНИТОРИНГ АРКТИЧЕСКИХ БИОТОПОВ КАК НЕОБХОДИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ ПРИРОДООХРАННОЙ СИСТЕМЫ .....	108
■ <i>Мержвинский Л.М., Высоцкий Ю.И., Латышев С.Э.</i> РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПАСНОГО ИНВАЗИВНОГО ВИДА КЛЕНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО ( <i>ACER NEGUNDO</i> L.) В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА В ПРЕДЕЛАХ БЕЛАРУСИ .....	109
■ <i>Панов Ю.П., Панова Е.В., Хлебосолова О.А., Черняева И.Я.</i> ПОТЕНЦИАЛ РЕГИОНАЛЬНЫХ ООПТ В РАЗВИТИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА .....	110
■ <i>Хлебосолова О.А., Сосна Е.М.</i> РАСШИРЕНИЕ СЕТИ ООПТ АРКТИКИ НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ .....	111

**VI. СЕМИНАР ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ «МОНИТОРИНГ ПУЛОВ И ПОТОКОВ УГЛЕРОДА  
В ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ» / YOUNG SCIENTISTS WORKSHOP  
„MONITORING OF CARBON POOLS AND FLUXES IN NATURAL ECOSYSTEMS“**

■ <i>Ван В., Абакумов Е.В., Ву С., Ян С.</i> ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ДЕГРАДАЦИИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОЧВ НА СОДЕРЖАНИЕ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА, ОБЩЕГО АЗОТА И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЦИНХАЙ-ТИБЕТСКОГО ПЛАТО .....	114
■ <i>Емельяненко В.И.</i> КАРБОНАТЫ В ПОЧВАХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ .....	115
■ <i>Зеленченкова А.А., Боголюбова Н.В., Колесник Н.С., Вьючная П.С., Лахонин П.Д.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ВЕДЕНИИ ЖИВОТНОВОДСТВА .....	116

■ <i>Морозова И.В., Новикова Ю.С.</i> УСТРОЙСТВО ПЛАВУЧИХ КАМЕР ДЛЯ ОТБОРА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ .....	117
■ <i>Романовская К.С.</i> ОЦЕНКА УГЛЕРОДНОГО И МЕТАНОВОГО СЛЕДА ПОСТАВОК СПГ .....	118
■ <i>Садртинов К.Д.</i> ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ НА РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ КИТАЯ ДО 2050 г. ....	119
■ <i>Тимофеев Е.П.</i> ОЦЕНКА ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ПОЧВОЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД .....	120
■ <i>Чжан Ю., Ерёмин Д.П.</i> АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА СТРАН БРИКС .....	121
■ <i>Щавелев А.Н., Мячина К.В., Дубровская С.А., Ряхов Р.В.</i> ИЗУЧЕНИЕ СРЕДООБРАЗУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ В СТЕПНЫХ ПРИРОДНО- ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ В СРАВНЕНИИ С ИСХОДНЫМИ .....	122
<b>VII. МАТЕРИАЛЫ КРУГЛЫХ СТОЛОВ / PROCEEDINGS OF ROUNDTABLE SESSIONS</b>	
■ <i>Базегский Д.В., Васильева А.В.</i> ОБ ОПЫТЕ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ ПРОГРАММ ПРИГРАНИЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА РОССИЯ – ЕС ПЕРИОДА 2014–2020 гг. (НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ «КАРЕЛИЯ») И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ .....	125
■ <i>Заика Ю.В.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В АРКТИКЕ НА ПРЕДСТОЯЩЕЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ .....	126
■ <i>Стрельникова И.А.</i> КЛИМАТ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОТРУДНИЧЕСТВА РАСШИРЕННОГО СОСТАВА СТРАН БРИКС В АРКТИКЕ И КЛЮЧ К ОБЩЕЙ ПОЛЯРНОЙ ПОВЕСТКЕ .....	127
■ <i>Шлапеко Е.А., Кондратьева С.В.</i> РОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ДИПЛОМАТИЯ: ВОСТОЧНЫЙ ВЕКТОР .....	128
<b>Resolution. 2<sup>ND</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE „REGIONAL COOPERATION WITHIN THE BRICS: MODERN ENVIRONMENTAL AND NATURE MANAGEMENT ISSUES“ .....</b>	<b>130</b>
<b>Резолюция ВТОРОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «РЕГИОНАЛЬНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО БРИКС: СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ» .....</b>	<b>132</b>

### *Esteemed colleagues, dear friends,*

on September 18–20, 2024 Karelian Research Centre RAS hosted the second International Conference „Regional Cooperation with the BRICS: modern environmental and nature management issues“ organized by the Karelian Research Centre RAS with support from the Russian National Committee on BRICS Research.

This year, the geographic coverage of the participants and their number increased significantly: the event was joined by more than 200 participants, including representatives of 30 regions of the Russian Federation as well as seven foreign countries: Brazil, China, Egypt, Ethiopia, India, South Africa, and Belarus.

The conference brought together specialists of a wide profile range and provided an opportunity to chart the vector for further interactions between the participants in the field of science, nature management and environmental safety. These matters were discussed at the conference sessions: „Global and regional climate change, carbon balance monitoring in BRICS member states“, „Water and terrestrial ecosystems research under climate change and human impact in BRICS member states“, „Development of industrial ecology and green economy: regional experiences“, „Topical issues of PA designation and nature protection in BRICS member states: opportunities for cooperation“.

For the first time, associated thematic events were held, addressing not only the core theme of the conference, but also issues that can be tackled by utilizing the BRICS potential:

- Young Scientists Workshop „Monitoring of carbon pools and fluxes in natural ecosystems“ organized with the support of the Key Innovative Project of National Importance „Unified national system for monitoring climate-active substances“;
- Roundtable for experts in social and political sciences „BRICS+ as a platform for scientific cooperation in the Arctic: challenges and prospects of joint research“;
- Thematic session „NGO potential and international activities in addressing sustainable development tasks in the current situation“.

Karelian Research Centre RAS has for many years been actively networking with foreign partners and colleagues. Institutes of KarRC RAS conduct joint research with scientific organizations of China and India, there are collaborative developments with scientists from South Africa and Brazil. We are willing to expand cooperation with new members of the alliance, as well as with colleagues from Belarus, which officially became a BRICS partner country this year.

The Conference adopted a resolution, which defined the key areas of activity for the near future:

- to support the establishment of a BRICS+ environmental platform intended to boost multilateral collaboration between the partner countries in the scientific and practical sphere;
- to inventory the existing methodological approaches to environmental assessment;
- to consider regions of BRICS+ countries as possible pilot areas for implementing joint research;
- to channel efforts to enhancing the public environmental culture;

- the responsible federal executive authorities shall discuss with foreign partners the possibility of creating a common financial instrument within the BRICS+;
- to boost joint scientific activities in the Arctic.

The resolution was submitted to the National Committee on BRICS Research and the relevant federal ministries and departments: Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Ministry of Natural Resources and the Environment of the Russian Federation, etc.

The conference also emphasized the importance of stronger networking among interested specialists from BRICS+ countries. In this regard, it is deemed essential for us to organize joint seminars, roundtables, and online events for discussing topical areas of cooperation, as well as to devise joint projects for addressing environmental and nature management issues.

To facilitate regional-level BRICS+ cooperation, an office of the National Committee on BRICS Research is going to be set up at KarRC RAS. Work has begun on creating an online scientific networking resource, which will bring together specialists of different profiles and act as a platform for summarizing data, sharing expertise and conducting joint research and online events on environmental and nature management issues.

We invite organizations from different regions of Russia and BRICS+ countries to intensify project work, conduct joint research and scientific events. We are convinced that consolidation of our efforts in nature studies and promotion of the green agenda in different regions of our countries will be a new important area of the BRICS+ cooperation.

Yours sincerely,

*Olga Bakhmet*

*RAS Corresponding Academician*

*KarRC RAS Director General*

## *Уважаемые коллеги, дорогие друзья!*

18–20 сентября 2024 г. в Карельском научном центре РАН состоялась вторая международная научно-практическая конференция «Региональное сотрудничество БРИКС: современные проблемы экологии и природопользования», организованная Карельским научным центром РАН при поддержке российского Национального комитета по исследованию БРИКС.

В этом году значительно расширилась география участников и увеличилось их количество. Так, в мероприятии приняли участие более 200 человек, в том числе представители 30 регионов Российской Федерации, а также семи иностранных государств: Бразилии, Египта, Индии, Китая, Эфиопии, ЮАР и Беларуси.

Конференция объединила специалистов широкого профиля и позволила наметить вектор дальнейшего взаимодействия участников в сфере науки, природопользования и экологической безопасности. Обсуждение этих вопросов проходило на состоявшихся в рамках конференции сессиях: «Глобальные и региональные изменения климата, мониторинг углеродного баланса в странах БРИКС», «Изучение водных объектов и наземных экосистем в условиях изменения климата и антропогенного воздействия в странах БРИКС», «Развитие промышленной экологии и зеленой экономики: региональный опыт», «Актуальные вопросы создания ООПТ и охраны природы в странах БРИКС: возможности сотрудничества».

Впервые были проведены ассоциированные тематические мероприятия, затрагивающие не только основную тематику конференции, но и вопросы, для решения которых может быть задействован потенциал стран БРИКС:

– Семинар для молодых ученых и специалистов «Мониторинг пулов и потоков углерода в природных экосистемах», организованный при поддержке важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ»;

– Круглый стол для экспертов общественно-политических наук «БРИКС+ как площадка для научного сотрудничества в Арктике: проблемы и перспективы совместных исследований»;

– Тематическая сессия «Потенциал и международная деятельность НКО в современных условиях при решении задач устойчивого развития территорий».

На протяжении многих лет Карельский научный центр РАН активно развивает сотрудничество с зарубежными партнерами и коллегами. Институты КарНЦ РАН проводят исследования с научными организациями Китая и Индии, есть совместные наработки с учеными из ЮАР и Бразилии. Мы готовы к расширению сотрудничества с новыми участниками объединения, а также с коллегами из Беларуси, которая в текущем году официально стала страной-партнером БРИКС.

По итогам конференции была принята резолюция, в которой определены основные направления деятельности на ближайшую перспективу:

- поддержать формирование экологической платформы БРИКС+, направленной на активизацию многостороннего взаимодействия стран-партнеров в научно-практической сфере;
- провести инвентаризацию существующих методических подходов к оценке состояния окружающей среды;
- рассматривать регионы стран-участников БРИКС+ в качестве пилотных территорий для реализации совместных исследований;
- направить усилия на повышение экологической культуры населения;
- ответственным федеральным органам исполнительной власти проработать с зарубежными партнерами вопрос о создании единого финансового инструмента в рамках БРИКС+;
- активизировать совместную научную работу в Арктике.

Резолюция направлена в НКИ БРИКС и в профильные федеральные министерства и ведомства: Министерство иностранных дел Российской Федерации, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации и др.

В рамках работы конференции также была отмечена важность усиления взаимодействия между заинтересованными специалистами из стран БРИКС+. В связи с этим важным направлением для нас становится организация и проведение совместных семинаров, круглых столов, онлайн-мероприятий, направленных на обсуждение актуальных направлений сотрудничества, а также разработка совместных проектов для решения задач в сфере экологии и природопользования.

В целях развития регионального сотрудничества государств БРИКС+ планируется создание на базе КарНЦ РАН филиала Национального комитета по исследованию БРИКС. Начата работа по созданию Интернет-ресурса для развития сетевого взаимодействия ученых, который объединит специалистов различного профиля и станет площадкой для обобщения данных, обмена опытом и проведения совместных исследований и онлайн-мероприятий по вопросам экологии и рационального природопользования.

Приглашаем организации из различных регионов России и стран БРИКС+ к активизации проектной работы, проведению совместных исследований и научных мероприятий. Убеждены, что объединение наших усилий по изучению природы и продвижению зеленой повестки в различных регионах наших государств станет новым важным направлением сотрудничества стран БРИКС+.

С уважением,

*Генеральный директор КарНЦ РАН  
член-корреспондент РАН  
Ольга Николаевна Бахмет*

# I. Пленарное заседание

Plenary session



## **NOVEL MAPPING OF THE FLYWAY CORRIDORS OF WILDFOWL IN THE EAST ASIAN AUSTRALASIAN FLYWAY**

**Cao L.**

*State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences,  
Chinese Academy of Sciences, 100085, Beijing, China  
leicao@rcees.ac.cn*

We combined recent tracking data from wildfowls in the EAAF to define their flyway corridors, linking discrete breeding, moulting, staging and wintering distributions to define their biogeographical subpopulations. For the first time, this provides the foundation for generating population estimates and trends for these newly identified biogeographical units, especially those of unfavourable conservation status. Combined with remote sensing data, results have vastly improved our understanding of their geographical ranges and the key sites and habitats used by wildfowls throughout their annual cycle. The results confirm the importance of relatively few major Asian river floodplains and their associated wetland habitats in China and Russia. With continuing development pressures in the region, it is vital that we use this information to support flyway initiatives to protect these floodplains, wetlands and waterbirds to safeguard them for the enjoyment of future generations.

## **BRIDGING THE FUNDING GAP: LEVERAGING CARBON MARKETS FOR NATURE-BASED SOLUTIONS**

**Jaspal M.**

*Observer Research Foundation, New Delhi, India  
mannat@orfonline.org*

Nature-based solutions (NbS) address critical global issues, including biodiversity loss, climate change, and human health risks through activities like forest conservation and sustainable ecosystem management. However, these solutions face a severe funding gap, requiring an estimated \$340–\$467 billion. The voluntary carbon market (VCM) can bridge this shortfall by attracting private sector finance to NbS. High-integrity carbon credits from NbS can help achieve global climate goals, protect natural ecosystems, and support Indigenous Peoples and local communities. Challenges in the VCM include doubts about the integrity of carbon credits and concerns about corporate climate actions' effectiveness. To overcome these obstacles, credible carbon credit use and financial support for high-quality NbS must be supported, including developing jurisdictional approaches to carbon crediting and providing guidance to enhance corporate greenhouse gas mitigation.

## **DISTINCT CARBON-CYCLE FUNCTION OF ASSOCIATED BACTERIA IN CYANOBACTERIAL BLOOM AGGREGATES IN A FRESHWATER LAKE**

**Jiang H., Tian L., Cai H., Bai L.**

*State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China  
hljiang@niglas.ac.cn*

While associated bacteria is known as a major regulator in cyanobacterial bloom development, the bacterial composition within the cyanobacterial bloom in eutrophic lakes hasn't been adequately described. In this study, *Microcystis* colonies or aggregates samples were collected every month from the surface water within Lake Taihu, China, and the composition of free-living bacterial (FLB) and attached bacterial (AB) communities in *Microcystis* aggregates in the lake were compared through Illumina MiSeq sequencing analysis for 16S rDNA as well as the network analysis.

It was found that FLB diversity was greater than that of AB, and AB displayed higher intertaxa organization and tighter connection than FLB. FLB contained significantly more Actinobacter and Pelagibacter than AB, whereas *Microcystis* aggregates enriched Flavobacterium and aerobic anoxygenic phototrophic bacteria (AAPB). Based on *pufM* (photosynthetic reaction center) gene diversity analysis, Alpha- and Beta- Proteobacterial AAPB were dominant in AB and FLB, respectively. Alphaproteobacteria-related sequences in AB included six different genera dominated by *Niveispirillum* as well as a group for which there were no cultivated representatives, indicating that *Microcystis* aggregates provided a distinct habitat for AAPB.

The AAPB are originally defined as aerobic photoheterotrophic species which utilize dissolved organic carbon and harvest light to supplement their energy requirement via photosynthetic reaction centers. Compared to other aquatic bacteria, AAPB typically have high growth rates, high activity, and high efficiency of organic carbon utilization. Through photoheterotrophic growth, AAPB co-cultured with cyanobacteria thus could consume abundant carbon source with a result of recycled nutrient utilization, and then provided a favorable environment for cyanobacterial growth in lake ecosystems.

## **ECOLOGICAL CONSTRAINTS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: CONTEMPORARY CHALLENGES FOR BRICS+ AND THE GLOBAL MAJORITY**

**Maharajh R.**

*Tshwane University of Technology, Tshwane, South Africa  
maharajhr@tut.ac.za*

Our contemporary conjuncture can be characterised by increasing inter- and intra-national inequities between the location of populations (Routley, 2022) gross domestic productive capacities (Neufeld, 2024) and wealth accumulation (UBS, 2024). These particular characteristics, amongst others, serve to confirm the persistence of the uneven and combined nature of development within world systems. Looking across the long run econometrically determined estimates of gross domestic product (GDP) for all the territories of world systems we however note that shares of world output have changed with respect to location since the advent of the common era (Maddison, 2007). A major change is also discernible and traced to September of 2023 when the combined GDPs of the BRICS overtook that of the

collective west and specifically the Group of Seven (G7) advanced and mature capitalist economies in purchasing power parity terms (Takushi, 2023). Notwithstanding these epochal changes in the international balance of world production and trade, we are jointly confronted by having transgressed six of the nine planetary boundaries (Rockström et al., 2024) and are experiencing accelerated ecological precarity. We are also now, thanks to our investments in the global knowledge commons, much more aware of the geo- and bio-physical dynamics of our home-planet. We can now appreciate that global ecological tipping points are immanent (Lenton, 2023). In our social determinations, international consensus at the United Nations unleashed efforts at sustainable development goals in 2015. Unfortunately, albeit unsurprisingly, the international community of countries have only managed to advance on less than 20% of the 17 SDGs as of September 2024 and with less than six years until their deadline for achievement (Sachs et al., 2024). It is upon such an empirically grounded basis that we can conclude that the possibilities of enabling systemic and structural transformation are now receding. The BRICS and especially the expanding BRICS+ offer the global majority much more progressive potentials if we focus on at least three main elements: 1) Increased Cooperation amongst Academies of Sciences; 2) Widening Collaboration amongst Scientific and Technological Workers; and 3) Advancing Systemic and Structural Transformation. Realising the progressive potential of the BRICS+ however also demands that we invest more in research and development on better understanding our actual biophysical and ecological constraints. We should collectively develop the confidence to lead in both measuring and reporting progress on sustainability and resilience. Such efforts would afford the BRICS+ to shape the emerging global narrative. We should not forget that we must contribute to redressing the uneven distribution of human resource and ensure intergenerational knowledge sharing through defending and promoting ‘our’ shared global knowledge commons. We must resist unfair sanctions and challenge any restriction on the free flow of scientific and technological information. Such systemic and structural transformation also demands that we improve our learning and teaching by decolonising curricula, encouraging creative destruction in our research and innovation investments, and that we continuously empower our communities through engagements that further elaborates our sovereignty within our multipolar futures.

## References:

- IPCC*. Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways. Cambridge University Press, Cambridge, 2018.
- IPCC*. Sixth Assessment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change. United Nations, Geneva, 2023.
- Maddison A*. Contours of the World Economy, 1-2030 AD: Essays in Macro-Economic History. Oxford University Press, Oxford, 2007.
- Maharajh R., Tivana S*. Ecocide or Socialism: Ecological Challenges and Neoliberal Capitalist Constrains on Radical Transformation // Balfour, R.J. [editor] Mzala Nxumalo, Leftist Thought and Contemporary South Africa, Jacana, Johannesburg, 2023.
- Moallemi E.A. et al*. Early systems change necessary for catalysing long-term sustainability in a post-2030 agenda // *One Earth*. 2022. 5 (7): 792–811.
- Neufeld D*. GDP Growth Forecasts by Country in 2024, *Visual Capitalist*, 2024. 11 February.
- Pereira H.M. et al*. Global Trends and Scenarios for Terrestrial Biodiversity and Ecosystem Services from 1900 to 2050 // *Science*. 2024. 384 (6694): 458.
- Rockström J. et al*. The Planetary Commons: A New Paradigm for Safeguarding Earth-Regulating Systems in the Anthropocene // *PNAS*. 2024. 121 (5) e2301531121.
- Routley N*. The World’s Population at 8 Billion, *Visual Capitalist*, 2022. 27 September.
- Sachs J.D., Lafortune G., Fuller G*. The SDGs and the UN Summit of the Future, Sustainable Development Report 2024. Dublin University Press, Dublin, 2024.
- UBS*. Global Wealth Report, Credit Suisse AG, UBS Group, Zurich, 2024.
- World Bank*. World Economic Outlook Database, 2024. June.

## ASSESSMENT OF HUMAN-WILDLIFE CONFLICT IN GULLELE BOTANIC GARDEN, ADDIS ABABA, ETHIOPIA: IMPLICATION FOR WILDLIFE MANEGEMENT

**Woldegiorgis Y. B.**

*Gullele Botanic Garden, Addis Ababa, Ethiopia*  
*asse.biru@gmail.com*

Human-wildlife conflict (HWC) occurs around the boundaries of conservation areas where there are considerable human and wild animal interface. Such is the case with Gullele Botanic Garden (GBG), Addis Ababa Ethiopia, where reports of HWC growing. This study aimed to assess the status and causes of HWC, the economic losses due to problematic animals and the principal wildlife species involved in the conflict. Data were collected through questionnaire survey, key informant interviews, focus group discussion and field observations. Data collection and field observations were held between September 2023 and February 2024. Almost all respondents confirmed the presence of HWC at GBG. The majority of the respondents (77%) perceived HWC has an increasing trend. Most respondents (70%) rated HWC as a sever problem and there was significant variation among sampled groups ( $\chi^2 = 14.79$ ,  $df = 2$ , and  $P \leq 0.05$ ). Most of the damage was recorded during night times (75%), and in the dry season (45%). Our findings confirmed that out of the 6 species involved in the conflict, the top three were warthog (*Phacochoerus africanus*), porcupine (*Hystrix cristata*) and hyena (*Crocuta crocuta*). Feeding on planted seedlings (crop raiding), damage to prepared seedlings in the nursery sites and destruction to infrastructure were the three principal causes of HWC reported in GBG. A total monetary value of 1,515,000 Ethiopian Birr (nearly 26,801 USD) per annum is lost due to problematic animals. Awareness creation campaigns to employees, construction of nature based durable live fences around conflict prone areas and application of mechanical rodent management technologies should be applied as HWC mitigation strategies in the garden.

## ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

**Бычков И.В., Фереферов Е.С., Фёдоров Р.К., Хмельнов А.Е.**

*Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, г. Иркутск, Россия*  
*buchkov@icc.ru*

Байкальская природная территория (БПТ) является сложным природным комплексом, на территории которого находится признанное ЮНЕСКО всемирным природным наследием озеро Байкал. Экологическую ситуацию на БПТ нельзя назвать благополучной. Расположенные в южной части БПТ крупные города и промышленные центры являются источниками загрязнения атмосферы, вод и почв, которые, в свою очередь, оказывают влияние на здоровье населения. Кроме экологических проблем антропогенного характера, на БПТ происходят опасные геодинамические процессы (сейсмичность, оползни, обвалы, сели и др.), а также существуют проблемы с состоянием бореальных лесов (в том числе эпидемиологическое поражение, распространение вредителей, природные пожары, изменение климата и т.п.). Развитие средств и методов всестороннего геоэкологического контроля является важной задачей для сохранения экосистемы озера Байкал и всей БПТ.

В работе представлены результаты исследований, полученные в рамках крупного научного проекта «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки байкальской природной территории». В рамках проекта построена уникальная сеть комплексного экологического мониторинга больших природных территорий, обеспечивающая регистрацию антропогенных выбросов в атмосферу, экстремальных природных (пожары), геологических, эколого-геохимических, климатических, биологических процессов и гидрологических режимов водоемов с высоким временным разрешением (пять направлений мониторинга, интервал регистрации отдельных параметров 1–5 сек.). Впервые в России разработана цифровая платформа комплексного экологического мониторинга БПТ, обеспечивающая сбор, хранение, обработку больших массивов разнородных пространственно-временных данных, а также анализ и прогнозирование на основе комплекса математических моделей, сервисов и методов машинного обучения.

Особое внимание в рамках проекта уделено развитию методов искусственного интеллекта для решения экологических задач. С применением методов машинного обучения разработана технология классификации наземного покрова по данным дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) с учетом рельефа. Разработанные сервисы позволяют формировать классы объектов, размечать космоснимки для формирования обучающей выборки и выполнять классификацию космоснимков при помощи нейронных сетей. Особенностью технологии является возможность учета рельефа и типичных для региона характеристик при настройке классификатора объектов (разные типы поверхности, породы деревьев). Проведенное тестирование показало среднюю точность классификации 96 %. Разработанная технология позволяет повысить оперативность экологического мониторинга больших территорий: например, отслеживать изменение состояния лесного покрова (вырубки, восстановление после пожаров, усыхание в результате болезней), что актуально для особо охраняемых природных территорий России.

Полученные результаты открывают новые возможности в области развития цифровых технологий для поддержки масштабных исследований на больших территориях, обработки ДДЗЗ, математического моделирования экологических процессов, технологий мониторинга и прогнозирования выбросов в атмосфере, гидрологических режимов водоемов, опасных геологических процессов, мониторинга биоразнообразия, медико-экологического и эпидемиологического мониторинга. Разработанные в рамках проекта уникальные методы и технологии экологического мониторинга и прогнозирования вносят существенный вклад в обеспечение устойчивого развития особо охраняемых территорий страны.

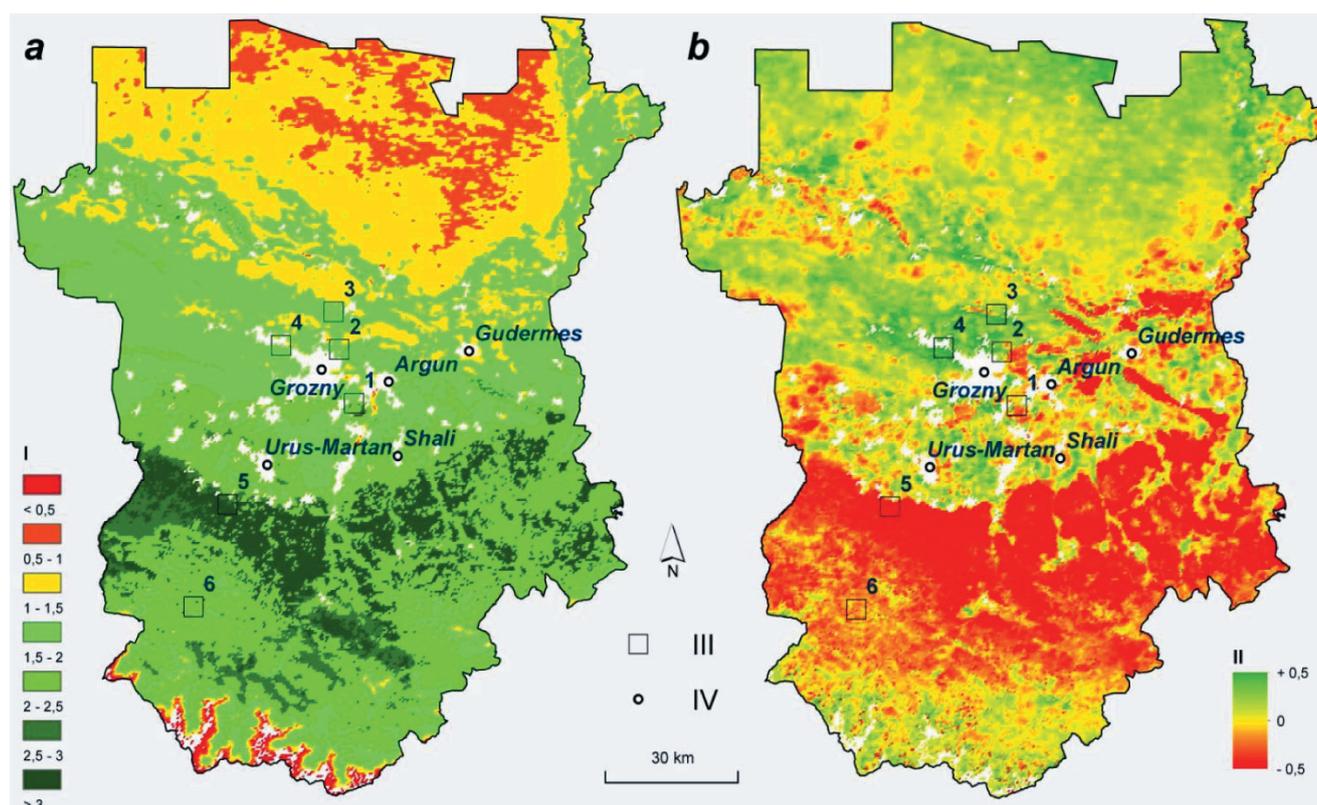
## **ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЭКОСИСТЕМ В ОТНОШЕНИИ АТМОСФЕРНОГО УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ**

**Мячина К.В., Ряхов Р.В., Щавелев А.Н., Дубровская С.А.**

*Институт степи УрО РАН ОФИЦ УрО РАН, г. Оренбург, Россия  
mavicsen@list.ru*

Проблема оценки поглотительного потенциала экосистем в отношении диоксида углерода становится все более актуальной в связи с глобальными изменениями климата. Спутниковые снимки и современные возможности их обработки являются хорошим подспорьем для первичной оценки поглотительной способности ландшафтов и запасов углерода. Цель работы – выявить

особенности пространственно-временной динамики поглотительной способности российских горнолесных, лесостепных и степных ландшафтов в отношении атмосферного диоксида углерода. В качестве регионов исследования выбраны Чеченская Республика и центральная часть Оренбургской области, где выделены в общей сложности семь ключевых участков. Ключевые участки подбирались по принципу разнообразия геоэкологических характеристик, охватывая горнолесную, лесостепную и степную природные зоны. В качестве материалов исследования использовались продукты спутникового спектрорадиометра MODIS. Выполнена их тематическая обработка, позволившая рассчитать ежегодный показатель поглощения углерода (ППУ) за период с 2000 по 2020-е гг. На основе полученных значений ППУ произведено пространственное зонирование территории изучаемых регионов, проанализированы временные тренды значений ППУ (рис.).



Пространственное распределение на территории Чеченской Республики средних значений показателя поглощения углерода ( $\text{кгС}/\text{м}^2/\text{год}$ ) (а), трендов значений показателя поглощения углерода за период с 2002 по 2020-е гг. (б):

I – диапазоны значений ППУ; II – цветовой градиент тренда ППУ; III – ключевые участки исследования № 1–6; IV – населенные пункты

Выявлено, что поглотительная способность ландшафтов Чеченской Республики увеличивается по направлению с севера на юг, отражая зональную смену природно-климатических условий: от степей и полупустынь в северных районах до предгорных луговых степей и горных лесов на юге, через лесостепные ландшафты в центре. В зонах с преобладанием лесов многолетний прирост значений ППУ минимален.

## **СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ГЕОИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ (ГИТ АВРОРА) – ПЕРВЫЙ ШАГ В СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ГИТ В БРИКС**

**Сахаров Я.А.<sup>1</sup>, Янаков А.Т.<sup>2</sup>, Петрукович А.А.<sup>2</sup>, Мёрзлый А.М.<sup>2</sup>, Садовский А.М.<sup>2</sup>, Мингалёв И.В.<sup>1</sup>, Селиванов В.Н.<sup>3</sup>, Билин В.А.<sup>1</sup>, Аксенович Т.В.<sup>3</sup>, Рожко О.И.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Полярный геофизический институт, г. Мурманск, Россия

<sup>2</sup> Институт космических исследований, г. Москва, Россия

<sup>3</sup> Кольский научный центр, г. Апатиты, Россия

sakharov@pgia.ru

Изменения электрических токов на границе и внутри магнитосферы Земли, вызванные изменениями параметров солнечного ветра, приводят к возбуждению геоэлектрического поля на земной поверхности. Если в зоне, где возникают геоэлектрические поля, присутствуют токопроводящие технологические системы, в них развиваются так называемые геоиндуцированные токи (ГИТ), которые являются, по сути, одним из видов теллурических токов. Международный опыт показал, что при экстремально сильных геомагнитных возмущениях возможны весьма серьезные нарушения в штатной работе систем кабельной связи, систем автоматики железных дорог, работы линий электропередач. Для определения уровня опасности и предотвращения серьезных экономических последствий нарушений в непрерывной работе систем электроснабжения нами создана система регистрации ГИТ на линии электропередач «Карельский транзит». Система регистрации позволяет непрерывно собирать данные о величине квазипостоянных токов в глухо-заземленной нейтрали силовых автотрансформаторов на подстанциях, расположенных на географических широтах от 62,22 до 68,83 градусов. Результаты измерений собираются в реальном времени в специализированной базе данных.

Десятилетний опыт применения созданной системы показал достаточную ее надежность в эксплуатации и существенную новизну полученных результатов. Мы предлагаем использовать полученный опыт и найденные технологические решения для развития системы регистрации ГИТ в заинтересованных странах.

## **ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ В РАЗРЕЗЕ РЕАЛИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОВЕСТКИ И ПЛАНА АДАПТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

**Серебрицкий И.А., Григорьев А.С., Сидельникова Е.О., Шакуров В.А.**

*Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, г. Санкт-Петербург, Россия*

serebr@kpoos.gov.spb.ru

Санкт-Петербург – второй по величине город Российской Федерации, расположенный на площади в 1439 км<sup>2</sup>, из которых почти 650 км<sup>2</sup> представлены сплошной застройкой, в дельте самой водной реки северо-запада России – Невы в месте ее впадения в Финский залив на многочисленных островах, с численностью населения более 5,6 миллиона человек.

Санкт-Петербург – не только крупнейший транспортный узел Северо-Запада России, включающий в себя железные дороги, морской и речной транспорт, автомобильные дороги и авиалинии, а также трубопроводный транспорт, но и огромный промышленный центр с более

чем 750 крупных и 23 000 средних и мелких предприятий. Темпы роста промышленного производства в Санкт-Петербурге в 2022 г. превысили средние показатели по Российской Федерации. По итогам 2022 г. индекс промышленного производства в Санкт-Петербурге по сравнению с соответствующим периодом 2021 г. составил 103,9% (в среднем по России – 99,4%), превысив прогнозный показатель почти на 4,5%.

Средний вклад Санкт-Петербурга в национальные выбросы парниковых газов (ПГ) за период 2011–2021 гг. составляет 1,67%. Наибольший вклад в выбросы ПГ в Санкт-Петербурге по данным за 2022 г. от сектора «Энергетика» – 95,9%, далее «Промышленные процессы и использование продукции» – 2,23%, «Отходы» – 1,83%, «Сельское хозяйство» – 0,03%. Основной ПГ – CO<sub>2</sub>, на него приходится 95% всех выбросов ПГ. В секторе «Энергетика» основной вклад в выбросы ПГ от категории «Энергетические отрасли» (выбросы от сжигания топлива при производстве топливной продукции и в тепло- и электроэнергетике) – 48,4% и «Транспорт» – 40,6%, из которых на дорожный транспорт приходится 77% выбросов ПГ, на авиационный – 9%, на железнодорожный – 7%, на водный – 4%, на трубопроводный – 2%.

Уровень газификации населения Санкт-Петербурга составляет 95,6%, город эксплуатирует 14 ТЭЦ и более 890 котельных, которые используют в качестве энергоносителя природный газ.

В Санкт-Петербурге реализуется перевод общественного транспорта на газомоторное топливо, а также развивается городской электрический транспорт. Так, по состоянию на 2024 г. в городе более 3000 единиц автобусов на газомоторном топливе на более чем 400 маршрутах и более 1000 единиц трамваев и троллейбусов на 47 маршрутах. Активно развивается газозаправочная и электрочарядная инфраструктура – 23 действующих и 12 проектируемых объектов газозаправочной инфраструктуры, 227 действующих и 61 проектируемая электрочарядная станция.

Также город активно развивает направление деятельности по обращению с отходами и раздельный сбор отходов; так, по сравнению с 2022 г. в 14 раз увеличился объем раздельно собранных отходов и отправленных на вторичное использование. Введено в эксплуатацию две очереди комплекса по переработке отходов «Волхонка», что позволит обрабатывать 600 тыс. тонн отходов в год и увеличит объем сортировки до 80%.

В соответствии с Региональным планом адаптации Санкт-Петербурга к изменениям климата, утвержденным распоряжением правительства Санкт-Петербурга от 21.12.2023 № 25-рп, восемь из 25 адаптационных мероприятий прямо или косвенно направлены на снижение выбросов парниковых газов.

## АСПЕКТЫ УЧЕТА ПРИРОДНОГО КАПИТАЛА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРАН БРИКС

**Скобелев Д.О.**

*Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»,  
г. Мытищи, Россия  
DSkobelev@eipc.center*

Природный капитал – это совокупность природных богатств, природных ценностей – всего, что исходит от природы. Именно природный капитал дает человечеству необходимые условия, средства для жизни. Но понятие «капитал» напоминает нам об ограниченности природных ресурсов и о расплате за последствия злоупотребления ими (Bateman, Mace, 2020).

Наиболее распространенное определение природного капитала включает природные ресурсы (возобновляемые и невозобновляемые) и экосистемные услуги (Бобылев, 2021). Основные подходы к использованию природного капитала заключаются в монетизации невозобновляемых ресурсов. Из природной среды извлекаются компоненты, которые на рынке обмениваются на финансовые активы, не обеспеченные сегодня никаким материальным денежным продуктом. Кроме того, добывающие и перерабатывающие производства оказывают значительное негативное воздействие на окружающую среду (НВОС), что приводит к деградации возобновляемых ресурсов и природных экосистем. При такой схеме монетизации основная цель хозяйствующих субъектов – увеличение суммы на банковском счете; человечество и природа не являются бенефициарами экономической деятельности. Утрата смысла экономической деятельности стала следствием подмены понятий в целеполагании, дезориентации в оценивании ресурсов и результатов.

Попробуем сформулировать объединяющую идею, которая смогла бы интегрировать в себя более ранние подходы и вела бы к восстановлению природного капитала. Эта идея предполагает пользование природным капиталом как дарственным фондом, то есть не растрачивая основной капитал, а довольствуясь генерируемыми им «процентами». С точки зрения возобновляемых ресурсов необходимо достичь такого уровня развития технологий, чтобы НВОС было минимизировано и не приводило к деградации воздуха, воды, почвы и природных экосистем. Важно, чтобы вторичные ресурсы возвращались в хозяйственный оборот (это будет способствовать сокращению использования невозобновляемых ресурсов). Другими словами, речь идет о «подстраивании» антропогенной деятельности под природные возможности, возможности самовосстановления и самоочищения. В контексте климатической повестки получил распространение термин «природоприближенные решения» – решения, способствующие адаптации к изменениям климата и ограничению воздействия на климатическую систему путем поддержания и восстановления экосистемных услуг (Tikhonova, Guseva, 2021).

Способность экосистем к восстановлению открывает возможности для монетизации пространственного ресурса (фактически совокупности экосистемных ресурсов разнообразных природных комплексов, расположенных на обширных территориях), которым богаты страны БРИКС+, через механизм климатических (или зеленых) проектов. Для этого необходимо предложить порядок измерения способности экосистем территории к депонированию углерода, снижению выбросов метана, к самоочищению и др. Тогда в рамках БРИКС+ можно будет создать систему торговли углеродными (климатическими, экологическими) единицами, обеспеченными пространственным (экосистемным) ресурсом. Генерация таких единиц должна будет происходить через реализацию проектов, результаты которых будут оцениваться на основе измерения экосистемных услуг территории по депонированию углерода и (или) способности к самовосстановлению.

### Список литературы:

- Бобылев С. Н.* Экономика устойчивого развития. М.: КНОРУС, 2021. 672 с.  
*Bateman I. J., Mace G.M.* The Natural Capital Framework for Sustainably Efficient and Equitable Decision Making // *Nature Sustainability*. 2020. Is. 3: 776–783.  
*Tikhonova I.O., Guseva T.V.* Nature-Based Solutions in Industrial Environmental Monitoring Programmes // *Proc. of the 21<sup>st</sup> SGEM GeoConference*. 2021. Is. 5.1: 335–342.

## ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ИЗУЧЕНИИ ЭКОСИСТЕМ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ

Тестоедов Н.А.<sup>1</sup>, Верховец С.В.<sup>2</sup>, Борисевич А.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Красноярск, Россия

<sup>2</sup> Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия  
priem@ist.krasn.ru

Бореальные леса покрывают около 30% площади лесов планеты, содержат больше поверхностных пресных вод, чем любой биом, и включают большие площади неуправляемых лесов, в основном низкой продуктивности в высокоширотных регионах Канады, России и Аляски. Бореальные леса, один из важнейших регуляторов климата планеты, хранят огромное количество биогенного углерода, такое же по величине, как и тропические леса. Примерно 20% поглощаемого всеми лесами Земли углерода обеспечивается в бореальной зоне.

В последние десятилетия остро стоит проблема изменения климата. Эпоха инструментальных измерений приземной температуры воздуха показывает самую большую тенденцию к потеплению на территории Сибири, тренд +2,5 °С. Основной причиной этих процессов является нарушение баланса эмиссий и депонирования парниковых газов. Для изучения процессов динамики парниковых газов Институтом леса им. В.Н. Сукачева СО РАН реализуются проекты сети станций высотных и приземных мачт с соответствующим метеоборудованием и газоаналитической аппаратурой. В 2006 г. в полной мере начала работать станция ZOTTO (Zotino Tall Tower Observation) – научная станция в самом центре Сибири, предназначенная для мониторинга парниковых газов в приземных слоях атмосферы сибирских экосистем. Центральным элементом станции является мачта высотой 304 метра с установленными на ней аналитическими приборами и системой отбора образцов воздуха с различных высот. Место для установки этого объекта выбрано как равноудаленное от промышленных центров загрязнения атмосферы. И если приземные вышки (высотой 20–30 метров) охватывают мониторингом газообменные процессы близлежащих территорий порядка 1 га, то 300-метровая вышка ведет наблюдения субконтинентальных масштабов. В итоге корректируются мезомасштабные модели переноса парниковых газов. Наблюдения подкрепляются регулярной сеткой (1×1 км) наземных экспедиционных заверочных работ по инвентаризации древостоев и почвенных разрезов. Результатом работы ZOTTO стало утверждение о том, например, что сибирские леса поглощают одну шестую индустриальных выбросов Европы.

Осенью 1994 г. в Институте леса СО РАН начала работать первая станция приема и обработки космической информации. Сейчас в Красноярском научном центре действует Центр приема и обработки космической информации, совместный с Сибирским федеральным университетом и МЧС России. Основной работой Центра является оперативный мониторинг лесных и ландшафтных пожаров Урала, Сибири и части Дальнего Востока. На основе разработок Красноярского научного центра в МЧС России создана территориально-распределенная система космического мониторинга чрезвычайных ситуаций с узлами приема космической информации во Владивостоке, Вологде и Москве. В Институте леса СО РАН также ведутся фундаментальные работы по мониторингу процессов послепожарного восстановления лесов, изучаются изменения в депонировании углерода, динамике общего количества биомассы и процессы в минеральном и органическом составе почв.

Все работы, проводимые в Красноярском научном центре СО РАН в рамках климатических проектов, направлены на модернизацию и уточнение методик расчета углеродной нейтральности территории России. Работы ведутся в соответствии с утвержденной в 2021 г. Стратегией социально-экономического развития России с низким уровнем выброса парниковых газов до 2050 г. Полученные научные знания также позволили запустить ряд крупных природно-климатических проектов по компенсации индустриальных выбросов, являющихся одним из основных механизмов климатической повестки.

## **II. Глобальные и региональные изменения климата, мониторинг углеродного баланса в странах БРИКС**

**Global and regional climate change, carbon balance monitoring in BRICS member states**



## INTERACTIONS BETWEEN PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS AND CARBON RESERVOIRS IN SEDIMENTS OF ASHTAMUDI WETLAND, RAMSAR SITE IN THE SOUTHWEST COAST OF INDIA UNDER GLOBAL CLIMATE CHANGE

Sreedevi M.A.<sup>1,2</sup>, Harikumar P.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ecology and Environmental Research Group, Centre for Water Resources Development and Management, Kozhikode, Kerala

<sup>2</sup> School of Environmental Studies, Cochin University of Science and Technology, Kochi, Kerala, India  
sreedevima95@gmail.com

**Purpose:** Global climate change, particularly global warming, has profoundly influenced the cycling of substances such as carbon, nutrients, and organic compounds, as well as the movement of energy within ecosystems. Persistent organic pollutants (POPs) are considered human-made origins of organic carbon (OC) and are integrated with the natural carbon (C) and biogeochemical cycles of nutrients in ecosystems. This research examines the interactions between POPs and carbon reserves in the sediments of Ashtamudi wetland sediments, a Ramsar Site in the Southwest Coast of India, concentrating on the levels of PAHs, PCBs, OCPs, and their connections with organic carbon, elemental C, H, N, S, and biochemical compositions such as carbohydrates, proteins, and lipids.

**Methods:** Sediment samples were collected from sixteen locations within the Ashtamudi wetland. These samples were analyzed for organic carbon content (wet oxidation method by walkley and Black), elemental composition (C, H, N, S (CHNS analyser – Skalar Primacs MC)), and biochemical composition such as carbohydrates (DuBois et al., 1956), proteins (Lowry et al., 1951), and lipids (Barnes, Blackstock, 1973). Furthermore, concentrations of POPs, including PAHs, PCBs, and OCPs, were measured (USEPA Methods 3540C and 3630C) to understand their distribution and potential interactions with the sediment's carbon pools.

**Results and Discussion:** The findings show that elevated amounts of organic carbon in the sediments of Ashtamudi wetland, ranging from 3.89% to 8.21% by weight, enhance the adsorption and retention of POPs, possibly resulting in prolonged sequestration of these pollutants. Measured concentrations of POPs were as follows: PAHs ranged from 94.57 to 379.77 µg/kg, PCBs from 0.35 to 1.06 µg/kg, and OCPs from 0.81 to 3.14 µg/kg. Elemental analysis revealed H concentrations of 0.6–3%, N concentrations of 0.1–3.49%, and S concentrations of 0.9–3.7%. Biochemical composition showed carbohydrate levels of 3.55–16.24 mg/g, protein levels of 1.8–9.2 mg/g, and lipid levels of 0.05–1.83 mg/g and biopolymeric carbon varied 3.4 to 12.3 mg/g. The occurrence of POPs was observed to impact microbial populations and enzyme functions, affecting the breakdown rates of organic material and changing carbon cycling processes. Soil respiration, a major carbon flux driven by microbial and plant activity, is essential for the biotransformation of POPs. Additionally, carbon transfer through food web networks may have significant implications for the biomagnification of POPs, possibly resulting in a decline in biodiversity caused by climate change and POPs contamination stress. There is a considerable environmental concern regarding the presence and dispersion of persistent organic pollutants in the sediment samples from Ashtamudi wetland (Sreedevi, Harikumar, 2023). This research underscores the dual function of Ashtamudi wetland in alleviating climate change through carbon sequestration and serving as reservoirs for harmful pollutants, while also considering the ecological dangers presented by POP accumulation.

**Conclusions:** The environmental fate of persistent organic pollutants (POPs) is closely connected to the cycles of carbon and nutrients within the Ashtamudi wetland, particularly in the context of global climate change. This research reveals how POPs interact with carbon pool and underscores the need for integrated management to protect wetland functions and prevent pollutant degradation. Additional

studies are needed to investigate the connections between the environmental behavior of POPs and the cycling of carbon and nutrients using combined methods under global climate change conditions. Developing biological and ecological management plans is vital to address the impacts of global climate change and environmental challenges in the Ashtamudi wetland.

### References:

*Barnes H., Blackstock J.* Estimation of lipids in marine animals and tissues: detailed investigation of the sulphophosphovanilun method for 'total' lipids // *Journal of experimental marine biology and ecology.* 1973. 12 (1): 103–118.

*DuBois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.T., Smith F.* Colorimetric method for determination of sugars and related substances // *Analytical chemistry.* 1956. 28 (3): 350–356.

*Peterson G.L.* A simplification of the protein assay method of Lowry et al. which is more generally applicable // *Analytical biochemistry.* 1977. 83 (2): 346–356.

*Sreedevi M.A., Harikumar P.S.* Occurrence, distribution, and ecological risk of heavy metals and persistent organic pollutants (OCPs, PCBs, and PAHs) in surface sediments of the Ashtamudi wetland, south-west coast of India // *Regional Studies in Marine Science.* 2023. 64: 103044.

*Walkey-Black I.A.* An examination of the degtajareff method for soil organic matter determination and a proposed modification of the chronic acid titration // *Soil Sci.* 1934. 37: 29–38.

## МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ КАРБОНОВЫХ ПОЛИГОНОВ ПОЛЯРНОГО И БОРЕАЛЬНОГО ПОЯСА

**Абакумов Е.В., Чебыкина Е.Ю., Низамутдинов Т.И., Поляков В.И., Шевченко Е.В.,  
Макарова М.В.**

*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия  
E\_abakumov@mail.ru*

Проблема методического обеспечения деятельности мониторинговых площадок карбонных полигонов и других типов мониторинговых площадок очень часто сводится к определению гравиметрической концентрации углерода органических соединений и расчету запасов гумуса (в разных пониманиях этого термина) в органопрофилях почв. Между тем запасы не столь важны, как качество органического вещества и уровень его стабилизации. Без разработки методологии оценки уровня стабилизации органического вещества почв и биоседиментов оценки запасов углерода органических веществ во многом лишаются смысла, в том числе экологического. Для оценки уровней стабилизации гумуса можно использовать кинетические параметры, в частности, долю потенциально-минерализуемого углерода в полевом или лабораторном инкубационном эксперименте. Кроме того, мы предлагаем оценивать степень внутримолекулярной окисленности органического вещества, рассчитанную из дельты между содержанием углерода, определенного прямым способом (по выделившемуся в процессе сжигания углекислому газу) и косвенным способом (по дихроматной окисляемости). Эта величина редко близка к нулю в связи с отличием окислительно-восстановительного баланса органического вещества от нейтральной формулы глюкозы. Восстановленное органическое вещество характеризуется завышенными показателями «углерода по Тюрину», окисленное – наоборот – пониженное, следовательно, дельта сама по себе является характеристикой молекулярной организации органического вещества почв. Уровень стабилизации органического вещества можно определить при помощи метода электронного парамагнитного резонанса,

позволяющего оценить количество свободных (неспаренных) электронов, количество которых обратно пропорционально степени гумификации. Изученные почвы в зональном ряду полярно-бореального экотона демонстрируют уменьшение концентрации свободных радикалов в южнотаежных почвах по сравнению с тундровыми при равном содержании углерода органических соединений в мелкозем. Еще один способ изучения молекулярной организации органического вещества – спектроскопия ядерного магнитного резонанса. Этот метод позволяет оценить соотношение ароматических и алкильных компонентов, содержание карбоксильных и других функциональных групп, а также рассчитывать индексы гидрофильности/гидрофобности органического вещества. В докладе приводятся сведения о значениях данных показателей для почв ряда карбоновых полигонов полярного и бореального поясов с учетом зональных и факультативных особенностей. Приводится также анализ молекулярного портрета органического вещества вертикальных колонок торфяников.

Работа выполнена при поддержке СПбГУ, проект 123042000071-8 (GZ\_MDF\_2023-2, PURE ID 93882802).

## ОЦЕНКИ БАЛАНСА УГЛЕРОДА НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ: ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЙ КИТАЯ И ИНДИИ

**Алексеева Н.Н., Банчева А.И.**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия  
nalex01@mail.ru*

Оценка динамики выбросов и поглощения углерода проводится на разных территориальных уровнях – от локального до глобального. На региональном уровне исследования динамики баланса углерода проводятся расчетными методами, на основе анализа изменений землепользования и/или чистой первичной продуктивности. Объектами исследований в региональных масштабах являются физико-географические области, типы экосистем, речные бассейны или их части, административно-территориальные единицы стран, города и др. Лидером по публикационной активности (по реферативной базе данных Scopus) по данной тематике за 2000–2020-е гг. является Китай, который опередил США и страны Европы по числу статей в международных журналах. Ведущей организацией является Китайская академия наук (более 290 публикаций за пять лет). Помимо региональных исследований китайские ученые опубликовали несколько глобальных оценок баланса углерода. Индия существенно отстает от Китая по публикационной активности, хотя в последние годы число исследований по оценке динамики углерода на уровне природных областей, штатов и городов растет. В докладе рассматриваются основные подходы и методы, применяемые для оценки выбросов и поглощения углерода в результате изменений землепользования в исследованиях китайских и индийских ученых.

Большинство работ соотносятся с уровнями 2 и 3 методологии МГЭИК. Во многих исследованиях в качестве «входных» используются данные по изменению наземного покрова и/или чистой первичной продуктивности, полученные на основе дешифрирования и анализа разновременных рядов космических снимков, снятых с помощью разных космических датчиков, в том числе Landsat (MSS, TM и ETM+), MODIS, VIIRS, China-HJ-1A/B и др., а также из открытых баз геопространственных данных. В Китае и Индии созданы национальные системы оценки изменений землепользования/наземного покрова, предоставляющие ежегодные данные за определенный период. Данные проходят верификацию путем полевых обследований и информации с беспилотных летательных аппаратов (например, в Китае их точность достигает 93%). Разнообразные

методические подходы и источники данных ДЗЗ используются не только для классификаций и определения динамики наземного покрова, но и для выявления экологически значимых трендов, влияющих на баланс углерода. Далее проводится моделирование выбросов и поглощения углерода в результате изменений землепользования. Ряд исследований базируется на оценках изменения запасов по балансу потоков или разности запасов углерода, с учетом обеспеченности данными по плотности углерода в пулах по типам экосистем и классам наземного покрова в разных природно-зональных условиях. При моделировании нередко используется сценарный подход, позволяющий оценить влияние на баланс углерода разных траекторий природопользования и климатических изменений. Точность оценок связывают, как правило, с неопределенностями в моделях, недостатком первичных данных по запасам углерода в пулах, качеством геопространственных данных. Исследования ведутся и на основе подхода «снизу вверх», подразумевающего интеграцию результатов наземных наблюдений и моделирования с участков или сеток в региональную оценку. Этот подход включает в себя методы инвентаризации, вихревой ковариации и моделирования экосистемных процессов. На основе данных по изменениям баланса углерода разрабатываются меры региональной политики, включающие в себя стратегии устойчивого управления землепользованием для усиления поглощения углерода, практические рекомендации по территориальному планированию в сельской местности и городах, реабилитации природных территорий. В 2020-е гг. в рамках концепции «углеродной нейтральности» особый интерес в Китае и Индии стали проявлять к исследованиям экосистемной секвестрации углерода в контексте климатических изменений.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ

**Антонович В.В., Антохина О.Ю., Антохин П.Н., Аршинова В.Г., Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Белан С.Б., Давыдов Д.К., Зенкова П.Н., Ивлев Г.А., Козлов А.В., Панченко М.В., Пестунов Д.А., Пташник И.В., Рассказчикова Т.М., Савкин Д.Е., Симоненков Д.В., Складнева Т.К., Толмачев Г.Н., Фофонов А.В., Чернов Д.Г., Шмаргунов В.П.**

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия  
bbd@iao.ru*

Глобальные изменения климата и окружающей среды уже оказывают влияние на величину и динамику обмена энергией, массой и импульсом между землей и атмосферой. Состав воздуха, в свою очередь, зависит от положительных и отрицательных биогенных потоков от растительных и океанических поверхностей. При этом существует несоответствие между нашим пониманием механизмов обмена парниковыми газами между экосистемой и атмосферой как в местном, так и в региональном масштабе. С целью оценки мощности эмиссии или стока в естественных условиях измерения проводятся в удаленных (фоновых) районах, где антропогенное влияние на них минимально. Однако охват территории данными одного комплекса будет небольшим. Поэтому разрабатываются сложные измерительные комплексы. Еще в середине 90-х гг. прошлого века, при отсутствии централизованного финансирования, ряд организаций РФ начал создавать подобные пункты мониторинга в инициативном порядке. Одной из таких организаций является Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, разместивший несколько стационарных и передвижных пунктов на территории Сибири. В настоящем докладе дается их описание, приводятся некоторые результаты мониторинга парниковых газов за предыдущие десятилетия.

Исторически первой (в декабре 1992 г.) была создана TOR-станция в рамках международного проекта по исследованию тропосферного озона TOR (Tropospheric Ozone Research) европейской программы EUROTRAC. Она работает и в настоящее время. Она находится на северо-восточной окраине Томского Академгородка. Затем в строй была введена обсерватория «Фоновая», расположенная на восточном берегу реки Оби, в 60 км к западу от Томска. Для контроля концентрации парниковых газов в пригородном районе была запущена обсерватория «Базовый экспериментальный комплекс» в 3 км к востоку от TOR-станции. С целью расширения контролируемой территории в начале 2000-х гг. была создана сеть JR-STATION (Japan-Russia Siberian Tall Tower Inland Observation Network). Она охватывает почти всю территорию Западной Сибири. В ее состав также входит комплекс для исследования потоков парниковых газов на границе почва – атмосфера (Васюганское болото). С целью изучения потоков парниковых газов на границе пресноводных озер создана и эксплуатируется совместно с Лимнологическим институтом СО РАН «Байкальская атмосферно-лимнологическая обсерватория», расположенная на берегу озера Байкал, в п. Большие Коты Иркутской области.

Мобильные средства представлены автомобильным комплексом для измерений концентрации  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$ , самолетом-лабораторией Tu-134 «Оптик» (ранее работы выполнялись на Ан-30) и корабельными комплексами.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6).

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ЭМИССИИ КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ЖВАЧНЫМИ ЖИВОТНЫМИ

**Боголюбова Н.В.**

*ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. акад. Л.К. Эрнста»,  
Дубровицы, Россия  
bogolubova@vij.ru*

Изучение процесса метаногенеза в организме жвачных и возможности его регуляции связано не только с экологическим фактором воздействия на окружающую среду парниковых газов, но и преследует цели сокращения энергозатрат организма на образование метана. Так, в зависимости от рациона организм жвачных затрачивает на образование метана до 15% энергии, лошади – до 5, свиньи – до 2 и птицы – до 0,3%.

Существует множество методов для изучения метаногенеза. Их делят на прямые и косвенные. К прямым методам относят исследования *in vitro* и *in vivo*.

К *in vivo* методам можно отнести метод с использованием гексофторида серы, методы с использованием специальных установок, масочный метод и его разновидность метод sniffеров, метод с использованием накопительных камер. Золотым стандартом является изучение газообразования с использованием респираторных камер различных типов. Все указанные методы имеют свои достоинства и недостатки, связанные с высокой стоимостью и низкой доступностью (респираторные камеры), высокой долей погрешностей (масочные методы), необходимостью специальных навыков (метод с использованием гексофторида серы), длительным приучением животных и высокой погрешностью.

Существуют расчетные методы. Например, в различных моделях и уравнениях по прогнозированию выделения метана из организма жвачных в процессе ферментации используется количество и питательность потребленного корма. Учеными разработаны стехиометрические модели, учитывающие тип и количество производимых субстратов в рубце. Выбросы метана рассчитываются одинаково во всех моделях путем расчета водородного баланса в рубце жвачных, и модели основываются на предположении, что любой избыток водорода преобразуется в метан. Расчетные методы также имеют минусы, поскольку не являются универсальными, зависят от географических, климатических условий, рационов кормления животных. Разные методы определения валовой энергии, субстратов, метана могут накладывать отпечаток на результат.

Таким образом, в связи с большим выбором методов изучения эмиссии климатически активных веществ жвачными животными следует учитывать, что наиболее точными являются прямые эксперименты на животных. Существует необходимость в получении новых знаний о выделении климатически активных веществ из организма жвачных животных различных генотипов, половозрастных групп, в зависимости от рационов и условий кормления.

В ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста с использованием автоматических респираторных камер изучают выделение климатически активных веществ из организма мелких жвачных животных в зависимости от различных условий (генотип животных, рацион питания, возраст и др.) с целью последующей возможности регуляции этих процессов.

## МЕТАН В ВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ: ДАННЫЕ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ И УДЕЛЬНОГО ПОТОКА

Гречушников М.Г.<sup>1,2</sup>, Репина И.А.<sup>1,3</sup>, Фролова Н.Л.<sup>1,2</sup>, Агафонова С.А.<sup>1,2</sup>, Ломов В.А.<sup>1,2,3</sup>, Соколов Д.И.<sup>1,2</sup>, Степаненко В.М.<sup>1,2,3</sup>, Ефимов В.А.<sup>1,2</sup>, Мольков А.А.<sup>4</sup>, Капустин И.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ИФА РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, г. Москва, Россия

<sup>3</sup> МГУ им. М.В. Ломоносова, НИВЦ, г. Москва, Россия

<sup>4</sup> ИПФ РАН, г. Нижний Новгород, Россия

*allavis@mail.ru*

По сравнению с мировым опытом эмиссия метана из водохранилищ РФ изучалась фрагментарно. В Волжском бассейне основные работы были посвящены определению содержания метана в воде и донных отложениях (ДО), выявлены зональные особенности распределения (Дзюбан, 2010). Коллективом проведены измерения удельного потока (УП) метана и его содержания в воде некоторых водохранилищ Волжского каскада: Ивановском, Рыбинском, Горьковском, Куйбышевском, Волгоградском в 2017–2023 гг. Измерения УП проводились методом плавучих камер (Bastviken et al., 2011), определение содержания метана в пробах – методом headspace. Измерения выполнялись на опорных станциях в различных морфологических районах водохранилищ. Выявлена пространственная и сезонная изменчивость как содержания метана, так и его эмиссии в зависимости от коэффициента водообмена, погодных условий, характера ДО, глубины. Большие концентрации и значения УП метана наблюдались в период стратификации водохранилищ, при вертикальном перемешивании значения УП существенно уменьшались. Максимальные значения УП выявлены для сильно зарастающего мелководного Шошинского плеса Ивановского водохранилища (до 334 мгС-СН<sub>4</sub>/(м<sup>2</sup>·сут), затопленной левобережной поймы Горьковского водохранилища (до 548 мгС-СН<sub>4</sub>/(м<sup>2</sup>·сут), где они связаны со слабой проточностью и внутриводоевыми циркуляциями, а также для залива р. Чеснава на Рыбинском водохранилище (до 1086 мгС-СН<sub>4</sub>/(м<sup>2</sup>·сут), что

связано с антропогенным загрязнением. В заливах Куйбышевского и Волгоградского водохранилищ, принимающих притоки с повышенной минерализацией, возможно усиление стратификации из-за плотностного расслоения, формирование зон с дефицитом кислорода и увеличение УП метана, несмотря на небольшое количество органического вещества в грунтах. Наиболее подробно было изучено Иваньковское водохранилище, показано, что эмиссия метана в значительной степени определяется погодными условиями сезона, проточностью водоема, зависит от морфологического строения затопленной долины и характера ДО и развития фитопланктона (Гречушникова и др., 2023). Детальные исследования в приплотинном районе Горьковского водохранилища показали, что работа ГЭС оказывает влияние на содержание и эмиссию метана из-за разрушения стратификации и смыва вторичных отложений. Дальность распространения влияния Нижегородской ГЭС на содержание и эмиссию метана оценивается в 7 км (Гречушникова и др., 2022). Сравнение с обобщенными литературными данными (Johnson et al., 2021) по УП метана с водохранилищ умеренной зоны показало, что в Волжском каскаде эти величины ниже во все месяцы периода открытой воды, кроме августа.

Работа выполнена в рамках важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (Соглашения № ВИП ГЗ/24-7.1 от 5 марта 2023 г.).

### Список литературы:

Дзюбан А.Н. Деструкция органического вещества и цикл метана в донных отложениях внутренних водоемов. Ярославль: Принтхаус, 2010. 174 с.

Гречушникова М.Г., Доброхотова Д.В., Капустин И.А., Мольков А.А., Лецев Г.В. Исследование изменчивости гидроэкологических характеристик в приплотинном участке Горьковского водохранилища в 2022 году // Материалы 7-й всероссийской научной конференции «Проблемы экологии Волжского бассейна». Т. 5. Нижний Новгород: ФГБОУ ВО Волжский государственный университет водного транспорта, 2022. С. 1–6.

Гречушникова М.Г., Ломова Д.В., Ломов В.А., Кременецкая Е.Р., Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Федорова Л.П. Пространственно-временные различия гидроэкологических характеристик и эмиссии метана Иваньковского водохранилища // Водные ресурсы. 2023. Т. 50, № 1. С. 81–89. doi: 10.31857/S0321059623010078.

Johnson M. S., Matthews E., Bastviken D., Deemer B., Du J., Genovese V. Spatiotemporal methane emission from global reservoirs // Journal of Geophysical Research: Biogeosciences. 2021. Vol. 126 (8): 1–19. doi: 10.1029/2021JG006305.

## ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЯРОСЛАВСКОЙ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ОБЛАСТЯХ

Гусева О.А., Якимова О.П.

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, г. Ярославль, Россия  
olgagus5@rambler.ru

Изменение климата, в частности температурного режима, является свершившимся фактом, подтверждаемым многочисленными наблюдениями по всему миру.

В данной статье сравниваются изменения температуры воздуха за два 30-летних периода – 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг. Выбор именно этих интервалов времени обусловлен тем, что 1961–1990 гг. являются стандартным опорным периодом для долгосрочной оценки климатических изменений, а интервал 1991–2020 гг. – климатологическая стандартная норма, используемая в настоящее время (Руководящие указания..., 2017).

Изменения температуры рассматривались для Ярославской области и прилегающих к ней Вологодской, Костромской, Владимирской и Тверской областей на примере областных центров, соответственно, Ярославля, Вологды, Костромы, Владимира и Твери. Вологда находится в 180 км к северу от Ярославля, Кострома – в 65 км к востоку, Владимир – в 170 км к югу и Тверь – в 260 км к юго-западу.

Данные о среднемесячных температурах воздуха в указанных пунктах взяты из открытых источников (Погода и Климат; Научно-прикладной справочник...). Как показывают расчеты, средние годовые температуры увеличились во всех пунктах на 0,95–1,47 °С (табл. 1). При этом самые высокие среднегодовые температуры за оба рассматриваемых периода наблюдались в Твери, а самые низкие – в Вологде. Ярославль занимает промежуточное положение между этими городами, в то время как рост данного показателя наибольший именно здесь (1,47 °С).

**Таблица 1. Средние годовые температуры в рассматриваемых пунктах, °С**

Параметр	Вологда	Кострома	Ярославль	Владимир	Тверь
Среднегодовые температуры, 1961–1990 гг.	2,60	3,43	3,45	3,94	4,10
Среднегодовые температуры, 1991–2020 гг.	3,55	4,60	4,92	5,11	5,52
Рост температуры, °С	0,95	1,17	1,47	1,17	1,42

Сравнение изменений температуры в январе и июле показывает, что сильнее увеличились температуры января (на 2,88–3,51 °С), в июле рост температур меньше в 2–4 раза (табл. 2). При этом сильнее всего температуры января увеличились в Ярославле, а июля – в Твери.

**Таблица 2. Рост температур января и июля в 1991–2020 гг. по сравнению с 1961–1990 гг., °С**

Месяц	Вологда	Кострома	Ярославль	Владимир	Тверь
Январь	2,93	3,16	3,51	2,88	3,35
Июль	0,70	0,78	1,28	1,08	1,57

Таким образом, в регионах, находящихся рядом, глобальный тренд увеличения температуры воздуха реализуется несколько по-разному. По степени уменьшения изменения температуры города образуют следующий ряд: Ярославль > Тверь > Владимир = Кострома > Вологда.

### Список литературы:

Научно-прикладной справочник «Климат России»: сайт. URL: <http://aisori-m.meteo.ru> (дата обращения: 19.05.2024).

Погода и Климат: сайт. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения: 19.05.2024).

Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. 2017. 32 с. URL: <https://library.wmo> (дата обращения: 10.05.2024).

## ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЗНЫХ ЭКОЛОГО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЗОНАХ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Канзываа С.О., Монгуш С.Д., Куулар Э.А.

Тувинский государственный университет, г. Кызыл, Россия  
kanzyvaa73@mail.ru

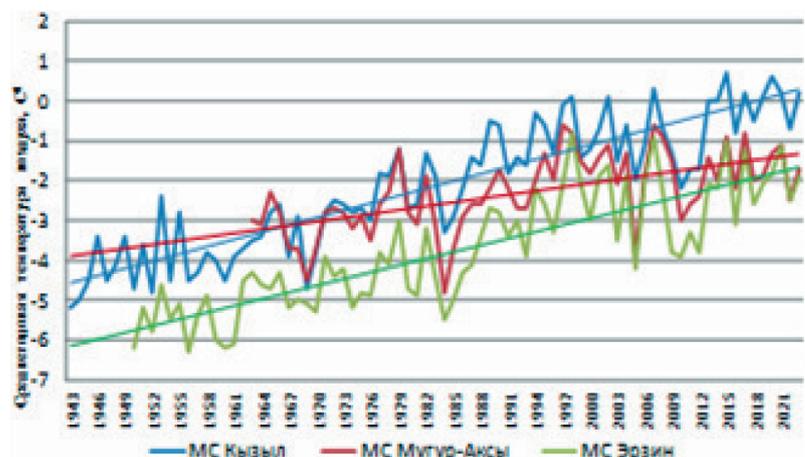
Республика Тыва расположена в центре Азии между  $50^{\circ}11' - 53^{\circ}46'$  с. ш. и  $88^{\circ}49' - 98^{\circ}56'$  в. д. В республике выделено два макроклиматических типа местоположений: среднегорный и горный рельеф; межгорные депрессии (котловины, впадины). В работе представлены изменения температуры воздуха в трех эколого-территориальных зонах Республики Тыва. Монгун-Тайгинский район (МС Мугур-Аксы) располагается в юго-западной части на стыке хребтов Алтая и Танну-Ола в окружении гор, высоты которых превышают 3000 м. Кызылский район (МС Кызыл) располагается в Тувинской котловине, в межгорном понижении рельефа в верховьях Енисея, данная зона ограничена хребтами Западного и Восточного Саяна, Алтая и Танну-Ола, в основном это холмисто-равнинная местность. Высота 600–900 м. Эрзинский район (МС Эрзин) находится в межгорной Убсунурской котловине, расположенной на южной границе Тувы и северо-западной Монголии. Высота станции составляет 1101 м. Ландшафты Убсунурской котловины представлены песчаными и глинистыми пустынями и полупустынями, на подгорных равнинах – сухими степями, по склонам гор – высокотравными степями, переходящими в лесостепи. На вершинах располагаются тундры и голыцы.

Климат региона резко континентальный, характеризуется большой изменчивостью температуры как в их суточном, так и в годовом ходе. В течение всего года над территорией преобладает антициклональная сухая и ясная погода. Особенность климата проявляется воздействием азиатского максимума в холодное время года и азиатской депрессии в теплое время года.

В середине прошлого столетия самые низкие значения среднегодовой температуры воздуха отмечаются на МС Эрзин ( $-6,2^{\circ}\text{C}$ ), затем МС Кызыл ( $-5,2^{\circ}\text{C}$ ) (рис.). Анализ годового хода тренда температуры за 60-летний период показывает изменение температуры воздуха: среднегодовая температура воздуха в Кызылском и Эрзинском районах повысилась на  $4,1-4,2^{\circ}\text{C}$ , в Монгун-Тайгинском районе – в 2 раза меньше (на  $2^{\circ}\text{C}$ , с  $-3,0$  до  $-1,0^{\circ}\text{C}$ ).

Сравнительный анализ суммы выпавших осадков по 10-летним периодам с 1960-х по 2020-е гг. показывает, что в Кызылском районе наблюдается увеличение суммы осадков на 17%, с 219 мм до 256 мм, на территории Монгун-Тайгинского и Эрзинского районов – на 4–5%, с 158–187 мм до 167–194 мм. Распределение осадков по сезонам года неодинаково: за летний период выпадает 59–65% осадков, за осенне-весенний – 28%, в зимний – 7–12%.

Динамика среднегодовой температуры воздуха за период 1943–2023 гг. (метеостанции Мугур-Аксы, Эрзин, Кызыл)



Таким образом, за период с 1943 по 2020-е гг. в Туве наблюдается потепление климата, среднегодовая температура воздуха увеличилась на 2–4 °С. Изменяется режим увлажнения в Тувинской котловине, где количество выпавших осадков увеличилось на 17%, или на 37 мм. В Эрзинском и Монгун-Тайгинском районах изменение незначительное, на 4–5%, или на 7 мм, хотя наблюдались года, когда выпадало до 335–352 мм осадков.

Работа выполнена в рамках научной темы «Разработка основ адаптивной системы селекции с учетом эколого-генетических особенностей в условиях номадного животноводства (на примере Республики Тыва)».

## БАЛАНС УГЛЕРОДА В ТРАВЯНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Лаврентьева И.Н., Меркушева М.Г.

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия  
lira1973@mail.ru*

Травяные экосистемы распространены во всех природно-климатических зонах, характеризуясь широким разнообразием ботанического состава и плотности травостоя, почвенно-экологическими условиями произрастания, что обуславливает значительную вариабельность их продуктивности, которая определяется и лимитируется многими факторами: видовым составом, водным режимом, обеспеченностью их питательными веществами, длительностью вегетационного сезона.

Поглощение углерода растениями, его закрепление в корнях и почве, эмиссия и обновление происходят в разные по продолжительности сроки в зависимости от типа травяных экосистем. Растительное сообщество и микробоценоз почвы взаимосвязаны, активность одного непосредственно влияет на способность другого к росту и размножению, а степень этой связи определяется свойствами конкретной почвы и экологическими условиями их функционирования, приводящими к формированию разных размеров накопления углерода растительного вещества, микробной биомассы и гумуса.

В этом сообщении дана оценка баланса и запасов органического углерода и потоков CO<sub>2</sub> в травяных экосистемах резко континентальных областей Западного Забайкалья на примере экологического профиля сухостепной зоны Иволгинской котловины: степные – на каштановой и лугово-каштановой почвах, пойменные – на аллювиальных болотной и луговой, галоксерофитные – на солончаке типичном. С 2000 г. и по настоящее время наблюдается усиление аридности климата: меньшее количество осадков и изменение их распределения за вегетационный период по сравнению с многолетними данными.

По уровню накопления органического углерода травяные экосистемы образовывали следующий убывающий ряд: пойменный настоящий луг > луговая степь > пойменный болотистый луг > сухая степь > галоксерофитная (сазовая) степь. Вклад углерода гумуса, углерода подземной фитомассы и углерода микробомассы в запас почвенного органического вещества в среднем составлял, соответственно, %: 88,3, 10,4 и 1,3. Интенсивность среднесуточной эмиссии CO<sub>2</sub> определялась влагообеспеченностью вегетационного сезона и зависела от типа почв и их водно-температурного режима. По эмиссии CO<sub>2</sub> почвы отнесены к двум группам: 1) со средней – аллювиальные; 2) с низкой – каштановая, лугово-каштановая, солончак. Выявлена корреляция эмиссии CO<sub>2</sub> из степных почв с влажностью, аллювиальных – с температурой, солончака – с температурой и влажностью. Средний за вегетацию общий поток CO<sub>2</sub> в зависимости от типа почв составлял 178–585 г С–CO<sub>2</sub>/(м<sup>2</sup> период), среднегодовой – 235–757 г С–CO<sub>2</sub>/(м<sup>2</sup> год). Между численностью мезофауны и интенсивностью деструкции выявлена тесная корреляция ( $r = 0,98$ ), как и между количествами углерода в сухой массе мезофауны и микрофлоры ( $r = 0,74$ ).

Общий баланс органического углерода в травяных экосистемах, рассчитанный за три года, оказался положительным. Наибольшие его величины характерны для степных экосистем, что закономерно в условиях современной аридизации климата, так как они наиболее устойчивы к этому фактору даже в периоды длительного иссушения. Для пойменных и галоксерофитных экосистем с повышенными величинами среднесуточного, среднего за вегетацию и среднегодового потоков  $\text{CO}_2$  баланс был в 1,6–2,4 раза ниже по сравнению со степными. Таким образом, для травяных экосистем, расположенных на трансекте, характерно превышение стока (накопления) органического углерода над его эмиссией.

## ОСОБЕННОСТИ СУТОЧНОГО ХОДА ЭМИССИИ $\text{CO}_2$ НА ЕСТЕСТВЕННОМ И МЕЛИОРИРОВАННОМ БОЛОТАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

Линкевич Е.В., Гуляева Е.Н., Родин А.Ю., Кирьянова В.А.

*Отдел комплексных научных исследований Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия  
maltseva2@gmail.com*

Интенсивность выделения углекислого газа с поверхности болот существенно зависит от климатических особенностей региона и гидрологического режима, что оказывает влияние на формирование растительного покрова, окислительные процессы торфяной почвы и способствует изменению ее состава и структуры.

Доля заболоченных территорий в Республике Карелия составляет более 27%, что представляет значительный интерес для изучения особенностей суточного хода эмиссии углекислого газа и паров воды в условиях умеренно-континентального климата.

Мелиоративные работы на болотах на территории республики, проводимые с 1950-х гг., в условиях потепления климата и в результате нарушения гидрологического режима приводят к смене видового состава растительного покрова, состава торфяной почвы и интенсивности эмиссии углекислого газа и паров воды с поверхности болота. Поэтому цель данного исследования – сравнить скорости потоков выделения углекислого газа и паров воды с поверхности участков естественного и мелиорированных болот в сочетании с климатическими и другими факторами.

Суточные измерения парниковых газов проводили на пробных площадях естественного и осушенных болотных объектов за вегетационный период в течение двух лет. В качестве ненарушенного объекта выбрано олиготрофное болото в заповеднике «Кивач», площадь которого составляет 60 га, средняя глубина 3,8 м. Двухлетние измерения эмиссии углекислого газа проводили на мелиорированном заросшем низинном болоте Прионежского района площадью 193,2 га, средняя глубина 3,6 м, и на частично осушенном олиготрофном болоте Агвенсуо площадью 379 га, средняя глубина 5 м.

Концентрацию потока углекислого газа определяли многоканальной автоматической системой SF-9000 (LICA, Китай). Микроклиматические параметры на объектах исследования измеряли с помощью переносной метеостанции Sokol M1 (Россия). Суточный ход температуры почвы на глубинах 10, 30, 50, 90 см регистрировали почвенной станцией Nero (Россия). Измерение уровня грунтовых вод фиксировали с помощью логгера с несколькими датчиками Promodem (Россия), регистрирующего уровень болотной воды дистанционно.

Полученные экспериментальные данные двухлетних измерений эмиссии углекислого газа и паров воды на каждом объекте исследования показали сходимость результатов измерения сезонного экосистемного дыхания. Низкие величины потоков углекислого газа на олиготрофном болоте обусловлены обедненным растительным покровом. При этом жаркое лето без осадков не изменило суточный и концентрационный ход эмиссии. Эмиссия углекислого газа на заросших

болотах в 2–3 раза выше по сравнению с естественными болотами. Подготовленные к добыче торфяные месторождения с нарушенным гидрологическим режимом являются неконтролируемым источником углекислого газа, концентрация которого увеличивается в августе.

Работа выполнена в рамках государственного задания № FMEN-2022-0018.

## ЭМИССИЯ УГЛЕРОДА С ПОВЕРХНОСТИ ВНУТРИБОЛОТНЫХ ОЗЕР

**Прасолов С.Д., Забелина С.А., Чупаков А.В.**

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. акад. Н.П. Лаверова УрО РАН, г. Архангельск, Россия  
sergeyprasolov1@gmail.com*

Бореальные озера и болотные экосистемы могут выступать как источниками, так и поглотителями парниковых газов из атмосферы. Этим обуславливается их важная роль в биогеохимическом цикле углерода. Европейский Север России является малоизученным в вопросе эмиссии углерода (С) с поверхности пресноводных водоемов. Недостаточно изучены ее количественные аспекты и временная динамика.

В работе представлены результаты изучения пространственной и сезонной изменчивости потоков углерода с поверхности внутриводных мелководных озер Иласского болотного массива. Иласский болотный массив расположен в 20 км южнее Архангельска, исследования проводились в период открытой воды 2022 г. Объектами исследования были выбраны озера, различающиеся площадью водной поверхности: Иласское (1,8 км<sup>2</sup>), Северное (0,013 км<sup>2</sup>) и Фасолька (0,0008 км<sup>2</sup>). Объекты характеризуются ультрапресными водами с низкими значениями рН.

Эмиссия С была рассчитана из величин диффузионных потоков CH<sub>4</sub> и CO<sub>2</sub>. Диффузионные потоки получены по модели приграничного слоя (boundary layer model), как произведение градиента концентрации на границе раздела сред и коэффициента газообмена к. Коэффициент газообмена, в свою очередь, получен по эмпирической зависимости, исходя из скорости ветра (Cole, Caraco, 1998). Для расчетов использовалась скорость ветра на ближайшей метеостанции, приведенная к условиям озера по общепринятой формуле ГГИ. Для определения концентраций растворенных газов отбирались пробы воды из поверхностного слоя, которые затем анализировались на лабораторном газовом хроматографе «Хроматэк Кристалл 5000».

Результаты показали, что весной и в начале лета исследуемые озера выступают в роли источников углерода в атмосферу, выбрасывая 140...572 мгС/м<sup>2</sup> в сутки. В августе же озера поглощают углерод из атмосферы, величины потока в это время составляют –11...–86 мгС/м<sup>2</sup> в сутки. При этом более 99% эмиссии углерода, в том числе его поглощение, обусловлено потоками CO<sub>2</sub>.

Кроме того, на озерах Северное и Иласское была исследована пространственная неоднородность, как коэффициент вариации величин эмиссии, полученных в различных частях озера. Неоднородность растет от 6% на обоих озерах в мае до 41% на Иласском и 184% на Северном в августе. В последнем случае наблюдается ситуация, когда в одной части озера наблюдается поглощение С из атмосферы, а в двух других точках, напротив, отмечается небольшой поток.

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФ, проект № 22-17-00253 «Биогеохимия углерода и сопряженных микроэлементов в экосистемах торфяных болот Северо-Запада России в гидрологическом континууме», <http://rscf.ru/project/22-17-00253/>.

### Список литературы:

Cole J. J., Caraco N. F. Atmospheric exchange of carbon dioxide in a low-wind oligotrophic lake measured by the addition of SF<sub>6</sub> // *Limnology and Oceanography*. 1998. N 4 (43): 647–656.

## БИОАККУМУЛЯЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНКАХ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО

Родинова П.А., Куликова Н.А., Стаковецкая О.К.

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Минздрава России,  
г. Иваново, Россия  
polina.rodinova@mail.ru

Для оценки показателей загрязненности используются различные методики и материалы. При этом химический состав почвы часто не отражает всей картины загрязнения экосистемы. Районы с повышенным количеством тяжелых металлов в растениях могут превышать по площади аналогичные районы загрязненной почвы, так как растения отражают не только загрязнение почвы, но и воздушной среды. Растения являются важным промежуточным звеном, через которое осуществляется переход веществ из почвы, воды и воздуха в организм человека и животных. Поэтому для формирования комплексного представления об уровне загрязнения важно анализировать содержание тяжелых металлов в растениях.

Целью работы является оценка биоаккумуляции хрома (Cr), кадмия (Cd), никеля (Ni) и меди (Cu) в листовых пластинках дуба черешчатого в различных экосистемах.

Материалом для исследований микроэлементного состава послужили листья дубов, произрастающих на территории г. Иваново, Ивановской области, а также нескольких городов ЦФО. Всего были изучены листья по 40 штук из 50 точек сбора. Многоэлементный анализ листьев дуба произведен методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на базе кафедры неорганической и аналитической химии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва) А.Н. Волковым.

Содержание Cr в листьях дуба варьирует в интервале от 0,2 мг/кг в Савинском районе Ивановской области до 16,2 мг/кг в городе Юрьев-Польский Владимирской области. В 18 точках сбора количество хрома находится в пределах 15,0–5,0 мг/кг. В 25 показатель не превышает 0,7 мкг/кг сухой массы. Ni в минимальном количестве обнаружен в пробах из г. Москвы из точки, расположенной около школы, – 0,83 мг/кг. Максимальное содержание Ni в листьях дуба из села Погост Ивановской области – 140,3 мг/кг. В 8 точках этот показатель не превышает 50 мг/кг сухой массы. Показатели в 16 населенных пунктах варьируют в диапазоне от 10 до 20 мг/кг, а в подавляющем большинстве населенных пунктов содержание никеля в листьях менее 2,0 мг/кг. Минимальное количество Cu накопили листья дуба из г. Кинешмы Ивановской области – 7,2 мг/кг. Максимальное значение составило 34,7 мг/кг в деревне Векино Ивановской области. В 10 населенных пунктах содержание Cu в листьях варьировало в пределах 20,0–30,0 мг/кг. Cd аккумулируется в листьях незначительно, что подтверждается литературными источниками. Так, в подавляющем большинстве проб содержание Cd не превышало 1,0 мг/кг. Однако значения, полученные в некоторых точках, во много раз превышали фоновые: в деревне Сергеиха Владимирской области – 47,0 мг/кг и в г. Москве на ул. Таганская – 96,0 мг/кг.

Дуб черешчатый обладает способностью к биоаккумуляции изученных токсичных металлов, содержащихся в почве. С одной стороны, это позволяет оценить загрязнение окружающей среды и с другой – удалить тяжелые металлы из почвы, обеспечивая ее очищение при уборке опавших листьев в городах осенью.

## ВАРИАЦИИ СТРУКТУРНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Розенцвет О.А., Богданова Е.С., Нестеров В.Н., Ульянова Д.М.

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,  
Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия  
olgarozen55@mail.ru

В последние годы активно изучается влияние климатических факторов на морфогенез особей, структуру и состояние растительных сообществ. С этой целью исследуются вариации функциональных признаков растений в крупномасштабных географических градиентах. Обнаружено, что осадки являются ключевым фактором, влияющим на высоту деревьев в глобальном масштабе: тропические деревья достигают гораздо большей высоты, чем деревья в умеренных и холодных зонах. Плодовые виды растений демонстрируют высокую долю сочных плодов в тропических регионах и более высокую долю сухих фруктов в более холодных зонах. Экологически специализированные виды, включая редкие и эндемичные, как правило, произрастают на ограниченных территориях, что позволяет исследовать влияние климата и других экологических условий в пределах эколого-географического ареала. Это дает возможность прогнозирования реакции видов при глобальных и локальных климатических изменениях и антропогенных воздействиях.

В настоящей работе исследованы вариации структурных и функциональных характеристик листьев кальцефита *Gypsophila volgensis* Krasnova (качим волжский) сем. Caryophyllaceae при изменении условий среды. Места произрастания растений расположены в северной части Восточной Европы вдоль географического градиента от 49°42' до 54°01' с. ш. в диапазоне высот 70–206 м над уровнем моря. Общая протяженность трансекты составила более 800 км. Вдоль изученного широтного градиента с юга на север наблюдалось линейное снижение среднесуточной температуры воздуха и увеличение количества осадков. Такой же тренд отмечен в изменении среднесуточной температуры воздуха и количества солнечных часов. Почвы, на которых произрастали растения, оцениваются как щелочные. С продвижением растений с юга на север наблюдали десятикратное увеличение концентрации ионов Са и сульфат-аниона. Аналогичная тенденция характерна для изменений концентрации ионов К и противоположная – для  $\text{НСО}_3$ . Содержание ионов Na и Cl оставалось постоянным. Следовательно, в местах произрастания растений в пределах исследованных широт существенно меняются климатические и эдафические условия.

В качестве структурных признаков исследовали линейные параметры листьев, показатель УППЛ, число устьиц, оводненность листа, а функциональных – содержание пигментов, белков, липидов, водорастворимых сахаров, фенольных соединений и аминокислоты пролина. Установлено, что при продвижении растений с юга на север увеличивается ассимиляционная поверхность листьев, содержание хлорофилла *a* и *b*, компонентов биологических мембран – белков и полярных липидов, водорастворимых сахаров, пролина. В то же время у растений южных популяций выявлен существенно больший уровень окислительных процессов и концентрации фенольных соединений, выполняющих антиоксидантную функцию.

Использование 3D моделирования позволило установить взаимосвязь некоторых эдафических и климатических факторов среды с параметрами листьев. Предполагается, что при современных тенденциях изменения климатических условий залогом выживания может быть уменьшение площади ассимиляционной поверхности листьев и снижение фотосинтетической функции, но увеличение количества продуктов вторичного обмена.

## ОЦЕНКА ЭМИССИИ CO<sub>2</sub> С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ СОСНОВЫХ ЭКОСИСТЕМ КАРЕЛИИ В ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКЕ

Семи́н Д.Е., Прида́ча В.Б.

Институт леса Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия  
pridacha@krc.karelia.ru

В природных экосистемах отмечают неоднородность дыхания почв вследствие высокой пестроты и мозаичности почвенного покрова. Особую проблему представляют антропогенные ландшафты, поскольку разработка и добыча полезных ископаемых открытым способом оказывает деструктивное влияние на растительный и почвенный покров наземных экосистем. Целью нашей работы было оценить пространственно-временную динамику эмиссии CO<sub>2</sub> с поверхности почв антропогенно нарушенных лесных экосистем.

Исследование проводили в европейской части средней тайги (Республика Карелия) на сопредельных пробных площадях (ПП), заложенных в 30-летних сосняках лишайниковом (ПП 1) и черничном (ПП 2), сформированных на посттехногенных землях песчано-гравийного карьера, и в естественной среде 110-летнего сосняка брусничного (ПП 3) в июле 2023 г. Рекультивацию карьера провели в 1991 г. посредством посадки семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Через 30 лет после проведения рекультивации проведено исследование почвенной эмиссии CO<sub>2</sub> на модельных участках с разными вариантами рекультивации: 1) посредством посадки сосны в песчано-гравийный минеральный грунт (ПП 1); 2) в улучшенный торфом субстрат (ПП 2). Контролем послужили естественные почвы ненарушенного сосняка брусничного, существовавшего на данной территории до начала разработки карьера. Полевые исследования почвенной эмиссии CO<sub>2</sub> проводили методом закрытых камер посредством инфракрасного газоанализатора LI-8100A (LI-Cor Inc., США) в дневной и суточной динамике с периодичностью 6 раз в месяц в двух вариантах: 1) на основаниях с напочвенной растительностью; 2) на основаниях без напочвенной растительности. В посттехногенном сосняке лишайниковом в живом напочвенном покрове доминируют лишайники *Stereocaulon tomentosum* и *Cladonia* sp., в сосняке черничном – *Vaccinium myrtillus* L., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt, *Dicranum scoparium* Hedw., в естественном сосняке брусничном – *Vaccinium vitis-idaea* L., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.

Важно отметить, что июль 2023 г. был холодным ( $\Delta T_{\text{мес}} < -1,6$ ) и очень дождливым (189% нормы). Значительный избыток осадков (147% нормы) наблюдался в короткий период с 21 по 25 июля. Анализ среднесуточных и средних за месяц величин почвенной эмиссии CO<sub>2</sub> с учетом значений, полученных в конце июля после экстремальных дождей, выявил наибольшую изменчивость потока CO<sub>2</sub> с поверхности почв ПП 1, значения которого увеличились в варианте с напочвенной растительностью и без нее на 35 и 10%, соответственно. При этом в естественной среде ПП 3, так же как и в посттехногенной среде ПП 2, увеличение почвенной эмиссии после экстремальных осадков отмечено только для оснований с напочвенной растительностью на 6%. Вместе с тем наиболее высокие среднедневные и среднесуточные значения эмиссии CO<sub>2</sub> с поверхности почв выявлены в естественной среде ПП 3 для варианта как с напочвенной растительностью, так и без нее. Показатели посттехногенных ПП 1 и ПП 2 относительно ПП 3 были меньше в 4–6 и 1,2–1,5 раза, соответственно. Наибольшие различия среднедневных, среднесуточных и средних за месяц величин почвенной эмиссии CO<sub>2</sub> между вариантами наблюдений также были отмечены для ПП 3 (49–59%) по сравнению с ПП 1 (8–32%) и ПП 2 (19–27%).

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6).

## ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ КАК БИОИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ г. ЗАКАМЕНСКА)

Сосорова С.Б., Меркушева М.Г., Болонева Л.Н., Лаврентьева И.Н., Убугунов В.Л.

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия  
soelma\_sosorova@mail.ru*

Рост промышленности, развитие сельского хозяйства и многое другое приводит к усиленной деградации почвенного покрова ландшафтов. Поэтому мониторинг почвенного покрова территорий, подверженных антропогенному воздействию, является актуальным.

Изменение активности ферментов может служить информативным тестом при оценке экологического состояния почв и техногенных поверхностных образований.

Целью данной работы было определение ферментативной активности (каталаза, целлюлаза) почвогрунтов и техногенного песка на территории деятельности бывшего Джидинского вольфрамо-молибденового комбината (Западное Забайкалье).

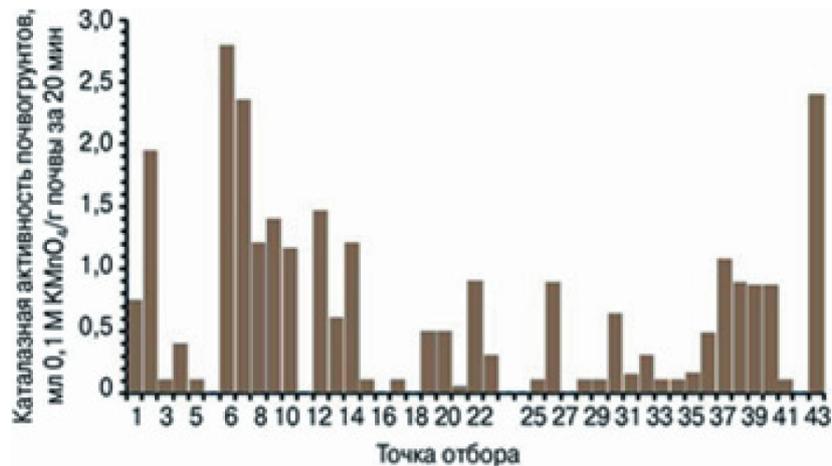
Исследовались поверхностные 0–10 см слои аллювиальной темногумусовой почвы (Fluvisols) в качестве фона, техногенный песок (отходы после добычи и обогащения вольфрамовых и молибденовых руд) и почвогрунты рекультивированных контуров № 1, 3, 4.

Каталазную активность определяли перманганатометрическим методом Джонсона и Темпле (Хазиев, 2005) в трехкратной повторности в воздушно-сухих образцах. На эту же глубину проводилась закладка льняных полотен для оценки активности целлюлазы. Полученные данные представлены на рисунке и в таблице.

Установлены различия в активности почвенных ферментов фоновой почвы и почвогрунтов на изученных контурах в зависимости от уровня содержания в них тяжелых металлов и использованных технологий рекультивации. Показано, что техногенный песок оказывал ингибирующее действие на ферментативную активность (каталазы и целлюлазы) погребенных почв (контур № 1) в зоне деятельности Джидинского вольфрамо-молибденового комбината. В техногенном песке отсутствовала каталазная и целлюлазная активности. Отмечалась их активизация на участках, где проведены мероприятия по восстановлению нарушенного почвенного покрова. В почвогрунтах рекультивированных участков каталазная и целлюлазная активность в поверхностном 0–10 см слое была ниже, чем в фоновой почве, в несколько раз, но выше, чем в техногенном песке нереккультивированных участков.

В почвогрунтах рекультивированных участков каталазная активность в поверхностном слое 0–10 см была ниже, чем в фоновой почве, в несколько раз и составляла 0,1–1,94 мл  $\text{KMnO}_4$  за 20 мин, за исключением точек 3-1 и 3-2, где она была выше. Величина каталазной активности возрастала в ряду: контур № 4 < контур № 1 < контур № 3 (рис.).

Целлюлазная активность фоновой почвы по шкале интенсивности разрушения клетчатки (Звягинцев, 1987) оценивалась как «сильная». Интенсивность разложения целлюлозы в почвогрунтах контура № 1 оценивалась как «очень слабая»: в т. 1-2 и т. 1-4 она не превышала 1%, а в т. 1-5 достигала максимального значения (21%), что, возможно, связано с относительно высоким содержанием органического вещества и щелочной реакцией среды. Целлюлазная активность почвогрунтов контура № 3 оценивалась как «слабая», но несколько превышала таковую на первом контуре, что, очевидно, было обусловлено более высоким содержанием гумуса, относительно оптимальными физическими свойствами и меньшим загрязнением ТМ. Незаросшие техногенные пески этого контура (т. 3-12 и т. 3-16), оставшиеся без проведения рекультивационных мероприятий, показали самую низкую интенсивность разложения целлюлозы, а высокую – т. 3-17 под монгольскополевицевым лугом с березовым подлеском.



Каталазная активность фоновой почвы и почвогрунтов:

**контур № 1** (1 – т. 1-1; 2 – т. 1-2; 3 – т. 1-3; 4 – т. 1-4; 5 – т. 1-5), **контур № 3** (6 – т. 3-1; 7 – т. 3-2; 8 – т. 3-3; 9 – т. 3-4; 10 – т. 3-5; 11 – т. 3-6; 12 – т. 3-7; 13 – т. 3-8; 14 – т. 3-9; 15 – т. 3-10; 16 – т. 3-11; 17 – т. 3-12; 18 – т. 3-13; 19 – т. 3-14; 20 – т. 3-15; 21 – т. 3-16; 22 – т. 3-17; 23 – т. 3-18), **контур № 4** (24 – т. 4-12; 25 – т. 4-G2; 26 – т. 4-E1; 27 – т. 4-E2; 28 – т. 4-E3; 29 – т. 4-F1; 30 – т. 4-F2; 31 – т. 4-H2; 32 – т. 4-B4; 33 – т. 4-B5; 34 – т. 4-C4; 35 – т. 4-D2; 36 – т. 4-D3; 37 – т. 4-D4; 38 – т. 4-D5; 39 – т. 4-D6; 40 – т. 4-D7; 41 – т. 4-A5), 42 – **техногенный песок**, 43 – **фон**

#### Целлюлазная активность в почвогрунтах и фоновой почве, %

Контур	Пределы колебаний	Среднее значение	Ошибка среднего	Стандартное отклонение
№ 1	1–21	7,4	3,7	8,4
№ 3	1–41	13,9	2,7	10,5
№ 4	1–60	27,4	4,6	19,0
Фон	52–59	55,7	2,0	3,5

Примечание. Все показатели для техногенного песка равны нулю.

На контуре № 4 интенсивность разложения целлюлозы в верхнем рекультивационном слое в 2 раза ниже, чем на фоновом участке, и в среднем оценивалась как «слабая» ближе к «средней». По уровню возрастания целлюлазной активности почвогрунтов изученные контуры можно расположить в следующий ряд: контур № 1 < контур № 3 < контур № 4.

Уровень ферментативной активности в почвогрунтах имел зависимость от уровня загрязнения ТМ, свойств компонентов и технологий, использованных для создания рекультивационного слоя.

Результаты исследования ферментативной активности почвогрунтов показали, что наилучшие положительные эффекты были получены при удалении техногенного песка с последующим созданием плодородного слоя с применением суглинка, органического вещества, удобрений и посева трав. Таким образом, изменение уровня ферментативной активности может служить показателем антропогенного воздействия на почву и наряду с другими показателями позволяет оценить эффективность рекультивационных мероприятий.

#### Список литературы:

- Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М.: МГУ, 1987. 256 с.  
Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.

### **III. Изучение водных объектов и наземных экосистем в условиях изменения климата и антропогенного воздействия в странах БРИКС**

**Water and terrestrial ecosystems  
research under climate change and  
human impact in BRICS member states**



## MOLECULAR INSIGHTS INTO THE BIOLOGICAL LABILITY OF DISSOLVED ORGANIC CARBON IN CYANOBACTERIAL BLOOM-OCCURRING FRESHWATER LAKES

Bai L.<sup>1,2</sup>, Jiang H.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, 210008, China

<sup>2</sup> Key Laboratory of Lake and Watershed Science for Water Security, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China  
llbai@niglas.ac.cn

Dissolved organic matter (DOM) constitutes the largest and the most bioavailable carbon source for heterotrophic microorganisms and plays a crucial role in the carbon cycle, climate change, and self-purification processes in aquatic environments. However, the global incidence and severity of cyanobacterial harmful algal blooms (CyanoHAB) in freshwater ecosystems have expanded during past decades due to anthropogenically induced eutrophication and climate warming. CyanoHAB can induce considerable patchiness in the concentration and biological lability of DOM. Therefore, assessing the lability of CyanoHAB-derived DOM is helpful for a better understanding of biogeochemical processes and ecological functions in freshwater lakes.

Firstly, we developed a laboratory 4-stage plug-flow bioreactor was used to successfully separate the CyanoHAB-derived DOM isolated from the eutrophic Lake Taihu (China) into continuum classes of bioavailable compounds. A combination of new state-of-the-art tools borrowed from analytical chemistry and microbial ecology were used to characterize quantitatively the temporary evolution of DOM and to get deeper insights into its bioavailability. The results showed a total 79% dissolved organic carbon loss over time accompanied by depletion of protein-like fluorescent components, especially the relatively hydrophilic ones. However, hydrophilic humic-like fluorescent components exhibited bioresistant behavior. Consistently, ultrahigh resolution mass spectrometry (FTICR-MS) revealed that smaller, less aromatic, more oxygenated, and nitrogen-rich molecules were preferentially consumed by microorganisms with the production of lipid-like species, whereas recalcitrant molecules were primarily composed of carboxylic-rich alicyclic compounds.

Secondly, microbial analysis showed that preferential assimilation of highly biodegradable structures, including protein-, carbohydrate-, and unsaturated hydrocarbon-like molecules sustained bacterial growth, selected for more diverse microbes, and resulted in greater biodegradation of contaminants (estrogens) compared to less biodegradable molecules (lignin- and tannin-like molecules). The network analysis revealed that DOM molecules distributed in high H/C (protein- and lipid-like molecules) were the main drivers structuring the bacterial community, inducing strong deterministic selection of the community assemblage and upregulating the metabolic capacity for contaminants.

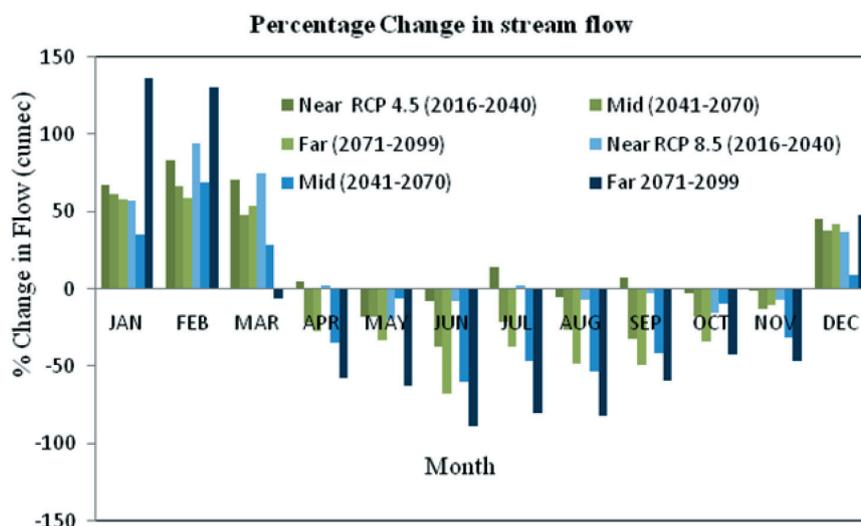
Thirdly, we employed the bioreactor and spectrofluorometric indices to characterize the seasonal variations in DOM composition and lability in Lake Taihu. Autochthonous production in Lake Taihu considerably enriched semi-labile (average of 26%) and biodegradable DOM (average of 34%) during the phytoplankton bloom to post-bloom season (summer and autumn). We further applied partial least squares regression using DOM optical indices as predictive proxies, which generated a great prediction strength for lability ( $R^2 = 0.80$ ). The regression model identified aromaticity ( $SUVA_{254}$ ) as the most effective and negative predictor and low molecular weight ( $A_{250}/A_{365}$ ) as the highly and positively influential factor. These results present an approach to describe and predict DOM lability and provide deeper insights into the carbon pool in eutrophic lakes.

## REGIONAL-SCALE HYDROLOGICAL CHANGES IN RESPONSE TO CLIMATE CHANGE – A CASE STUDY FROM INDIA

Drissia T.K.

Centre for Water Resources Development and Management, Kozhikode, Kerala. 673571. India  
drissia@cwrwm.org

Changes in land use/land cover (LULC) and climate have extensive impacts on the environment, biodiversity, and can contribute to an increase in natural disasters. Acknowledging the gravity of these effects, there is a worldwide urgency to consistently monitor these changes. A regional scale impact analysis was conducted in various river basins of BRICS countries. In Alto Paranapanema Basin, Brazil a decrease of rainfall during wet months and increase during dry months were observed (Hucke et al., 2024). In South Yakutia, Russia, the annual streamflow is more sensitive to precipitation, whereas winter flow is more sensitive to temperature (Wang, Shpakova, 2022). The Yellow River in China is projected to face a reduction in streamflow in May and an increase in July (Zhuang et al., 2023). An increase in streamflow is projected for the Rietspruit sub-basin in South Africa (Banda et al., 2024). Studies on the South western coast of India indicate that the impact of climate change is more prominent than that of LULC change (Sinha et al., 2020, 2023). Similarly, the present study focuses on evaluating the effects of LULC and climate change within Vamanapuram river basin along the southwestern coast of India. Vamanapuram basin, covering an area of 687 km<sup>2</sup>, extends between 8°35' to 8°51' North latitudes and 76°45' to 77°12' East longitudes. For climate analysis, five Global Circulation Models (GCM) from the Coupled Model Inter-comparison Project 5 (CMIP5) – CanESM2, BNU-ESM, CNRM-CM5, MPI-ESM-LR, and MPI-ESM-MR – were utilized. The research employed the Soil Water Assessment Tool (SWAT) to assess the impact of future LULC and climate scenarios. The climate change scenarios considered encompass near-future (2011–2040), mid-future (2041–2070), and far-future (2071–2099) periods under RCP 4.5 and RCP 8.5. Predicted LULC changes involve a decrease in paddy and forest areas, accompanied by an increase in plantation and urban areas. The study indicates that these changes have a relatively minor impact, though deforestation, decrease in agriculture land as well as plantation and urban area expansion from 1990–2018 increases surface runoff at most of the sub-basin in the Vamanapuram basin. Climate change significantly impacts streamflow. Monthly streamflow exhibits a reduction from April to November in both mid and far futures under RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios, compared to the baseline. However, near-future flows show a slight increase due to increased rainfall. From December to March,



Changes in streamflow under various scenarios

there is a rise in streamflow for all scenarios. The variations are slightly more pronounced under RCP 8.5 compared to RCP 4.5. Seasonal analysis indicates a positive flow change in winter for all scenarios, though it diminishes from the near to far future. In summer, near-future flow variations show an increase, while mid and far futures show a decreasing trend. The most significant percentage change occurs in winter, with a decrease in flow by up to 80% compared to the baseline. A regional scale climate change impact analysis is now become an essential phenomenon to develop water resources management.

## References:

*Banda V.D., Dzwairo R.B., Singh S.K., Kanyerere T.* Quantifying the influence of climate change on streamflow of Rietspruit sub-basin, South Africa // *Journal of Water and Climate Change*. 2024. 15 (5): 2282–2308. <https://doi.org/10.2166/wcc.2024.690>.

*Hucke A.T. da S., Menegaz M.N., Isidoro J.M.G.P., Tiezzi R. de O.* Assessment of climate change impacts on rainfall and streamflow in the Alto Paranapanema Basin, Brazil // *Journal of Water and Climate Change*. 2024. 15 (5): 2110–2126. <https://doi.org/10.2166/wcc.2024.549>.

*Sinha R.K., Eldho T.I., Subimal G.* Assessing the impacts of historical and future land use and climate change on the stream flow and sediment yield of a tropical mountainous river basin in South India // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2020. 192, Article number: 679, 1–21.

*Sinha R.K., Eldho T.I., Subimal G.* Assessing the impacts of land use/land cover and climate change on surface runoff of a humid tropical river basin in Western Ghats, India // *International Journal of River Basin Management*. 2023. 21 (2): 141–152.

*Wang P., Shpakova R.N.* Complex streamflow responses to climate warming in five river basins in South Yakutia, Russia // *Frontiers in Environmental Science*. 2022. 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1033943>.

*Zhuang X., Fan Y., Li Y., Wu C.* Evaluation climate change impacts on water resources over the upper reach of the Yellow River Basin // *Water Resources Management*. 2023. 37 (6–7): 2875–2889. <https://doi.org/10.1007/s11269-023-03501-4>.

## SPECIES IDENTIFICATION AND MICROBIAL DIVERSITY OF SPONGES (PORIFERA) OF LAKE TELETSKOYE (WEST SIBERIA)

Itskovich V.<sup>1</sup>, Kaluzhnaya O.<sup>1</sup>, Glyzina O.<sup>1</sup>, Li Z.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia*

<sup>2</sup> *Joint International Research Laboratory of Metabolic & Developmental Sciences, State Key Laboratory of Microbial Metabolism, School of Life Sciences and Biotechnology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, P.R.China*  
*itskovich@mail.ru*

Sponges play an important role in the functioning of benthic communities in both marine and fresh waters. To date, more than 200 species of freshwater sponges have been described, and their taxonomy is being developed on the basis of molecular methods. Lake Teletskoye belongs to the deep-water high-mountain lakes. The lake is included in the World Cultural and Natural Heritage List as one of the 50 deepest lakes in the world.

For the first time, we analyzed the species composition and diversity of microbial community of the sponges of Lake Teletskoye using morphological, molecular barcoding and NGS methods. Samples of sponges were collected at three collection points of Lake Teletskoye: Yailiu N51.768687°, E87.605123°, Chiri cordon N51.360808°, E87.836480°, Kokshy cordon N51.576558°, E87.684447° during expeditions performed in 2021–2022. It was revealed that all collected samples belong to the species *Spongilla lacustris*. Our results show that ITS1 and ITS2 sequences can be useful for studying the phylogeny of freshwater

sponges at the genus and species level, but not at the population level. We do not rule out that more extensive collections will expand our understanding of the biodiversity of Lake Teletskoye sponges. However, even now it can be concluded that the biodiversity of sponges in the lake is low compared to Lake Baikal. The absence of endemic species of sponges in the deep-water Lake Teletskoye, in contrast to Lake Baikal, which has similar ecological conditions for sponges, is probably due to the small geological age of the lake.

Sponges are a complex symbiotic community including bacteria, cyanobacteria, archaea, algae and fungi. 16S rRNA gene sequencing showed that the microbial community of *S. lacustris* from Lake Teletskoye included Proteobacteria, Actinobacteria, Planctomycetes, Bacteroidetes, Cyanobacteria and Verrucomicrobia. A comparative analysis of the composition of the microbial community of *S. lacustris* from Lake Teletskoye and Lake Baikal revealed a number of features associated, probably, with the local habitat conditions of sponges.

We thank Roman Vorobyev and Tatiana Beketova (Altaysky state reserve) for the help with sample collection. This study was carried out in the Large-Scale Research Facilities „Experimental Freshwater Aquarium Complex for Baikal Hydrobionts“. The reported study was funded by State Task no. 0279-2021-0011 and by the RFBR grants no. 20-04-00868 (DNA sequencing).

## INTRODUCTION OF LAKE ICE PHYSICS AND WATER ECOSYSTEM UNDER ICE FROM A CHINESE-GERMAN PROJECT (ICETMP)

Li Z.<sup>1</sup>, Kirillin G.<sup>2</sup>, Wen L.<sup>3</sup>, Huang W.<sup>4</sup>, Zhang Y.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> State Key Laboratory of Coastal and Offshore Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China

<sup>2</sup> Department of Ecohydrology, Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB), Berlin, 12587 Germany

<sup>3</sup> Key Laboratory of Land Surface Process and Climate Change in Cold and Arid Regions, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

<sup>4</sup> Key Laboratory of Subsurface Hydrology and Ecological Effects in Arid Regions (the Ministry of Education), Chang'an University, Xi'an 710054, China

<sup>5</sup> School of Ocean Science and Technology, Dalian University of Technology, Panjin 124221, China  
lizhijun@dlut.edu.cn

An international cooperation program between China MOST and Germany BMBF was set up. The project title is „Ice and Snow Physics and Under-ice Ecological Environment in Typical Highland Lakes in Response to Climate Changes“. Since 2021, the Chinese and German scientists have performed field observations in typical lakes along two lines. One is along the altitude in China, 4 lakes were selected. The sea level is around 2 m at Hanzhang Lake where is a shallow and brackish water lake; the sea level is around 1000 m at Ulansu Lake where is a shallow and fresh water lake; the sea level is around 3200 m in Qinghai Lake where is a deep and brackish water lake and the sea level is around 4300 m in Ngoring Lake where is a deep and fresh water lake. The another is along the latitude from China to Finland, 5 lakes were selected. Chinese Hanzhang Lake is at 40°42'N; Chinese Uliansu Lake is at 41°40'N; German Muggelsee Lake is at 52°26'N; Finnish Pajarvi Lake is at 61°41'N and Finnish Kilpisjarvi Lake is at 69°03'N. The meteorological conditions along the first line cover from humid to arid regions, from high to low pressure, and the cases along the second line are from stronger to softer solar radiation. Through the three winters effort, the research develops the theory of air-ice-water interactions and drives on the ecosystem under ice by using combine technology and suitable data. Around this aim, 17 papers in English were published or exchanged in conferences. These papers were divided in to four items of academic achievements. They are 1: Clarified the large-scale physical processes of „air-ice-water(-mud)“ in typical lakes on the Qinghai Tibet Plateau; 2: Obtained the thermodynamic micro

feedback mechanism of air-ice-water multiple interfaces and the interior of the medium; 3: Constructed the connection between the physical, chemical, and ecological processes of water under ice; and 4: Clarified the ice process and ecological environment change trends of typical lakes and lakes in the Qinghai Tibet Plateau under the global warming climate. What are the design for future international cooperation is given, also.

## WATERSHED PHOSPHORUS CYCLE MANAGEMENT AS AN EFFECTIVE APPROACH FOR GLOBAL PHOSPHORUS SUSTAINABILITY

Liu W.<sup>1,2</sup>, Xie X.<sup>1</sup>, Abakumov E.<sup>2</sup>, Chebykina E.<sup>2</sup>, Wang W.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Key Laboratory of Poyang Lake Environment and Resource Utilization, Ministry of Education, School of Resource and Environment, Nanchang University, Nanchang, China

<sup>2</sup> Department of Applied Ecology, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russian Federation  
LiuW@ncu.edu.cn

The Anthropocene is characterized by profound anthropogenic disturbances to the global biogeochemical cycles, with the global phosphorus (P) cycle experiencing unprecedented changes in both time and space. Over 90% of global phosphate mining is used for fertilizer production. The trade of minerals, phosphate fertilizers, and agricultural products affects global P cycling patterns and local water P balances. The trade processes shift national P resources while reducing local opportunities for P recovery. Inefficient management exacerbates P shortages and pollution under intensive trade. These challenges further highlight the need to consider sustainable P development, especially rethinking how human socio-economic development processes can establish effective strategies for P sustainability. This includes the rational use of P resources and efforts to mitigate or prevent further P-related ecological damage. We attempt to track global P flows and lifecycle assessments over a long time series (1961–2022) due to trade, encompassing P mining, product manufacturing, food processing, residential consumption, waste management, and P emissions. From the perspective of P footprints, we gather redistributed local P loads brought about by global trade. In general, the P cycle in the world is no longer a naturally dominated cycle but significantly influenced by human activities during the flow dynamics between 1961 and 2022. Agricultural intensification and expansion of large-scale livestock farming continue to enhance the P flow in the world. Current global P reserves may be depleted within 50–100 years. Over the past 20 years, the total amount of phosphate rock extracted worldwide has reached 5,000 Mt. This includes about 1,000 Mt of  $P_2O_5$  and 430 Mt of pure elemental P. However, due to losses and transfers during the extraction-to-consumption process, only about 22% of the extracted P is actually used for human food. Over the past half-century, more than 100 Mt of P have entered the global cycle through trade-driven P in products. This means that trade-driven P flows are affecting the P balance in non-producing countries and influencing the redistribution of P loads in local water and soil. The global anthropogenic P load to freshwater systems from both diffuse and point sources is estimated at 1.5 Mt/yr. More than half of this total load was in Asia, followed by Europe (19%) and Latin America and the Caribbean (13%). The domestic sector contributed 54% to the total, agriculture 38%, and industry 8%. In agriculture, cereal production had the largest contribution to the P load (31%), followed by fruits, vegetables, and oil crops, each contributing 15%. Overall, the P cycle shows a history of inefficiency and loss, but also many opportunities for improvements that could lead to a much more sustainable situation going forward. We believe that to address the issues of P resource and P pollution redistribution under the influence of global trade, watershed or regional P cycle management may be a strategy worth considering at the national level. The watershed P management facilitated our understanding of how P flows direct the watershed P cycle. Closing the global P cycle and redirecting watershed P cycling are of great significance in alleviating the extraction of mineral P and ensuring regional food production.

## WARMING IN THE WESTERN PART OF THE RUSSIAN ARCTIC ACCORDING TO THE DATA OF ERA5 REANALYSIS AND CMIP6 MODELS

Tolstikov A.V.<sup>1</sup>, Serykh I.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Northern Water Problems Institute of Karelian Research Centre of RAS, Petrozavodsk, Russia

<sup>2</sup> Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow, Russia  
alexeytolstikov@mail.ru

Monthly mean surface air temperature (SAT) data from the fifth-generation global climate and weather reanalysis of the European Centre for Medium-Term Weather Forecasts (ECMWF ERA5) on a  $0.25 \times 0.25^\circ$  grid for 1940–2023, and data from six weather stations in the western Russian Arctic region ( $60\text{--}80^\circ\text{N}$ ,  $30\text{--}90^\circ\text{E}$ ) were used to investigate the changes that occurred. The proposed area has been studied by us before (Serykh, Tolstikov, 2021, 2022). Changes in the obtained time series were evaluated using differences of mean values for 30-year periods.

The results of model experiments of the sixth stage of the Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6) were used to analyze the past and possible future changes in SAT. To test how well the models reproduce the past changes in SAT, the results of the Historical experiment, which includes forcing from historical changes in greenhouse gas concentrations, solar activity and volcanic eruptions, are used.

Different scenarios of future greenhouse gas emissions (Shared Socio-economic Pathways – SSPs) lead to different radiation exposure by the end of the 21st century. The scenarios SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 and SSP5-8.5 were selected, covering a wide range of uncertainties in future socio-economic and radiation exposure trajectories. To obtain average SAT fields across the 33 CMIP6 models, the results of each model were preliminarily linearly interpolated onto a single  $1 \times 1^\circ$ . The average SAT of the western Russian Arctic changed unevenly during 1940–2023. Thus, during approximately 1940–1980 it was on average practically constant. Approximately 1980–2000 there was an increase in SAT, which then in 2000–2023 accelerated significantly. Round dates are specifically indicated to emphasize the approximate boundaries between the selected periods, which are strongly influenced by interannual SAT variability. It can be assumed that at the turn of the 20th and 21st centuries, significant changes occurred in the climatic system of the western part of the Russian Arctic, i.e., the transition to a new climate phase, which resulted in a rapid increase in the SAT.

Thus, according to the results of experiments in the regions of the western part of the Russian Arctic ( $60\text{--}80^\circ\text{N}$ ,  $30\text{--}90^\circ\text{E}$ ), the SAT increased by  $2\text{--}4^\circ\text{C}$  from the 1970s to 2023. The warming was most noticeable in the White and Kara Seas, in the north and east of the Barents Sea. The ERA5 reanalysis data and all six weather stations are in good agreement with each other. CMIP6 models, depending on the greenhouse gas emissions scenario, predict an increase in the temperature of the western part of the Russian Arctic by the end of the 21st century from  $2\text{--}4^\circ\text{C}$  to  $6\text{--}10^\circ\text{C}$ , with a stronger increase in the north of the study region (Serykh, Tolstikov, 2024).

### References:

Serykh I.V., Tolstikov A.V. Climate change in the western part of the Russian Arctic in 1980–2021. Part 1. Air temperature, precipitation, wind // Problemy Arktiki i Antarktiki. 2022. 68 (3): 258–277. doi: 10.30758/0555-2648-2022-68-3-258-277 (In Russian).

Serykh I.V., Tolstikov A.V. Climate change in the western part of the Russian Arctic in 1980–2021. Part 2. Soil temperature, snow, humidity // Problemy Arktiki i Antarktiki. 2022. 68 (4): 352–369. doi: 10.30758/0555-2648-2022-68-4-352-369 (In Russian).

Serykh I.V., Tolstikov A.V. Climatic changes of air temperature in the western part of the Russian Arctic in 1940–2099 according to ERA5 data and CMIP6 models // Arctic: Ecology and Economy. 2024. 14 (3) (In Russian) (In press).

## THE IMPACT OF SALINITY, EUTROPHICATION AND CLIMATE CHANGE ON AQUATIC ECOSYSTEMS FUNCTIONING AND PROVISION OF ECOSYSTEM SERVICES IN VARIOUS NATURAL ZONES

Zadereev E.<sup>1</sup>, Afonina E.<sup>2</sup>, Ajayan A.<sup>3</sup>, Barbosa L.<sup>4</sup>, Jin H.<sup>5</sup>, Krishnan A.K.<sup>6</sup>, Wang Y.<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Krasnoyarsk Research Center SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup> Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Chita, Russia

<sup>3</sup> Ecology and Environment Centre for Innovation in Science (CISSA), Thiruvananthapuram, India

<sup>4</sup> Limnology Laboratory, Federal University of Paraiba, Areia, Brazil

<sup>5</sup> Department of Ecology and Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou, China

<sup>6</sup> National Centre for Earth Science Studies, Trivandrum, India

<sup>7</sup> College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai, China

egor@ibp.ru

Inland aquatic ecosystems have important ecological, socio-economic, cultural and historical significance. The valuable ecosystem services provided by aquatic ecosystems are not only maintaining water quality and providing human needs for it, providing biological resources (fish and others), recreational and cultural services, but also supporting biodiversity, controlling local microclimate and weather, regulation of water flow and floods, and others. At the same time, the ability of aquatic ecosystems to contribute to the human well-being is determined by their functioning and the specific response of water bodies to external and internal factors.

Freshwater salinization has become a pressing problem (Cunillera-Montcusí et al., 2022) for inland waters around the world. In different regions of the planet, the causes of freshwater salinization, as well as the reactions of ecosystems to changes in salinity, vary. At the same time, an increase in the concentration of dissolved ions is rarely the only stress factor for the ecosystem. Most often, inland water bodies are also subject to eutrophication, which can be considered one of the most pressing global environmental problems of the last century (Smith, Schindler, 2009). Currently, changes in the functioning of aquatic ecosystems under the effect of global warming are becoming particularly acute. Its consequences for aquatic ecosystems of different latitudes vary, but in the most general form, the response of aquatic ecosystems is expressed in changing water quantity and quality, food provisioning, recreational opportunities and transportation (Woolway et al., 2020).

The impact of these factors (salinization, eutrophication and climate change) is global in nature but has regional peculiarities. Regional features are associated with differences in the response of ecosystems to stress factors in different climatic and ecological zones, and differences in the importance of ecosystem services for the local populations. The inland waters of the BRICS countries are located in different ecological and climatic zones and cover wide temperature, humidity and geographical ranges. The importance of inland water bodies, efforts to maintain water quality and the socio-economic, cultural and environmental uses of water bodies vary across BRICS regions. To understand how aquatic ecosystems will respond to the effect of these three factors, what will be the regional and global consequences of these responses for the water quality and the ability of water bodies to provide ecosystem services, what environmental management strategies will be most optimal in different natural and climatic conditions zones require coordinated socio-ecological and ecosystem research.

### References:

Cunillera-Montcusí D., Beklioglu M., Cañedo-Argüelles M. et al. Freshwater salinisation: a research agenda for a saltier world // *Trends in Ecology & Evolution*. 2022. 37 (5): 440–453.

Smith V.H., Schindler D.W. Eutrophication science: where do we go from here? // *Trends in ecology & evolution*. 2009. 24 (4): 201–207.

Woolway R.I., Kraemer B.M., Lenters J.D. et al. Global lake responses to climate change // *Nature Reviews Earth & Environment*. 2020. 1 (8): 388–403.

## CLIMATIC VARIABILITY OF ARCTIC, TEMPERATE AND ARID ZONE LAKES ICE REGIME

Zdorovennova G.E.<sup>1</sup>, Efremova T.V.<sup>1</sup>, Novikova I.S.<sup>1</sup>, Erina O.N.<sup>2</sup>, Denisov D.B.<sup>3</sup>, Fedorova I.V.<sup>4</sup>, Sokolov D.I.<sup>2</sup>, Palshin N.I.<sup>1</sup>, Smirnov S.I.<sup>1</sup>, Bogdanov S.R.<sup>1</sup>, Zdorovennov R.E.<sup>1</sup>, Huang W.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Northern Water Problems Institute of the KarRC RAS, Petrozavodsk, Russia

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Institute of North Industrial Ecology Problems, KSC RA Science, Apatity, Russia

<sup>4</sup> Institute of Botany after A. Takhtajyan NAS RA, Yerevan, Republic of Armenia

<sup>5</sup> School of Water and Environment, Chang'an University, Xi'an, China

*zdorovennova@gmail.com; huangwenfeng@chd.edu.cn*

Changes in the ice regime of lakes associated with climate change have an impact on economic activity and human safety, on biological and hydrophysical processes in lakes, which increases the relevance of their study. Climate warming is reflected in changes of the ice regime of lakes in arctic, temperate and arid zones. An increase in air temperature and precipitation are observed in the cold half of the year and reflected not only in the shortening of ice period, and reduction in ice thickness, but also in the changes of ice composition (the ratio of black, white ice, and slush), optical properties of the snow-ice cover, and the hydrophysical and biological processes, which depend on the fluxes of solar radiation penetrating under the ice (development of phytoplankton, radiatively-driven convection, melting of ice, etc.). Mainly, the noticeably lower transparency and higher albedo of white ice and slush is responsible for these changes.

Increase in air temperature and precipitation have a critical effect on ice duration and snow-ice cover composition. As for air temperature, three points are important: (1) the period with negative air temperature decreases, when ice formation is possible, (2) the number of thaws in winter increases, and (3) the number of frosty days (with air temperature below  $-10$ – $-20$  °C) decreases. In recent years, some regions have been characterized by heavy snowfalls, when a month's worth of precipitation can fall in 1–2 days. Heavy snowfall in early-winter effectively isolates black ice from thermal interaction with the atmosphere, and the growth of black ice slows down. If black ice cracks under the weight of snow and lake water comes out onto its surface, then the probability of black ice growth in the following winter decreases sharply. The reduction of frost days and the increase in the frequency of thaws reduce the possibility of increasing the thickness of black ice and contribute to the growth of white ice during the winter.

We study the ice regime and ice composition changes in arctic and temperate lakes located in the Kola Peninsula, Karelia and Moscow region in Russia, and lakes of arid zones in Armenia, and Inner Mongolia in China. This study was inspired by Ice Blitz campaign 2020–2021 of GLEON (Global Lake Ecological Observatory Network). According to Monchegorsk and Apatitovaya weather stations (WS) on Kola Peninsula, Petrozavodsk and Sortavala WSs in Karelia, Mozhaysk WS in Moscow region, and Yerevan WS near Lake Sevan in Armenia revealed a statistically significant increase in the number of thaws during the winter, a decrease in the number of frosty days, as well as a change in the precipitation pattern in the winter months in 1950–2023. Similar long-term changes in thaw and frosty days and an increase in winter precipitation were also evident in Inner Mongolia in 1960–2020. It was shown that against the background of regional climatic variability, the conditions of ice formation in temperate lakes and lakes of arid zones change during the winter. Long-term study on Lake Vendyurskoe (Karelia) in 1995–2024 and on Mozhaisk Reservoir in 1971–2024 revealed a strong inverse relationship between the thickness of black ice and the amount of precipitation in the first month of ice period. But in the study region of China (a typical arid and semi-arid region), very little winter precipitation (usually less than 10 mm) cannot bring about the slush and snow-ice. Given the important role of white ice and slush in biological and hydrophysical processes in ice-covered lakes, the relevance of studying changes in ice formation during winter increases. Research will be continued in terms of developing ice models.

## МОРСКИЕ КАРБОНОВЫЕ ПОЛИГОНЫ КАК ПЛОЩАДКА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В РОССИИ

Ветрова М.А., Лобанова П.В.

*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия  
p.lobanova@spbu.ru; m.a.vetrova@spbu.ru*

По данным Emissions Database for Global Atmospheric Research на долю России приходится около 5% от суммарного количества выборов CO<sub>2</sub> в мире. С 2015 г. она стабильно остается на четвертом месте. Как показывают современные исследования, декарбонизация производственно-технологических процессов и развитие низкоуглеродной энергетики не всегда экономически эффективно, поэтому развитие технологий природноклиматических проектов обладает сегодня особой актуальностью. С 2021 г. «для реализации мер контроля климатических активных газов с участием университетов и научных организаций» в различных экосистемах России действует проект «Карбоновые полигоны». В российском реестре углеродных единиц зарегистрировано четыре природноклиматических проекта на базе наземных экосистем, однако технологии на основе морских экосистем все еще не задействованы в реализации климатических проектов в РФ, вместе с тем их потенциал секвестрации и запаса CO<sub>2</sub> в сотни раз больше, чем у наземных экосистем. В связи с этим целью данной работы является краткий обзор потенциальных и коммерциализируемых технологий поглощения климатически активных газов на базе морских экосистем и анализ научно-исследовательской деятельности, ведущейся на морских площадках карбоновых полигонов РФ в целях реализации климатических проектов. Известно, что Мировой океан поглощает около 25% антропогенного углекислого газа, что делает его важным звеном в глобальном биолого-техническом круговороте углерода. Поэтому в мире разрабатываются и осуществляются климатические проекты на базе технологий поглощения парниковых газов Мировым океаном, среди которых выделяются: внесение железа, азота или фосфора, искусственный апвеллинг и даунвеллинг, выращивание морских водорослей, восстановление океанических и прибрежных экосистем, включая крупные морские организмы, повышение щелочности океана, электрохимические подходы CDR океана, CCS технологии.

В России на данный момент существуют четыре действующие морские площадки проекта «Карбоновые полигоны», расположенные в Черном, Балтийском, Охотском и Японском морях. Каждая из них обладает своей природной спецификой, определяющей потоки парниковых газов. Так, например, прибрежные воды Дальневосточных морей обильно заселяют макроводоросли, выбрасываемые штормами на берег, в результате чего образуются водорослевые маты, которые, наоборот, могут быть источником парниковых газов для атмосферы. Поэтому развитие водорослевых ферм, сбор штормовых выбросов и производство биоугля позволяет увеличить секвестрацию углерода на Дальнем Востоке. Балтийское море благодаря высокой эвтрофикации большую часть года остается поглотителем CO<sub>2</sub>, здесь наблюдаются максимальные скорости секвестрации углерода морем за счет фотосинтеза микро- и макрорастений. Но при обильном разложении микроводорослей в поверхностном слое поток CO<sub>2</sub> может изменить знак. Кроме того, на дне моря встречаются газоносные илы, сопровождаемые метановыми аномалиями в придонном слое. Особенностью Черного моря является наличие и обильное «цветение» специфического вида фитопланктона, который в процессе своей жизнедеятельности формирует известковый скелет, что, в свою очередь, дает возможность разрабатывать соответствующие технологии секвестрации углерода, подразумевающие трансформацию углерода из газообразной формы в твердую и «захоронение» в осадках на дне моря.

Таким образом, с учетом специфики морских экосистем, в рамках проекта «Карбоновые полигоны» разрабатываются регионально адаптированные технологии секвестрации углерода в интересах достижения углеродной нейтральности РФ, которые при этом будут обладать экономической эффективностью, в том числе за счет сопутствующих хозяйственных процессов.

## ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕК БАССЕЙНА СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

**Коваленко А.А.**

*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия  
ФГБУ «Гидрохимический институт», г. Ростов-на-Дону, Россия  
arinaa.kov@gmail.com*

В бассейне Северной Двины спектр антропогенных факторов, воздействующих на поверхностные воды, достаточно широк. Среди основных источников, оказывающих значительное влияние на состояние речных вод в бассейне Северной Двины, следует отметить предприятия судостроения, теплоэлектростанции и целлюлозно-бумажные комбинаты (ЦБК), расположенные в районах крупных городов (Котласский, Архангельский и Соломбальский ЦБК и др.), водный транспорт и др. (Reshetnyak et al., 2018). Все это обуславливает изменчивость гидрохимического режима р. Северной Двины и ее притоков.

Исследование проведено на основе многолетних данных наблюдательной сети Росгидромета о расходах воды и концентрациях главных ионов в воде за период с 1990 по 2017 г. Объекты исследования – отдельные участки р. Северной Двины и ее притоков, таких рек, как Вага, Вымь, Вычегда, Луза, Пинега, Сухона, Сысола и Юг.

Реки бассейна Северной Двины относятся к рекам восточноевропейского типа гидрологического режима с высоким весенним половодьем, питание – смешанное, с преобладанием снегового. Среднегодовое водное стока рек варьируется от 3,5–4,0 км<sup>3</sup> (р. Сысола, п. Первомайский; р. Сухона, г. Сокол; р. Вага, г. Вельск; р. Юг, п. Подосиновец) до 103 км<sup>3</sup> (р. Северная Двина, с. Усть-Пинега). Изучаемые участки рек преимущественно имеют гидрокарбонатно-кальциевый состав, за исключением р. Вымь (с. Весляна), воды которой относятся к сульфатно-кальциевым. Основными факторами формирования ионного стока являются естественные процессы выветривания пород, обогащенных карбонатами и гидрокарбонатами кальция и магния, а также процессы растворения сульфатных пород и окисления сульфидов в составе залегающих горных пород (Алекин, 1953).

Минерализация воды рек бассейна Северной Двины варьируется от 93 мг/л (р. Сысола) до 339 мг/л (р. Вымь), а для большинства участков рек составляет 156–260 мг/л. Среднегодовая концентрация хлоридов изменяется от 2,14 (р. Сысола, п. Первомайский) до 8,04 мг/л (р. Сухона, г. Тотма), сульфатов – от 8,33 (р. Сысола, п. Первомайский) до 146 мг/л (р. Вымь, с. Весляна), гидрокарбонатов – от 59,1 (р. Сысола, п. Первомайский) до 142 мг/л (р. Вага, д. Леховская), ионов кальция – от 14,9 (р. Сысола, п. Первомайский) до 76,0 мг/л (р. Вымь, с. Весляна). На основе корреляционного анализа выявлены статистически значимые тенденции изменения концентраций сульфатов: возрастающий тренд для участков р. Сухоны (при  $r = +0,67$  у г. Тотма,  $r = +0,55$  у г. Великий Устюг,  $r = +0,67$  у г. Сокол) и убывающий – для участка р. Сысолы, п. Первомайский ( $r = -0,57$ ). Обнаруженная корреляционная связь характеризуется как тесная.

Результаты исследования могут быть использованы для оценки изменчивости ионного стока рек, антропогенной нагрузки, качества воды на участках рек, а также для прогнозной оценки ионного стока и его возможного влияния на гидрохимический режим прибрежных морских акваторий Белого моря.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00366, <https://rscf.ru/project/24-27-00366>.

### Список литературы:

- Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1953. 296 с.  
*Reshetnyak O.S., Reshetnyak V.N., Vlasov K.G., Myagkova K.G.* Long-Term Dynamics of the River Water Quality in the Northern Dvina Basin (Northwestern Russia) // Water Resources. 2018. 45 (2): 93–98.

## ОСОБЕННОСТИ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СТОЧНЫХ И ПРИРОДНЫХ ВОД СОЧИНСКОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

Козлова Т.А.<sup>1,2</sup>, Горбунова Т.Л.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт природно-технических систем, г. Сочи, Россия

<sup>2</sup> Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Россия

k\_tatiana15@yahoo.com

По результатам исследований ряда водоемов Сочинского Причерноморья, проведенных в течение пяти последних лет, были определены доминантные виды по трем царствам (бактерии, растения, животные). Царство бактерий оценивалось по отряду цианобактерий, где определены два доминантных рода пресноводных водоемов и эстуариев (*Spirulina* sp., *Mychonastetea* sp.) и два вида морских сообществ (*Microcystis* sp., *Oscillatoria* sp.). Царство растений оценивалось по видам микроводорослей и представлено обычно тремя-шестью доминантными видами, в зависимости от типа водоема и времени года. В холодноводных водоемах с быстрым течением доминантным и зачастую единственным классом микроводорослей были диатомовые (*Cymbella* sp., *Didymosphenia geminate*, *Gomphonema* sp.). В прибрежных, обычно хорошо прогреваемых водоемах с тихим течением и эстуариях преобладают зеленые водоросли (отряд Chlorophyta) с доминированием родов *Chlorella* и *Scenedesmus*. Прибрежные воды Черного моря представлены доминантными видами динофлагеллят (*Gymnodinium* sp., *Prorocentrum* sp.) и морских диатомовых (*Pseudo-nitzschia* sp., *Chaetoceros* sp., *Pseudosolenia* sp.). Доминантными видами царства животных были представители планктонных и бентосных ракообразных (Crustacean: *Cyclops* sp., *Diatomus* sp., *Gammarus* sp.) и червей (Rotifera: *Brachionus* sp., *Notholca* sp., *Keratella* sp.). Надо отметить, что доминантность цианобактерий и морских микроводорослей была менее стабильной, чем организмов других царств, и значительно зависела от времени года и температурного режима водоема.

Выделенные природные виды *Daphnia magna* и *Cyclops vicinus* после адаптации к лабораторным условиям (брали второе и третье поколение) показали большую чувствительность к растворенным токсикантам, чем лабораторные культуры, на сточных водах одного и того же предприятия. *Daphnia magna*, и выделенная из природы, и лабораторная, была в 2–3 раза чувствительнее *Cyclops vicinus*. Более высокая чувствительность *Daphnia magna* по сравнению с *Cyclops vicinus* описана ранее на гербицидах рисовых полей (Gustinasari et al., 2020) и на тяжелых металлах (Offem, Ayotunde, 2008). Разница в чувствительности к токсикантам лабораторных и природных видов планктона также была отмечена ранее (Persoone et al., 2009; Miah et al., 2013). Однако такой фактор, как чувствительность видов к токсикантам в водоемах с различной соленостью (особенно с нестабильной соленостью), крайне мало изучен. Для подтверждения полученных результатов необходимо провести больше экспериментов на нескольких видах токсикантов.

### Список литературы:

Gustinasari K., Sługocki L., Czerniawski R., Pandebesie E.S., Hermana J. // Toxicol Res. 2020. 27; 37 (2): 197–207. doi: 10.1007/s43188-020-00054-1. PMID: 33868977; PMCID: PMC8007680.

Miah F., Roy S., Jinnat E., Khan Z. // American Internat J. Res in Formal, Applied & Natural Sci. 2013. 308: 1–7.

Offem B.O., Ayotunde E.O. // Water, Air, and Soil Pollution. 2008. 192 (1–4): 39–46.

Persoone G., Baudo R., Cotman M. et al. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. 2009. 393. 29 p.

## ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ И ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА НА ЦИМЛЯНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Косолапов А.Е.<sup>1</sup>, Беляев А.И.<sup>2</sup>, Федоров Ю.А.<sup>1,3</sup>, Гарькуша Д.Н.<sup>1,3</sup>, Усова Е.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup> Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград, Россия

<sup>3</sup> Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия  
chimanalit@inbox.ru

В 2024 г. на базе Российского научно-исследовательского института комплексного использования и охраны водных ресурсов и Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН начал функционировать водный карбоновый полигон «Цимлянское водохранилище». Целями создания карбонового полигона являются получение новых экспериментальных данных о пространственной и временной изменчивости потоков климатически активных (парниковых) газов ( $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ ) между поверхностью пресноводного водоема и атмосферой в степной зоне юга европейской части России; изучение динамики баланса органического и неорганического углерода в водах водохранилища; установление чувствительности потоков  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  к изменению условий внешней среды.

Основными планируемыми результатами реализации Программы создания и функционирования «Карбонового полигона Цимлянское водохранилище» являются технологии организации и проведения мониторинга секвестрационного и эмиссионного потенциала Цимлянского водохранилища, а также рекомендации по проведению комплекса мероприятий по контролю поглощения и эмиссии  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  водной поверхностью водохранилища и его прибрежными территориями, с возможностью их последующей адаптации для других крупных водохранилищ, расположенных в степной зоне России.

К настоящему времени на «Карбоновом полигоне Цимлянское водохранилище» организован и осуществляется мониторинг, характеризующийся оптимальным расположением станций наблюдения и периодичностью измерений эмиссии и поглощения  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  и основных гидрометеорологических, гидродинамических и гидрохимических показателей (Гарькуша и др., 2024; Гречушникова и др., 2024; Федоров и др., 2024); адаптированы к условиям Цимлянского водохранилища технологии измерения эмиссии и поглощения  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  водной поверхностью; в различные гидрологические фазы (весеннее перемешивание, пик половодья, летняя стратификация) проводятся водные и наземные экспедиции, в ходе которых выполнено изучение пространственно-временной изменчивости концентраций, потоков и стоков  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$ , а также элементов углеродного баланса в водохранилище и их связи с изучаемыми гидрометеорологическими, гидродинамическими и гидрохимическими показателями; создается геоинформационная система «Карбоновый полигон Цимлянское водохранилище» для хранения и отображения полученных данных.

### Список литературы:

Гарькуша Д.Н., Фёдоров Ю.А., Косолапов А.Е., Усова Е.В., Анпилова Е.Л. Анализ факторов формирования концентраций и эмиссионных потоков метана в водохранилищах // Антропогенная трансформация природной среды. 2024. Т. 10, № 1. С. 37–50.

Гречушникова М.Г., Репина И.А., Казанцев В.С., Усова Е.В., Верещагин М.А., Анпилова Е.Л. Первые результаты изучения пространственно-временной изменчивости содержания и эмиссии метана в Цимлянском водохранилище // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2024. № 2. С. 80–100.

Фёдоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Косолапов А.Е., Усова Е.В., Анпилова Е.Л., Верещагин М.А., Беляев А.И. Искусственные водоемы как очаги метаногенеза (на примере Цимлянского водохранилища) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2024. № 3.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В ВОДАХ КАРСКОГО МОРЯ С УЧЕТОМ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Крашенинникова С.Б., Ли Р.И., Сысоев А.А., Миронов О.А., Сысоева И.В., Горбунов Р.В.

ФИЦ Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН  
svetlanabk\_fmeco@ibss-ras.ru

Исследование видового состава и количественных показателей фитопланктона в водах Карского моря в условиях изменения абиотических факторов среды является весьма важной задачей. Эти исследования позволяют отслеживать экологическую обстановку региона и давать оценку биопродуктивности вод. Привлечение современных данных спутниковых наблюдений и реанализов позволяет на новом качественном уровне оценить трофность и описывать гидрологическую структуру вод акватории на сезонном масштабе.

Цель работы: исследовать особенности распределения показателей фитопланктона с учетом гидрологических, гидрооптических и химических факторов среды в водах Карского моря на основе использования данных измерений, спутниковых наблюдений и реанализа.

В настоящей работе на основе данных измерений 89-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш», а также спутниковых данных (<http://www.globcolour.info>) с разрешением 4 км и реанализа GLORYS12v1 (<http://marine.copernicus.eu>) с разрешением  $1/12^\circ \times 1/12$  исследована гидрологическая структура и оценена биопродуктивность вод Карского моря в сентябре 2022 г.

На основе корреляционного анализа установлены положительные связи между численностью и биомассой фитопланктона ( $r = 0,87$ ), концентрацией хлорофилла  $a$  ( $r = 0,62$ ). Выявлена положительная связь концентрации хлорофилла  $a$  с потенциальной температурой ( $r = 0,63$ ), мутностью ( $r = 0,62$ ), отрицательная – с соленостью ( $r = -0,67$ ). Значимой связи биологических параметров с распределением концентрации углеводов не установлено.

Оценена трофность вод района исследования. Показано, что воды Карского моря были мезотрофными в сентябре 2022 г. Средняя концентрация хлорофилла  $a$  в районе исследования достигала  $0,48 \pm 0,18$  мкг/л. По спутниковым данным получены значения концентрации хлорофилла  $a$  в 2 раза выше.

Максимальные значения биомассы (1500 мкг/л), численности (0,8 млн кл/л) фитопланктона и концентрации хлорофилла  $a$  (0,7 мкг/л) обнаружены в районе северной части акватории п-ова Ямал. В районе Карского моря выявлено 122 таксона микроводорослей 8 отделов: Miozoa (динофитовые) – 59%, Bacillariophyta – 25%, Naptophyta – 6%, Chlorophyta – 3%, Ochrophyta – 3%, Cercozoa – 2%, Cryptista – 1%, Euglenozoa – 1%.

На основе анализа концентрации хлорофилла  $a$  и АТФ микропланктона и рассчитанного гетеротрофно-фотоавтотрофного индекса были определены стадии зрелости фитопланктонного сообщества. В акваториях п-ова Ямал и Байдарацкой губы выявлено смешанное сообщество (диатомовые и динофитовые), в прибрежной акватории Новая Земля – развитое сообщество (динофитовые).

Установлена одинаковая роль травянистых и древесных растений в формировании углеводов (АУВ) поверхностных вод акватории на основе расчета диагностических индексов. В месте впадения рек в акватории Байдарацкой губы обнаружено превышение установленных нормативов по АУВ.

Авторы выражают благодарность начальнику экспедиции 89-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» к.г.-м.н. Кравчишиной М.Д. (ИО РАН) и всему научному составу и экипажу судна за помощь в получении данных.

Работа выполнена по темам государственного задания ФИЦ ИнБЮМ (№ 124030100137-6, 124030100127-7).

## ТОКСИЧНЫЙ ПЛАНКТОН В БЕЛОМ МОРЕ

Лаврентьев П.Я., Халаман В.В.

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия  
Peter.Lavrentyev@zin.ru

Токсичный планктон представляет собой реальную угрозу для здоровья и хозяйственной деятельности человека, связанной с рыбной промышленностью и марикультурой. В морских экосистемах токсичные «цветения» вызываются несколькими группами одноклеточных эукариот. В первую очередь, это динофлагелляты и диатомеи. Так называемые «красные приливы», где токсичный планктон достигает огромных концентраций, вызывающих типичное окрашивание поверхностных вод, характерны для прибрежных морских вод низких и умеренных широт. Эти приливы наблюдаются на побережье всех стран БРИКС, включая российский Дальний Восток. В связи с изменением климата увеличивается вероятность возникновения подобных явлений и в аркто-бореальных водах. Наглядной иллюстрацией является недавнее «цветение» токсичной динофлагелляты *Alexandrium catenella* в Беринговом проливе (Fachon et al., 2024).

В Белом море встречается целый ряд видов планктона, способных производить токсины. Среди них динофлагелляты рода *Dinophysis* являются доминантными в Кандалакшском заливе и Центральном бассейне Белого моря (Ильяш и др., 2003). Они могут выделять токсичные метаболиты, включая окадаиковую кислоту и ее аналоги, динофизистоксин-1 и -2 и пектенотоксин. Эти вещества биоаккумулируются в тканях организмов-фильтраторов (например, в мидиях), а также в копеподах, которые являются важной составной частью диеты многих промысловых рыб, включая сельдь. Поэтому даже при относительно невысокой концентрации динофлагеллят в толще воды (>200 клеток/л) концентрация токсинов в тканях их потребителей может достичь опасного уровня. Риск биоаккумуляции токсинов значительно увеличивается при концентрации >1000 клеток/л и считается «цветением» (Voivin-Rioux et al., 2022).

В июле 2022 г. концентрация *D. norvegica* в проливе Глубокая Салма (Кандалакшский залив Белого моря) превысила 2000 клеток/л. Это на порядок больше, чем их фоновая концентрация в летний период. При этом динофлагелляты удвоили свою концентрацию за сутки в ходе инкубации с добавкой биогенов. На Беломорском побережье хорошо известны случаи отравления населения сельдью в летний период. Токсичные полиэферы, выделяемые динофлагеллятами, ингибируют критически важные пищеварительные ферменты, белковые фосфатазы 1 и 2А, которые дефосфорилируют некоторые аминокислоты в клетках кишечника. Поглощение моллюсков или рыбы, содержащей более 0,2 мкг/г этих токсинов, вызывает острое пищевое отравление, сопровождающееся поносом, тошнотой, рвотой и болями в животе.

Таким образом, токсичный планктон в Белом море может достигать концентраций, вызывающих опасение, особенно в связи с потеплением климата. Вместе с тем в настоящее время данная проблема в Субарктическом и Арктическом регионах остается крайне малоизученной. Факторы, контролирующие популяционную динамику токсического планктона, эффекты на морскую биоту и человека должны быть детально исследованы.

### Список литературы:

- Ильяш Л.В. и др. Фитопланктон Белого моря. М.: Янус-К, 2003. 167 с.  
Voivin-Rioux A. et al. // Harmful Algae. 2022. 112. doi: 10.1016/j.hal.2022.102183.  
Fachon E. et al. // Limnology and Oceanography Letters. 2024. doi: 10.1002/lo12.10421.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПУЛОВ УГЛЕРОДА И ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

Лукина Ю.Н., Зобков М.Б., Здоровеннов Р.Э., Белкина Н.А., Здоровеннова Г.Э., Калинин Н.М., Потахин М.С., Толстиков А.В., Пальшин Н.И., Богданов С.Р., Смирнов С.И., Новикова Ю.Н., Морозова И.В., Коновалов Д.С., Гатальская Е.В., Мясникова Н.А., Макарова Е.М., Теканова Е.В., Бородулина Г.С., Зобкова М.В., Сярки М.Т., Сластина Ю.Л., Богданова М.С.

*Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия  
jlukina@list.ru*

В рамках реализации проекта по развитию инфраструктуры для оценки пулов и потоков углерода в водных экосистемах бореальной зоны европейского Севера России в 2024 г. начаты рекогносцировочные исследования модельных водных объектов на территории интенсивного полигона первого типа «Кивач». Сформирована сеть станций наблюдений на водных объектах оз. Чудесная ламба, р. Сандалка, руч. Чечкин, отработана методика мониторинга латерального стока углерода в гидрографическую сеть, включающая регулярные измерения гидрологических параметров, гидрохимических показателей, исследования физических параметров водной среды и физико-химических параметров донных отложений. Составлена морфометрическая характеристика водных объектов и выполнены расчеты расходов воды для определения выноса углерода с речным стоком. Обоснованы методы количественной оценки эмиссии углерода ( $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$ ) с поверхности озера на основе расчета потоков газа через поверхность. Показано, что поток газа зависит, в основном, от двух факторов: градиента концентрации на границе вода – воздух и параметров турбулентности в поверхностном слое воды. Установлено оборудование для гидрофизических измерений, включая метеостанцию, автономные станции для измерения температуры воды, содержания растворенного кислорода и скоростей течений. Разработаны авторские конструкции ловушек для наблюдения за скоростью накопления осадочного вещества и выполнены эксперименты определения эмиссии парниковых газов из донных отложений в воду оз. Чудесная ламба и из воды в атмосферу. Выполнены рекогносцировочные маршруты с целью обнаружения естественных выходов подземных вод (родников) и буровые работы для установления уровня подземных вод в пределах пробных площадок. Определен состав грунтов, установлена глубина залегания грунтовых вод, выполнена характеристика гидрогеологических условий и химического состава подземной воды на территории водосбора оз. Чудесная ламба. Данные послужат основой для оценки доли подземного углеродного стока с водосборной территории. Получены новые данные об изменении химического состава воды модельных водных объектов в период перехода от зимней к летней межени. Определен химический состав воды в разные сезоны (минерализация, газовый состав, рН, органическое вещество и биогенные элементы). Установлены высокие концентрации углекислого газа в воде озера и водотоков в период ледостава (в оз. Чудесная ламба достигают 19,5 мг/л), двукратное снижение которых наблюдается после разрушения ледового покрова (в мае). Выявлена динамика содержания общего углерода в водотоках (р. Сандалка, руч. Чечкин), максимальные значения которого отмечены в период зимней и начала летней межени. Выполнены оценка скорости бактериального дыхания, определение функциональных характеристик планктона (фотосинтеза и дыхания), количественный учет гетеротрофного и сапрофитного бактериопланктона. Установлено, что во внутриводоемном пополнении озера углекислым газом ведущая роль принадлежит бактериопланктону, который определяет интенсивно идущие процессы деструкции органического вещества. Все выбранные для исследования водные объекты существенно различаются по химическому составу воды и гидрохимическому режиму, что позволит в дальнейшем дать оценку латерального стока углерода на исследуемом водосборе.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ММБИ РАН ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА БИОЦЕНОЗЫ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

**Макаров М.В.**

*Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия  
Makarov@mmbi.info*

Вероятность наступления в результате антропогенного воздействия и (или) климатических изменений в Арктической зоне событий, имеющих неблагоприятные экологические последствия, создает глобальные риски для хозяйственной системы, окружающей среды и безопасности Российской Федерации. В связи с этим своевременное выявление изменений в арктических экосистемах, их связи с антропогенным воздействием и климатическими изменениями является одной из приоритетных задач. Глобальная проблема подобных исследований состоит в том, что антропогенный и климатический факторы действуют совместно и трудно разделить, какой из них оказывает большее влияние.

Мурманский морской биологический институт (ММБИ РАН), выполняя исследования в открытой части арктических морей на НИС «Дальние Зеленцы» и в прибрежной зоне, в том числе экспериментальные на трех биостанциях (пос. Дальние Зеленцы, в Кольском заливе и на архипелаге Шпицберген), получил результаты, позволяющие утверждать, что биоценозы мелководной прибрежной зоны Баренцева моря в целом более подвержены антропогенному воздействию по сравнению с биоценозами глубоководной зоны морей, на которую основное воздействие оказывает климатический фактор. Кроме этого, сравнивая близко расположенные прибрежные биоценозы экологически чистых районов (губа Зеленецкая и далее на восток) и участков, подверженных загрязнению (Кольский залив), можно выделить конкретное влияние каждого из указанных факторов.

«Климат» морей северо-западного сектора Арктики зависит от поступления атлантических водных масс. Проводимые многолетние гидрологические исследования на разрезе «Кольский меридиан» свидетельствуют об увеличении средней температуры вод из Атлантики, однако увеличение температуры вод Баренцева моря происходит не за счет повышения средней температуры атлантических вод, а за счет увеличения частоты случаев аномально высоких их температур. На биоценозы же прибрежной и особенно литоральной зоны Баренцева моря значительное воздействие оказывают и аномальные температуры воздуха: высокие летом и низкие зимой, приводящие к гибели организмов во время отлива.

В целом глобальные климатические изменения должны проявляться в появлении и закреплении новых видов, характерных для более низких широт. В действительности этого не наблюдается: в «теплые» годы отмечались отдельные находки микро- и макроводорослей тропическо-бореального комплекса, атлантических видов рыб, но никогда чужеродные виды не создавали устойчивую популяцию, которая сохранялась бы в течение длительного периода (все стадии онтогенеза или хотя бы одна стадия годового сукцессионного цикла).

Наблюдаемые климатические изменения, или периоды «потепления» и «похолодания», оказывают влияние в основном на структуру популяций бентосных видов гидробионтов: изменение их численности и биомассы, причем часто с задержкой в несколько лет, что зависит от продолжительности жизни вида и условий размножения. Для свободноживущих видов, таких как рыбы и птицы, климатические изменения оказывают влияние главным образом на поведенческие реакции. Так, для трески давно известно, что в «холодные» годы она мигрирует в Медвежинско-Шпицбергенский район и юго-западную часть Баренцева моря, а в «теплые» – в южную и западную части. Численность и успешность размножения птиц зависит преимущественно от условий питания, которые определяются путями миграции рыб.

Таким образом, многолетние океанологические и гидробиологические исследования арктических морей, проводимые ММБИ РАН, не выявили существенных изменений биоценозов, которые могут быть связаны с глобальным потеплением Арктики. Все изменения имеют короткопериодический характер с тенденцией возврата к стабильному состоянию.

## **МОДЕЛЬ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ, СОЗДАННАЯ В ПГИ**

**Мингалев И.В., Орлов К.Г., Федотова Е.А., Мингалев В.С.**

*Полярный геофизический институт РАН, г. Анатиты, Россия  
mingalev\_i@pgia.ru; orlov@pgia.ru; godograf87@mail.ru;  
mingalev@pgia.ru*

В докладе представлена численная модель общей циркуляции атмосферы Земли в диапазоне высот 0–80 км. Динамическое ядро этой модели основано на численном интегрировании полной системы уравнений динамики вязкого атмосферного газа с помощью явной консервативной схемы. В нем используется равномерная сетка по высоте с шагом 200 м и специальная сетка по широте и долготе, которая является комбинацией нескольких обычных широтно-долготных сеток с постоянным шагом и имеет разрешение не хуже 26 км. В модели учитывается несферичность земной поверхности и несферичность гравитационного поля Земли. Важная особенность нашей модели состоит в том, что ее динамическое ядро полностью работает на графических процессорах и использует массивно параллельные вычисления. Это позволяет проводить расчеты одновременно на нескольких графических процессорах последнего поколения с высокой скоростью.

В модели для расчета поля собственного излучения атмосферы Земли в ИК-диапазоне и поля солнечного излучения используются новые параметризации молекулярного поглощения в интервале высот от поверхности Земли до 90 км, а также учитывается нарушение локального термодинамического равновесия в колебательных полосах углекислого газа с длинами волн около 15, 4,3 и 2,7 мкм и озона с длиной волны около 9,6 мкм на высотах выше 70 км. Алгоритм построения этих параметризаций учитывает изменение газового состава атмосферы с высотой и имеет ряд других достоинств.

В докладе обсуждаются также результаты численного моделирования общей циркуляции атмосферы Земли в диапазоне высот 0–80 км для разных сезонов. Анализируются особенности циркуляции в стратосфере и мезосфере, в том числе циркумполярные вихри, ячейки циркуляции в меридиональном и вертикальном направлениях, крупномасштабные вихри в стратосфере и мезосфере. Обсуждаются системы гравитационных волн, которые возникают в атмосфере при обтекании горных систем крупномасштабными зональными течениями, формирующимися над Тихим океаном в разные сезоны.

## ПРОДОЛЖАЮЩАЯСЯ БОРЕАЛИЗАЦИЯ МОРСКОЙ ИХТИОФАУНЫ СИБИРСКОЙ АРКТИКИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Орлов А.М., Волвенко И.В.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия  
orlov.am@ocean.ru

Недавние изменения климата, наиболее ярко проявляющиеся в полярных регионах, являются одной из самых актуальных экологических проблем современности. Потепление в Арктике инициировало все возрастающее стирание различий в условиях между отдельными районами Арктики и северными частями Атлантики и Пацифики. В научной литературе этот феномен получил названия «атлантификация» (или «атлантизация») и «пацификация», а процесс перехода арктических морских экосистем в более умеренное состояние называют «бореализацией». Влияние бореализации на разные виды рыб и ихтиоцены в Арктике изучено недостаточно. Большинство опубликованных данных касается морей европейской Арктики (Баренцево море и воды Гренландии) или расширения в арктические воды ареалов бореальных видов рыб, способных совершать продолжительные активные миграции.

Представлены новые сведения о встречаемости, численности, биомассе и размерном составе шести бореальных видов рыб (черный палтус *Reinhardtius hippoglossoides*, тихоокеанская треска *Gadus macrocephalus*, минтай *G. chalcogrammus*, синяя зубатка *Anarhichas denticulatus*, окунь-клювач *Sebastes mentella* и бентозема *Benthosema glaciale*) в морях российской Арктики (Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское), полученные из открытых баз данных (OBIS, GBIF и FishBase) и в результате проведения траловых съемок Тихоокеанского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО, г. Владивосток) в 1977–2020 гг.

Эти сведения свидетельствуют о расширении ареалов атлантических видов в восточном направлении, а тихоокеанских – в западном, что указывает на продолжающуюся бореализацию (атлантизацию и пацификацию) морей Сибирской Арктики под воздействием меняющегося климата. Дальнейшее потепление в Арктике может привести к смыканию ареалов «западных» и «восточных» популяций черного палтуса, что сделает возможным обмен между ними генетическим материалом и будет способствовать стиранию различий между особями атлантического и тихоокеанского происхождения. Появление в результате климатических изменений тихоокеанской трески в последние годы в тихоокеанском секторе Арктике может в будущем привести к смыканию ее ареала с ареалом гренландской трески *Gadus ogac* (которые считаются разобщенными в водах северной Аляски), возможности обмена генетическим материалом и дальнейшему стиранию различий между этими видами. Поимки в последние годы отдельных взрослых особей минтая в преднерестовом, нерестовом и посленерестовом состоянии свидетельствуют о возможности его нереста в данном районе. В случае дальнейшего потепления в Арктике не исключено, что в Чукотском море станет возможен не только нерест минтая, но и выживание его потомства. Поскольку существуют теоретические возможности выживания потомства бентоземы в водах материкового склона и/или возвращения ее особей с противотечениями в Северную Атлантику, считать воды Арктики районом стерильного выселения вида пока нет оснований.

Подготовка данной работы осуществлена в ходе выполнения государственного задания ИО РАН № FMWE-2023-0002.

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ПЕРЕНОСА РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ РОССИЙСКО-ФИНСКУЮ ГРАНИЦУ В 2010–2020 гг.

Сазонов А.Д.<sup>1,2,3</sup>, Даниленко А.О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Гидрохимический институт Росгидромета, г. Ростов-на-Дону, Россия

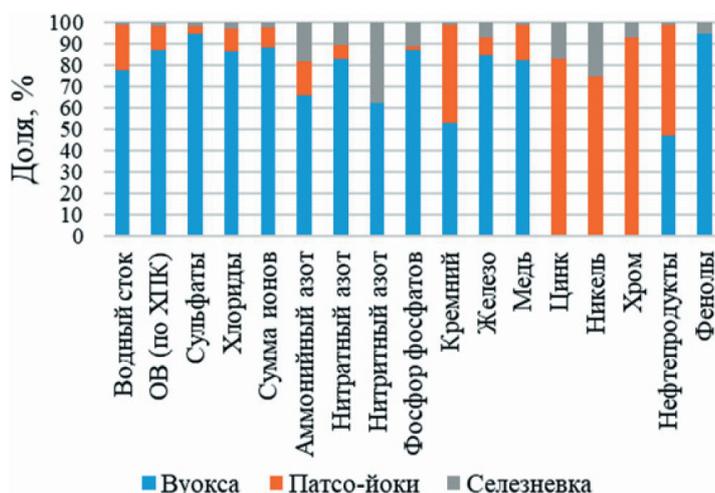
<sup>2</sup> Южный научный центр Российской академии наук, г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>3</sup> Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия  
alexei.sazonow2016@ya.ru

Изучение переноса загрязняющих веществ реками через государственную границу – актуальная проблема современности. Регулярный мониторинг состояния трансграничных поверхностных вод – основа устойчивого развития и сохранения окружающей среды, а также важный шаг для обеспечения водохозяйственных нужд будущих поколений соседствующих государств (Тимофеева, Фруммин, 2017).

В данной работе представлены результаты мониторинга переноса растворенных веществ через границу Российской Федерации и Финляндской Республики за период 2010–2020 гг. Материалами исследования послужили гидрохимические и гидрологические данные структурных подразделений Росгидромета. Мониторинг трансграничного переноса веществ проводится на трех реках, втекающих на территорию России: р. Вуокса (пгт Лесогорский); р. Патсо-йоки (пгт Кайтакоски); р. Селезневка (ст. Лужайка).

Река Вуокса, наиболее многоводная, переносит на территорию России большинство определяемых веществ (рис.).



Доля переноса растворенных веществ для рек, втекающих на территорию России, %

За рассматриваемый период трансграничный водный сток этой реки составил порядка 78% от суммарного, в то время как доля переноса веществ находилась в диапазоне 47–95%. Во второй по водности реке Патсо-йоки (21% речного стока) зафиксирован относительно высокий перенос нефтепродуктов (52%). Перенос загрязняющих веществ маловодной рекой Селезневкой (1% речного стока), как и ожидалось, находился на относительно незначительном уровне, однако весьма высоким показателем переноса отличался аммонийный азот (18%). Также была установлена неоднозначность зависимости транспорта большинства веществ от объема водного стока, что свидетельствует о многофакторности источников поступления этих компонентов и процессов их миграции.

### Список литературы:

Тимофеева Л.А., Фруммин Г.Т. Трансграничные водные объекты. СПб.: СпецЛит, 2017. 159 с.

## О ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭКОСИСТЕМ ВОДОЕМ–ВОДОСБОР ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Филатов Н.Н.

*Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия  
nfilatov@rambler.ru*

Актуальной является проблема создания теории динамики экологических систем, способной к практическому прогнозированию не только в обычных, но и в экстремальных климатических и техногенных условиях. Ресурсы внутренних водоемов активно используются многочисленными пользователями (промышленными и сельскохозяйственными предприятиями, водным транспортом, гидроэнергетикой, для сброса сточных вод, рекреационной деятельности, аквахозяйствами) в условиях изменений климата. Несмотря на предпринятые во многих странах за последние 30 лет беспрецедентные меры по охране и восстановлению экосистем, продолжается ухудшение состояния крупных водных систем в глобальном масштабе (Диагноз и прогноз..., 2020; Jenny et al., 2020). Из-за отсутствия систем поддержки принятия решений или недостаточной их разработанности практические решения по использованию ресурсов, сохранению или восстановлению озер и их экосистем как в России, так и за рубежом зачастую принимаются без необходимого научного обоснования (Зоркальцев и др., 2022; Jenny et al., 2020). Имеются разработки для управления водными ресурсами России, для Великих американских озер, Балтийского моря и водосбора (Интегрированное управление..., 2001; Данилов-Данильян, Хранович, 2010; Wulff et al., 2013; GLOS..., 2021). Однако для великих озер России системы поддержки принятия управленческих решений еще только предстоит создать. Поэтому была поставлена задача создать информационно-аналитическую систему (ИАС) на примере Онежского озера и водосбора (Филатов и др., 2022). Для этого разработаны основы ИАС, включающей надежные БД, полученные на основе обобщения возможной информационной базы натуральных наблюдений, собранных в разных ведомствах (Баклагин, 2023). Обобщенная БД использована для расчетов биогенной нагрузки с водосбора (Кондратьев, Шмакова, 2022), калибрации и верификации 3-D модели SPLEM экосистемы высокого разрешения (1 км), оценки состояния и изменений экосистемы озера для сценарных расчетов (Isaev et al., 2022; Savchuk et al., 2022). Рассчитан вклад различных источников биогенных веществ, поступающих со стоком рек, от диффузных источников, городских сбросов и от форелевых хозяйств для озера в целом и для его основных лимнических районов. По данным натуральных экспериментов за последние 30 лет и результатам расчетов на модели SPLEM показано, что экосистема озера не только не восстановилась после уменьшения антропогенной нагрузки после 1991 г., но и продолжается эвтрофирование вод в губах и заливах из-за влияния промышленных и сельскохозяйственных предприятий, форелевых хозяйств и заметного потепления климата. Рассчитанная с использованием модели ILLM биогенная нагрузка с водосбора имеет тенденцию к увеличению в рассматриваемый период 1992–2022 гг. и в среднем для этого периода составляет 780 тонн общего фосфора в год (Kondratjev et al., 2024). С учетом этого для Онежского озера оценена допустимая антропогенная нагрузка на экосистему озера и даны рекомендации для принимающих решения по сохранению ресурсов озера при разных климатических и техногенных воздействиях. Разрабатываемая ИАС «Онежское озеро – водосбор» может являться инструментом для анализа состояния экосистемы озера и позволит использовать ее как средства поддержки принятия управленческих решений (Филатов и др., 2024).

Работа выполнена по гранту РНФ № 22-17-00193 «Информационно-аналитическая система для фундаментальных исследований экосистемы озера и его водосбора и обоснования управленческих решений в условиях возрастающего антропогенного воздействия и изменения климата».

## ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА САМООЧИЩЕНИЯ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИОГЕННЫХ ЦИКЛОВ

Цхай А.А., Романов М.А., Куприянов В.А.

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия  
tskhai@iwep.ru\**

Согласно Указу Президента РФ (Указ Президента..., 2020) экологическое оздоровление трех водных объектов, в том числе Телецкого озера (ТО), отнесено к числу целевых показателей, характеризующих достижение национальных целей к 2030 г.

Цель работы – оценка допустимой биогенной нагрузки на ТО для сохранения его устойчивого состояния с применением моделирования основных составляющих круговорота соединений азота и фосфора путем использования рассчитанных значений внутренних и внешних потоков питательных веществ для ТО.

Рассмотрены наиболее существенные особенности моделирования круговорота соединений биогенных элементов (N и P) и динамики растворенного кислорода (Цхай, Леонов, 1995; Цхай, Агейков, 2020) в экосистеме Телецкого озера. Выполнена калибровка модели с учетом данных многолетних наблюдений за качеством воды 1985–2003 гг., а также сценарного варианта гидрологического режима 2016 г.

Анализ внутригодовой изменчивости переменных состояния, внешних и внутренних потоков соединений азота и фосфора в воде ТО показал, что разработанная имитационная модель круговорота биогенных веществ воспроизводит основные тренды рассматриваемой экосистемы ТО.

Допустимая нагрузка азота и фосфора (как определена, например, в работах П.А. Лозовика и др. (2011) и Л.А. Руховца и Н.Н. Филатова (2011)) на ТО, рассчитанная в данном исследовании, свидетельствует о том, что у озера ассимиляционный потенциал по отношению к соединениям фосфора незначителен, практически отсутствует. По отношению к соединениям азота некоторый запас самоочищения еще имеется. Вода ТО чистая не за счет достаточной ассимиляции, а ввиду того, что до сих пор была низкая антропогенная нагрузка. Сравнительно небольшое повышение антропогенного загрязнения может привести к нарушению устойчивости озерной экосистемы.

Существует неотложная необходимость приведения исследований на ТО к современному уровню как по числу наблюдательных пунктов мониторинговой сети в характерных зонах, увеличению перечня контролируемых показателей и частоты контроля, так и повышению качества инструментальной и методической базы.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН.

### Список литературы:

Лозовик П.А., Рыжаков А.В., Сабылина А.В. Процессы трансформации, круговорота и образования веществ в природных водах // Труды КарНЦ РАН. 2011. № 4. С. 21–28.

Руховец Л.А., Филатов Н.Н. Использование математических моделей для решения задач сохранения водных ресурсов Онежского озера // Труды КарНЦ РАН. 2011. № 4. С. 77–87.

Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» // Российская газета. Федеральный выпуск. 22 июля 2020 г.

Цхай А.А., Агейков В.Ю. Моделирование изменения уровня эвтрофирования водохранилища на основе воспроизведения биогеохимических циклов // Водные ресурсы. 2020. Т. 47, № 1. С. 105–113. doi: 10.31857/S0321059620010149.

Цхай А.А., Леонов А.В. Прогноз качества воды проектируемого водохранилища на основе модели трансформации соединений азота и фосфора // Водные ресурсы. 1995. Т. 22, № 3. С. 261–272.

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ НЕФТЕПРОДУКТАМИ, МЕТОДОМ ПНЕВМОСЕПАРИРОВАНИЯ В ПРИСУТСТВИИ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА

Чердакова А.С.<sup>1</sup>, Гальченко С.В.<sup>1</sup>, Воробьева Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина, г. Рязань, Россия

<sup>2</sup> Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, г. Рязань, Россия  
cerdakova@yandex.ru

В большинстве типов сточных вод, образующихся в результате хозяйственной деятельности, присутствуют нефтепродукты в эмульгированном состоянии. Технологии удаления нефтепродуктов из сточных вод по большей части основываются на процессах дестабилизации нефтяных эмульсий (коагуляция, флокуляция и др.). Однако применение данных методов технически сложно, что часто сопряжено с экономическим аспектом (Li et al., 2016; Jafarinejad, 2017). По нашему мнению, альтернативу может представлять использование для очистки методов пневмосепарации, суть которых заключается в воздушном барботировании сточных вод в турбулентном режиме. Это приводит к разрушению адсорбционных коллоидных пленок на каплях нефтепродуктов, их слиянию и осаждению с последующим удалением. Пневмосепарирование загрязненных вод считаем целесообразным проводить в присутствии гуминовых веществ и препаратов на их основе, которые ввиду своей химической гетерогенности способны вступать в физико-химические взаимодействия с нефтепродуктами, влияя тем самым на эффективность очистки.

Целью исследования являлась оценка эффективности очистки сточных вод от нефтепродуктов методом пневмосепарации в присутствии гуминового препарата.

В экспериментальных исследованиях использовались агрегативно устойчивые эмульсии на основе дистиллированной воды и нефтепродуктов различных фракций: «дизельное топливо – вода»; «бензин – вода»; «моторное масло – вода»; «мазут – вода», с исходной концентрацией нефтепродуктов 100, 130 и 150 мг/л. Модельные эмульсии пневмосепарировали с помощью воздушного компрессора в течение 1 часа. После 30 мин. пневмосепарирования в эмульсии вносился гуминовый препарат – гумат калия в виде 0,01 %, 0,04 % и 0,08 % водных растворов. Контролем служили эмульсии без внесения гумата калия. Критерием оценки выступала остаточная концентрация нефтепродуктов, определяемая методом колоночной хроматографии.

Установлено, что пневмосепарирование эмульсий позволяет снизить концентрацию нефтепродуктов на 30–90 % в зависимости от их типа. Максимальный эффект наблюдался на вариантах опыта с дизельным топливом, где под воздействием пневмосепарирования его концентрация снижалась практически на 90 %. Также весьма существенным был результат барботаж эмульсий с бензином и моторным маслом, эффективность их очистки составляла 40–50 %. Минимальный эффект отмечен на вариантах с мазутом, где глубина очистки была порядка 30 %.

При этом использование гумата калия при пневмосепарировании эмульсий значительно стимулирует процессы удаления нефтепродуктов (на 10–40 %). Увеличение дозы препарата приводит к усилению данного эффекта.

Таким образом, пневмосепарирование сточных вод в присутствии гумата калия является перспективным способом их очистки от нефтепродуктов.

### Список литературы:

Jafarinejad S. Treatment of oily wastewater // *Petroleum Waste Treatment and Pollution Control*. Oxford, 2017. P. 185–267.

Li Y. et al. A versatile and efficient approach to separate both surfactant-stabilized water-in-oil and oil-in-water emulsions // *Separation and Purification Technology*. 2016. Vol. 176: 130–140.

## МЕЖВЕДОМСТВЕННАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАДИОТРАССА ИКИ РАН – ОСНОВА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В БРИКС

**Янаков А.Т.<sup>1</sup>, Петрукович А.А.<sup>1</sup>, Мёрзлый А.М.<sup>1</sup>, Садовский А.М.<sup>1</sup>,  
Мингалёв И.В.<sup>2</sup>, Рожко О.И.<sup>1</sup>, Сахаров Я.А.<sup>2</sup>, Селиванов В.Н.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup> *Полярный геофизический институт, г. Мурманск, Россия*

<sup>3</sup> *ФИЦ Кольский научный центр РАН, г. Апатиты, Россия*  
*pinega142@yandex.ru*

В данной работе рассматриваются основные особенности применения Межведомственной экспериментальной радиотрассы ИКИ РАН (далее – МЭРТ ИКИ РАН) при решении научных задач в странах БРИКС.

Определены основные фундаментальные и прикладные задачи МЭРТ ИКИ РАН, особенности размещения оборудования, результаты проведенной в предполагаемых базовых точках рекогносцировки. На двух базовых точках в Арктической зоне Российской Федерации подготовлены площадки, размещено оборудование, проведены отладочные работы, тестовые пуски оборудования, экспериментальные работы.

Создана информационно-аналитическая система ИКИ РАН «Гелиогеофизика» (далее – ИАС ИКИ), позволяющая решать следующие задачи: автоматизированный сбор экспериментальных данных; формирование блока экспериментальных данных в базе данных (БД) ИАС; тематическая обработка экспериментальных данных; предоставление персонифицированного доступа к данным исследователям для выполнения задачи по оценке характеристик высокоширотных радиотрасс; публикация результатов работ на специализированном сервере.

Рассмотрены перспективы использования МЭРТ ИКИ РАН в интересах стран БРИКС.

## **IV. Развитие промышленной экологии и зеленой экономики: региональный опыт**

**Development of industrial ecology and  
green economy: regional experiences**



## ФИТОСТАБИЛИЗАЦИЯ И ИНИЦИАЦИЯ ГУМУСООБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНОЗЕМЕ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Болонева Л.Н., Лаврентьева И.Н., Меркушева М.Г.

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия  
ldm-boloneva@mail.ru*

Отличительной геохимической чертой горнопромышленных ландшафтов является трудно контролируемое рассеяние больших масс веществ с аномально высоким содержанием элементов (Перельман, Касимов, 1999). Насыпные и намывные хвостохранилища отходов переработки руд вольфрамо-молибденовых месторождений, склады аварийных сбросов являются источниками загрязнения подземных и надземных вод, почвенно-растительного покрова элементами-металлами и другими канцерогенами в концентрациях, угрожающих здоровью населения прилегающих территорий. Такая кризисная экологическая обстановка характерна для природных и агроландшафтов в зоне влияния Джидинского вольфрамо-молибденового комбината (ДВМК) в Западном Забайкалье.

Биологическая рекультивация нарушенных земель – первоочередная экологическая задача для территории Забайкалья со значительным количеством месторождений полезных ископаемых и невысоким потенциалом восстановления окружающей среды в связи с достаточно жесткими природно-климатическими условиями. В работе дана оценка влияния посевов злаково-бобовых травосмесей и применения минеральных удобрений на техноземе, созданном после ликвидации хвостохранилища ДВМК, на изменение концентраций микроэлементов в растениях и образование дернины, ограничивающей распространение загрязняющих веществ и снижающей риски для окружающей среды.

Выявлено, что применение удобрений снижало концентрацию микроэлементов и коэффициенты их накопления в растениях (Boloneva et al., 2024). По интенсивности биологического поглощения большая часть элементов в надземной фитомассе отнесена к группе среднего захвата, в подземной – среднего и интенсивного поглощения, что свидетельствует о ее фитостабилизационной роли.

Установлено, что биологическая продуктивность травосмесей в контроле была низкой. Внешение удобрений увеличивало этот показатель на второй год жизни трав до среднего уровня, на третий – до высокого, а на четвертый год сформировалась дернина, закрепляющая поверхностные слои и способствующая возрастанию органического вещества по сравнению с его исходным количеством. После четырех лет возделывания сеяных травостоев с применением минеральных удобрений содержание  $C_{орг}$  в слое 0–10 см возросло по сравнению с его исходным количеством: при дозе N30P15K30 в 1,6–1,9 раза, N60P30K60 – в 2,5–2,6.

Результаты исследований могут быть использованы на техноземах, созданных из вскрышных отвалов, для фитостабилизации и инициации накопления органического вещества в них за счет посевов высокопродуктивных многолетних трав и применения минеральных удобрений.

### Список литературы:

- Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель, 1999. 764 с.  
Boloneva L.N., Lavrentieva I.N., Merkusheva M.G., Ubugunov V.L., Ubugunov V.L., Sosorova S.B. Bioproductivity and Trace Element Composition of Cereal-Legume Mixtures in Technozem when Applying Mineral Fertilizers // Eurasian Soil Science. 2024. Vol. 57 (2): 313–324.

## РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ: АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

Бурвикова Ю.Н.<sup>1</sup>, Маслобоев В.А.<sup>2</sup>, Краснобаева В.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», г. Мытищи, Россия

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр Кольский научный центр РАН, г. Апатиты, Россия

<sup>3</sup> Национальный исследовательский технологический университет МИСИС, г. Москва, Россия  
U.Burvikova@eipc.center

Россия располагает одной из крупнейших сырьевых баз редкоземельных элементов (РЗЭ), и, хотя согласно распоряжению Правительства Российской Федерации от 30.08.2022 г. № 2473-р РЗЭ входят в перечень основных видов стратегического минерального сырья, уровень товарной добычи носит ограниченный характер, единственное разрабатываемое в настоящее время месторождение – Ловозёрское в Мурманской области, которое содержит преимущественно элементы цериевой группы (Максимова и др., 2022). Вклад России в мировое производство не превышает 1%, а признанным лидером редкоземельной отрасли и поставкам как сырья, так и готовой продукции на мировой рынок является Китай, на территории которого действуют более 200 предприятий по добыче и переработке РЗЭ.

Большая часть разведанных на территории России месторождений расположена в Арктическом регионе, их разработка требует весьма значительных финансовых вложений, в том числе на построение логистической инфраструктуры. Именно этот факт лежит в основе идеи извлечения РЗЭ из отходов (вторичных ресурсов) и перехода отрасли к экономике замкнутого цикла.

Месторождения апатит-нефелиновых руд Хибинской группы разрабатывают АО «Апатит» (ПАО «ФосАгро») и АО «Северо-Западная фосфорная компания» (ПАО «Акрон»), их товарной продукцией являются апатитовые концентраты и фосфорные удобрения. При переработке концентрата РЗЭ частично переходят в удобрения и фосфогипс; соответственно, значительная часть ценного стратегического сырья остается в отвалах (Ларичкин и др., 2023). В стране насчитывается большое количество отвалов фосфогипса, которые расположены вблизи действующих предприятий, а, следовательно, рядом с уже развитой инфраструктурой. Существует множество примеров, когда, создавая новое предприятие в уже нагруженном промышленном узле, мы получаем не только улучшение экологической ситуации за счет переработки ранее накопленного отхода, но и повышаем ресурсную эффективность производства, так как отходы одного предприятия, становясь сырьем для другого, не требуют транспортировки на дальние расстояния.

ООО «Лаборатория инновационных технологий» (ООО «ЛИТ»), НПП ГК «Скайград») разработало и запатентовало технологию переработки фосфогипса с извлечением РЗЭ концентрата и его разделением на индивидуальные соединения. К 2026 г. ООО «ЛИТ» планирует увеличить объемы переработки концентрата на экспериментальном предприятии до 1 тыс. т/год; если опыт применения разработанного производственного процесса будет признан удачным, технологию можно будет масштабировать.

### Список литературы:

Ларичкин Ф.Д., Череповицын А.Е., Федосеев А.М., Гончарова Л.И. Сравнительный анализ концепций комплексного использования минерального сырья и циркулярной экономики в рациональном недропользовании // Рациональное освоение недр. 2023. № 1 (69). С. 48–59.

Максимова В.В., Красавцева Е.А., Савченко Е.Э., Икконен П.В., Елизарова И.Р., Маслобоев В.А., Макаров Д.В. Исследование состава и свойств хвостов обогащения лопаритовых руд текущего производства // Записки Горного института. 2022. Т. 256. С. 642–650.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Бурвикова Ю.Н.<sup>1</sup>, Тихонова И.О.<sup>2</sup>, Сухадольская О.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», г. Мытищи, Россия

<sup>2</sup> Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия  
U.Burvikova@eipc.center

Эколого-технологическое регулирование деятельности промышленных предприятий реализуется в Российской Федерации на основе концепции наилучших доступных технологий (НДТ). Для отраслей, отнесенных к областям применения НДТ, устанавливаются технологические показатели, характеризующие содержание ключевых (маркерных) загрязняющих веществ «на конце трубы», то есть в эмиссиях этих веществ (выбросах и (или) сбросах), поступающих в окружающую среду (Скобелев, 2022). Технологические показатели являются достижимыми при использовании совокупности решений, отнесенных к НДТ для соответствующей отрасли, а также межотраслевых решений, направленных на повышение ресурсной и экологической эффективности производства. На основе отраслевых технологических показателей для каждого объекта негативного воздействия на окружающую среду (ОНВОС) устанавливаются технологические нормативы (массы эмиссий загрязняющих веществ, которые ОНВОС разрешено в течение года выбрасывать в атмосферный воздух и (или) сбрасывать в природные водные объекты) (Волосатова и др., 2023).

При этом для веществ I–II классов опасности по-прежнему рассчитываются нормативы допустимых выбросов (с учетом рассеивания таких веществ в атмосфере) и нормативы допустимых сбросов; величины последних зависят от содержания загрязняющих веществ в природных водных объектах и от значений единых по стране предельно допустимых концентраций (ПДК) этих веществ, чаще всего – ПДК рх.

Отметим, что в отличие от оценки состояния водных объектов (в которой индекс загрязнения вод определяется сопоставлением с ПДК (Обзор..., 2021. С. 63–69)), при оценке качества почв действительно учитываются фоновые концентрации загрязняющих веществ (Обзор..., 2021. С. 49–58). Станции комплексного фонового мониторинга организованы преимущественно в государственных природных биосферных заповедниках, которые приурочены к основным биоклиматическим и областям высотной поясности.

Для обеспечения действенности системы эколого-технологического регулирования целесообразно (1) учесть опыт оценки качества почв, (2) отказаться от определения степени загрязнения водных объектов путем «приведения» к ПДК, (3) разработать бассейновые показатели качества вод, отражающие особенности биогеохимических провинций и бассейновых участков (подобные исследования уже были проведены в Арктической зоне), и (4) обеспечить утверждение в установленном порядке. Это позволит, с одной стороны, сформировать поэтапно реальную картину состояния водных объектов, а с другой – устанавливать научно обоснованные и достижимые требования для ОНВОС, сбрасывающих очищенные сточные воды в природные водные объекты.

### Список литературы:

Волосатова А.А., Тихонова И.О., Гусева Т.В. Разработка системы экспертной оценки проектов развития и эколого-технологической модернизации промышленности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023. Т. 25, № 4 (114). С. 154–162.

Обзор фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ за 2020 г. / Под ред. Г.М. Черногаевой. М.: Росгидромет, 2021. 105 с.

Скобелев Д.О. Очередной этап развития системы эколого-технологического регулирования промышленности в России // Экономика устойчивого развития. 2022. № 1 (49). С. 83–89.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СФЕРЕ

**Бурматова О.П.**

*Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, г. Новосибирск, Россия  
burmatova.op@yandex.ru*

Значимость экологических проблем растет во всем мире, в том числе в России и других странах БРИКС (Страны..., 2024). Это во многом обусловлено обострением целого ряда глобальных экологических проблем и современными тенденциями в сфере эколого-экономических отношений, что определяет рост взаимного интереса к сотрудничеству в сфере экологии. С позиций национальных интересов России по обеспечению экологической безопасности можно выделить ряд важных экологических вызовов и предложить направления по их предупреждению и минимизации. К числу таких вызовов относятся, в частности, ужесточение экологических требований к продукции на внешних рынках с учетом используемых для ее производства технологий и образуемого углеродного следа; введение трансграничного углеродного регулирования; активный переход экономики многих стран на путь низкоуглеродного развития, рост значимости климатической и в целом зеленой повестки; тесное переплетение экологической, технологической и экономической проблематики; превращение окружающей среды в важный фактор конкурентоспособности компаний и стран в целом; изменение экологического регламента внутри страны в связи с наложенными на нее внешними санкциями и др.

Сложившаяся в России система управления в экологической сфере, технологическое состояние экономики, экологическое право и другие аспекты институциональной среды требуют, на наш взгляд, серьезной трансформации при условии активной государственной поддержки в области инновационной деятельности, технологической суверенизации экономики на базе отечественных наилучших доступных технологий и других мер. Первостепенными задачами такой трансформации для России должны стать: (1) стимулирование инвестиций в импортозамещение и экологически безопасные технологии; (2) активизация мер по формированию экономики замкнутого цикла (особенно на стадиях сортировки и переработки отходов); (3) технологическая суверенизация экономики на базе широкого использования подхода, основанного на наилучших доступных технологиях; (4) расширение сферы экологического мониторинга и контроля; (5) реальное внедрение в практику прогнозных исследований социально-экономического развития страны стратегических методов планирования и управления с учетом долгосрочного характера экологических проблем; (6) декарбонизация экономики, в первую очередь энергетики и экспорто-ориентированных промышленных производств; (7) преодоление имеющегося отставания в создании отечественных низкоуглеродных и других зеленых технологий в контексте обеспечения устойчивого развития страны и регионов (Бурматова, 2023).

Ключевым фактором обеспечения экономической и экологической безопасности страны является внедрение передовых технологий. В этой связи важное значение может иметь усиление сотрудничества в рамках БРИКС, направленное на решение проблем создания экологически безопасных промышленных технологий и экологического инжиниринга.

Работа выполнена по плану НИР ИЭОПП СО РАН в рамках проекта «Региональное и муниципальное стратегическое планирование и управление в контексте модернизации государственной региональной политики и развития цифровой экономики» – № 121040100283-2.

### Список литературы:

*Бурматова О.П.* Трансформация экологического управления под влиянием современных вызовов // Стратегия развития общества и экономики в новой реальности. Ч. 1. Ростов-на-Дону: ЮРИУ РАНХиГС, 2023. С. 9–16.

Страны БРИКС идут по пути интеграции ESG-стандартов. URL: <https://www.vedomosti.ru/esg/regulation/articles/2024/04/15/1031815-strani-briks-idut-po-puti-integratsii-esg-standartov>.

## О ГАРМОНИЗАЦИИ ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Бхимани Ч.<sup>1</sup>, Гусева Т.В.<sup>2</sup>, Щелчков К.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Центр более чистого производства Гуджарата, г. Гандинагар, Гуджарат, Индия

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», г. Мытищи, Россия

Tatiana.V.Guseva@gmail.com

Концепция наилучших доступных технологий (НДТ) лежит в основе систем эколого-технологического регулирования многих стран мира. Принцип использования экономически целесообразных технологических и технических решений для повышения ресурсной эффективности, сокращения негативного воздействия на окружающую среду и снижения выбросов парниковых газов включен в системы регулирования стран БРИКС (Мешалкин и др., 2024).

Например, в Китае внедрение ресурсо- и экологически эффективных технологий рассматривается как стимул для качественной трансформации промышленности и модернизации производственных цепочек на основе принципов устойчивого развития, а также для сокращения выбросов парниковых газов путем повышения энергетической эффективности и увеличения в экономике доли возобновляемых источников энергии.

Российское технологическое регулирование на основе НДТ действует в стране уже десять лет. Оно отличается от подходов стран Западной Европы и направлено на обеспечение эколого-технологической модернизации промышленности (Исмаилов и др., 2023). Основным инструментом такой модернизации экономики стали информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям (ИТС), содержащие описание как самих технологий, так и показателей экологической и ресурсной эффективности, а также индикативных показателей выбросов парниковых газов, характерных для определенной области применения НДТ.

Индийская эколого-технологическая система регулирования основана на корпусе обязательных для соблюдения минимальных стандартов эмиссий (MINAS), разработанных для ряда промышленных секторов и включающих организованные и неорганизованные выбросы загрязняющих веществ в воздух и их сбросы в водные объекты. MINAS представляют собой не НДТ, а скорее, наилучшие технические решения (НТР), то есть максимально эффективные решения с точки зрения как сокращения негативного воздействия на окружающую среду, так и экономической целесообразности. В настоящее время в Индии разрабатывается ИТС для целлюлозно-бумажной промышленности, и опыт Российской Федерации в этой области представляет несомненный интерес.

Представляется, что согласованное применение концепции НДТ обеспечит как прозрачные условия для регулирующих органов, отраслей экономики и общества стран БРИКС+, так и преимущества для окружающей среды в целом. При разработке ИТС и определении технологических показателей целесообразно рассмотреть возможность обмена информацией по наилучшим практикам производства и проведения бенчмаркинга ресурсной и экологической эффективности в различных государствах.

### Список литературы:

Исмаилов Р.А., Волосатова А.А., Гусева Т.В. Общественное признание концепции наилучших доступных технологий: вчера, сегодня, завтра // Компетентность. 2023. № 9–10. С. 11–16.

Мешалкин В.П. и др. Принципы химической технологии как основа развития международной концепции наилучших доступных технологий // Теоретические основы химической технологии. 2024. Т. 58, № 1. С. 8–16.

## НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В СФЕРЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

**Волосатова А.А., Гусева Т.В.**

*Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики»,  
г. Мытищи, Россия  
a.volosatova@eipc.center*

Основной принцип промышленной экологии гласит, что предотвращение негативного воздействия на окружающую среду (НВОС) и обеспечение высокой ресурсной эффективности производства первичны; применение средозащитной техники относится ко вторичным решениям, без которых во многих случаях всё еще трудно обойтись (Скобелев, 2020). Понимание ключевой роли технологических решений, «встроенных» в производственный процесс, и вспомогательной роли решений «на конце трубы» сохраняется в Европейском союзе и Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС), а также в Международной организации по стандартизации (ISO, 2022). В этом контексте НДТ рассматриваются в таксономиях зеленых проектов, разработанных в странах БРИКС. Таковы, например, подходы России (Гусева и др., 2022), Китая (Comparing..., 2019), Южной Африки (South..., 2022).

В России проекты по внедрению НДТ и повышению ресурсной эффективности могут претендовать на получение мер господдержки. Так, в 2021 г. конкурсный отбор успешно прошел проект АО «Ковдорский горно-обогатительный комбинат». Подчеркнем, что критерии для конкурсного отбора проектов прописаны так, что больше шансов на получение мер поддержки имеют проекты, предусматривающие модернизацию основной технологии, а не установку природоохранного оборудования.

В 2022–2023 гг. была разработана модельная таксономия зеленых проектов для ЕАЭС и выдвинуто предложение об инициировании совместных проектов, направленных на достижение требований НДТ и дополнительных экологических эффектов. В 2023–2024 гг. обсуждалась целесообразность организации международного бенчмаркинга технологических показателей НДТ, а также показателей ресурсной эффективности и углеродоемкости промышленного производства стран БРИКС. Отметим, что именно проведение бенчмаркинга как процедуры сопоставительного анализа должно стать общим для всех стран-участниц, а конкретные численные (целевые) показатели должны устанавливаться для каждой страны отдельно, с учетом уровня научно-технологического развития, а также природных, экономических и социальных особенностей.

Таким образом, гармонизация подходов к определению приоритетных областей для выполнения совместных проектов на основе НДТ может и должна стать следующим шагом в развитии сотрудничества стран БРИКС в сфере промышленной экологии и перехода от коричневых к зеленым технологиям.

### Список литературы:

Гусева Т.В., Волосатова А.А., Тихонова И.О. Направления совершенствования таксономии зеленых проектов для устойчивого развития промышленности // Известия Самарского научного центра РАН. 2022. № 5 (109). С. 28–35.

Скобелев Д.О. Наилучшие доступные технологии: опыт повышения ресурсной и экологической эффективности производства. М.: АСМС, 2020. 257 с.

Comparing China's Green Bond Endorsed Project Catalogue and the Green Industry Guiding Catalogue with the EU Sustainable Finance Taxonomy. URL: <https://www.climatebonds.net/china/comparing-china%E2%80%99s-green-definitions-eu-sustainable-finance-taxonomy-part-1>.

ISO 14030-3:2022. Environmental Performance Evaluation. Green Debt Instruments. Part 3: Taxonomy.

South African Green Finance Taxonomy. 1<sup>st</sup> Edition. National Treasury. URL: [https://www.treasury.gov.za/comm\\_media/press/2022/SA%20Green%20Finance%20Taxonomy%20-%201st%20Edition.pdf](https://www.treasury.gov.za/comm_media/press/2022/SA%20Green%20Finance%20Taxonomy%20-%201st%20Edition.pdf).

## **ДОБРОВОЛЬНАЯ ЛЕСНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ВЕДЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА: СТАНОВЛЕНИЕ, РАЗВИТИЕ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ВОЗМОЖНОСТЬ СОЗДАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ БРИКС**

**Воропаев А.И.**

*Институт географии Российской академии наук, Фонд «Природа и люди», г. Москва, Россия  
voropaev@igras.ru*

Добровольная лесная сертификация – это информационный и рыночный инструмент, который гарантирует, что состояние леса и управление им соответствуют определенному стандарту. Изначально лесная сертификация создавалась как консультационный инструмент в помощь мелким лесовладельцам, чтобы они могли эффективно построить лесное хозяйство и обеспечить его устойчивость при сохранении лесных ландшафтов (основанная в 1941 г. в США American Tree Farm System). По итогам проделанной работы выдавался сертификат соответствия.

В современном виде лесная сертификация была создана экологическими организациями как ответ на последствия обезлесения и деградации лесов в тропиках в конце 80-х – начале 90-х годов XX века. Первой такой системой сертификации стала схема Smartwood, разработанная в 1989 г. международной экологической организацией Rainforest Alliance. С начала 90-х годов в мире создаются десятки национальных, региональных и международных систем лесной сертификации, которые со временем объединились в две глобальные схемы: Forest Stewardship Council (FSC) и Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC).

Крупнейшей в мире по площади сертифицированных лесов является схема PEFC, достигшая максимума в марте 2021 г. – 331 млн га в 42 странах. Далее началось снижение сертифицированных площадей, и к настоящему времени по схеме сертифицировано 296 млн га, хотя число стран с сертификациями лесов выросло до 45.

По схеме FSC на апрель 2022 г. было сертифицировано почти 238 млн га (максимум) в 82 странах мира. В настоящее время – 161 млн га в 83 странах. По охвату стран FSC существенно обгоняет PEFC. Причем в PEFC более 55% всех сертифицированных лесов приходится на Канаду и США. В FSC на двух нынешних лидеров (Канада и Швеция) приходится около 42% сертифицированных лесов. Более важно, что по схеме FSC выдано более 61,8 тыс. сертификатов на цепочку поставок, дающих право торговать сертифицированной продукцией. PEFC выдано чуть более 12,7 тыс. таких сертификатов. То есть рыночная значимость FSC сертификации значительно выше.

В Россию FSC сертификация пришла в 2000 г., PEFC – в 2010 г. К началу 2022 г. Россия стала лидером в FSC сертификации – 62,3 млн га (против 50,4 млн га у Канады). В PEFC Россия к этому времени стала третьей страной с почти 32,0 млн га сертифицированных лесов, приблизившись к США (33,8 млн га).

Все резко изменилось в 2022 г. В апреле FSC существенно ограничил действие этой схемы сертификации в России, а через год вообще ушел из страны. PEFC приостановил действие своих сертификатов в России на полгода с августа, а далее без ограничения сроков. Это идет в разрез с декларируемыми схемами целями: воспитание ответственного отношения к лесному хозяйству для процветания лесов и людей (FSC), сохранение леса, содействуя устойчивому лесопользованию с помощью сертификации (PEFC). Последствия оказались неожиданными. Большинство российских компаний подтвердили приверженность устойчивому лесному хозяйству и готовность соблюдать требования сертификации. В стране созданы четыре национальные схемы лесной сертификации, по которым совокупно сертифицировано 38,3 млн га.

Причины столь быстрого роста сертификации разные: внутренний спрос, поддержание имиджа компаний и др. Четыре схемы – слишком много для внутреннего рынка, а на международных рынках к национальным схемам относятся настороженно. Решением было бы создание международной схемы лесной сертификации стран БРИКС, которая заменила бы дискредитировавшие себя схемы сертификации, для которых политика оказалась важнее природоохранных задач, взяв при этом от них все наилучшее.

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ИЗВЕСТНЯКОВЫХ КАРЬЕРОВ В ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКЕ

Гудкова Н.К., Рубанова Н.И., Горбунова Т.Л.

*Филиал Института природно-технических систем, г. Сочи, Россия  
lej06@yandex.ru*

Переработка – исторически первый элемент концепции циркулярной экономики – сегодня рассматривается как набор трех вариантов стратегии:

- низкокачественная переработка (downcycling) с потерей воплощенной в материале стоимости и сложности материала и загрязнением окружающей среды. Характерна для многих самых современных методов преобразования отходов (Фонтана, Ерзнкян, 2023);

- ресайклинг (recycling) – из отходов выделяются компоненты, которые можно использовать при производстве новых продуктов с минимумом дополнительных затрат на переработку, что позволяет сохранить воплощенную в использованных материалах стоимость (переработка металла, алюминия, стекла). Однако уменьшение объемов, повторное использование и переработка являются лишь незначительно менее деструктивными по сравнению со свалками и мусоросжигательными заводами, так как лишь замедляют темпы загрязнения и истощения, но не останавливают эти процессы;

- переработка «восходящего цикла» (upcycling) – увеличения заключенной в отходах ценности за счет применения знаний и творчества в процессе их переработки и вторичного использования. По энергоэффективности и трудозатратам считается наиболее экологичным видом переработки, но пока имеет ограниченный ассортимент.

Отходы, производимые при добыче известняка, обуславливают экологические риски для окружающей среды, но они же могут рассматриваться как сырье для новых циклов производства. Особо актуальна эта задача для туристских дестинаций, на территории которых производится горная добыча открытым способом. Так, на Черноморском побережье Краснодарского края, в основном рекреационно-курортном регионе России, в прибрежной полосе Туапсе – Адлер разведано более 20 известняковых месторождений, значительная часть которых разработана.

Тонкодисперсные известняковые фракции, которые наносят наибольший вред окружающей среде, могут влиять на химический состав поверхностных вод и почвы, снижая их кислотность. Это свойство известно фермерам Северной Америки, Австралии, Южной Африки, которые используют известняковые отходы некоторых участков горных разработок как удобрения для кислых почв (Yonger et al., 2002). Многие химические элементы, образующие составные тонкодисперсных известняковых отходов, являются биогенами и микроэлементами, входящими в состав большинства питательных сред и субстратов для культивации культур одноклеточных водорослей.

В ходе рекогносцировочного обследования территории Дагомысского карьера была проведена оценка размерности (по среднему диаметру частиц отходов, на площади 5 на 5 м) отвалов отходов карьера и оценены возможности вторичного рационального использования отходов (таблица).

**Краткая характеристика отходов Дагомысского карьера известняков и возможности их вторичного рационального использования**

Размер частиц отхода	Содержание частиц отхода, %	Возможности вторичного рационального использования отхода	Тип переработки отхода
Крупные (10 и более см)	Менее 5	Основа для создания объекта научно-познавательного туризма (изучение окаменелостей аммонитов, белемнитов и др.)	Восходящий цикл
Средние (5–8 см)	20	Создание дренажного слоя, донных покрытий искусственных водоемов при рекультивации участка добычи Заполнение пустот при земляных работах, в подземных пещерах Отсыпка дорог, отделка поверхности троп при создании и эксплуатации туристского объекта	Нисходящий цикл
Мелкие (5 см и менее)	70–75	Улучшение качества почвы – известкование для кислых почв (мелиоранты)	Восходящий цикл
Тонкодисперсные (менее 100 микрон)	Менее 5	Основа для создания искусственного субстрата для выращивания растений, в том числе в процессе биологической рекультивации участка добычи	Восходящий цикл

**Список литературы:**

Фонтана К.А., Ерзнкян Б.А. Экономика замкнутого цикла – циркулярные образы будущего // Экономическая наука современной России. 2023. № 3 (102). С. 32–46. doi 10.33293/1609-1442-2023-3(102)-32-46. – EDN KLQLQY.

Yonger P.L., Banwart S.A., Hedin R.S. Mine water: hydrology, pollution, remediation. UK: Springer science and business media, 2002. 442 p.

**ПОЛУЧЕНИЕ ТРАНСПОРТАБЕЛЬНОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО БИОУГЛЯ НА ОСНОВЕ СКОРЛУПЫ КЕДРОВОГО ОРЕХА**

Димитрюк И.Д., Зворыгин Я.П., Ибраева К.Т.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия  
i.d.dimitryuk@utmn.ru

Традиционные виды топлива, такие как уголь, нефть и природный газ, продолжают играть важную роль в мировой энергетике, однако их добыча и использование сопряжены с серьезными экологическими и экономическими вызовами. Кроме того, в условиях стремительного роста населения и индустриализации возникает необходимость поиска альтернативных и более устойчивых источников энергии (Climate Change, 2014). Одним из перспективных решений является получение гранулированного топлива, представляющего собой прессованные формы биомассы или угля. Этот метод позволяет использовать различные отходы сельского хозяйства, лесной промышленности и других органических материалов, что снижает нагрузку на полигоны и предотвращает сжигание отходов на открытом воздухе. Тема брикетированного топлива актуальна, так как его использование способствует решению проблем утилизации отходов, а также при замещении традиционных топлив на биомассу позволит сократить выбросы парниковых газов и снизить зависимость от невозобновляемых ресурсов.

В данной работе рассматривали способ получения прочных гранул из полукокса скорлупы кедрового ореха (далее СКО) с добавлением связующего вещества и оценивали влияние

на механическую прочность. В качестве связующего вещества использовали крахмал, муку и декстрин. Согласно схеме (рис. 1), исходное сырье термически перерабатывали с помощью метода пиролиза при температуре 600 °С. Далее приготавливали смеси полукокса со связующим веществом, содержание которого в смеси составляло 3, 5 и 10 %. Из полученной смеси формировали гранулы для дальнейшего испытания их на механическую прочность. Для оценки механической прочности гранул проводили испытания на истирание согласно ГОСТ 34090.1-2017 «Биотопливо твердое. Определение механической прочности пеллет и брикетов».



Рис. 1. Схема получения гранулированного топлива

По результатам исследования максимальная механическая прочность гранул достигает 99,23 % в смеси с содержанием 10 % декстрина, также прочные гранулы получаются с содержанием муки 5 %, 10 % и крахмала 10 % (рис. 2). Добавление связующего вещества в количестве 5–10 % позволяет получать прочные транспортабельные гранулы.

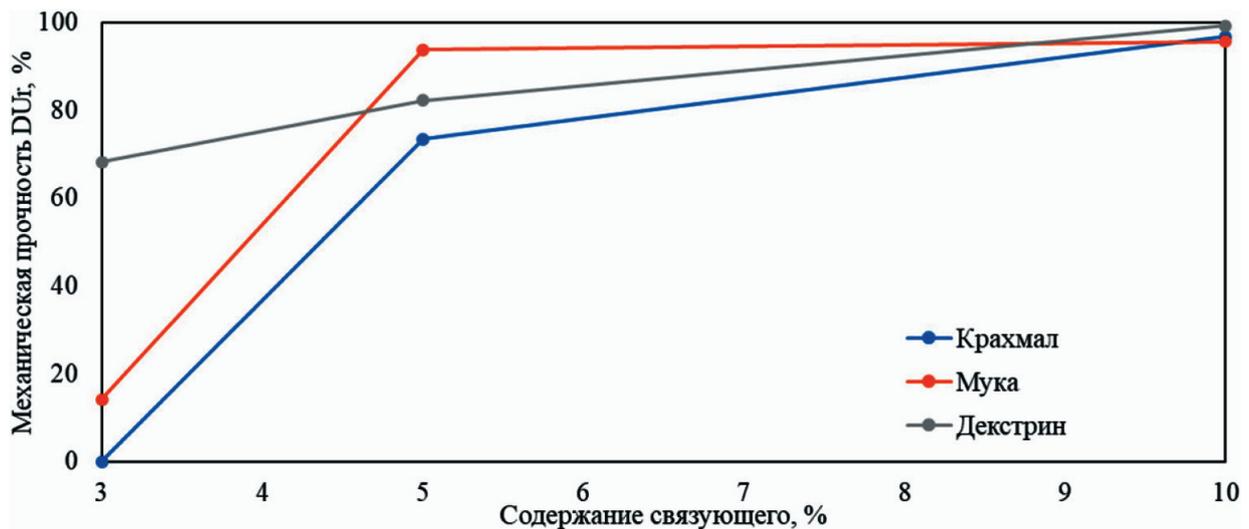


Рис. 2. Механическая прочность гранул

Работа выполнена при поддержке госзадания № FEWZ-2024-0013.

### Список литературы:

Climate Change 2014: Synthesis Report. Geneva, 2014.

## ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ СТРАН БРИКС

Ермолина М.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия  
ermolinama@gmail.com

Один из главных аспектов взаимодействия между государствами-членами в рамках БРИКС касается увеличения производства и экспорта сельскохозяйственной продукции. Экспорт сельскохозяйственной продукции способствует увеличению валютных поступлений и укреплению экономической позиции стран БРИКС на мировом рынке. Еще одной тенденцией является повышение государствами-членами БРИКС инвестиций в сельское хозяйство, улучшение инфраструктуры и повышение эффективности производства. Инвестиции направляются также на модернизацию сельскохозяйственных предприятий, внедрение новых технологий, развитие инфраструктуры орошения и дренажа, а также на поддержку сельских жителей и фермеров. Меры поддержки включают и предоставление им финансовой помощи, обучения, доступа к рынкам сбыта и социальной защиты. Помимо этого, также разрабатываются программы субсидирования, кредитования и страхования сельского хозяйства, направленные на укрепление экономической устойчивости и повышение благосостояния населения в сельских районах.

Странами БРИКС активно продвигаются механизмы устойчивого развития сельского хозяйства, направленные на более эффективное использование ресурсов, защиту окружающей среды и содействие социально-экономическому развитию сельских территорий. Ими внедряются современные методы ведения сельского хозяйства, стимулируется применение органических методов возделывания и развиваются альтернативные источники энергии для сельскохозяйственного производства.

Следует обратить внимание также на плодотворное сотрудничество государств, входящих в БРИКС, с международными организациями в сфере сельского хозяйства, такими как Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) и Всемирный банк. Они обмениваются опытом, участвуют в разработке совместных программ и проектов, направленных на повышение продовольственной безопасности, борьбу с голодом и бедностью, а также на развитие устойчивого ведения сельского хозяйства.

Очевидно, что сельскохозяйственная политика стран БРИКС играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и содействии экономическому росту в контексте выполнения Целей в области устойчивого развития до 2030 г. В условиях изменяющегося климата и глобальных вызовов, таких как урбанизация, деградация почв, потеря биоразнообразия и угрозы пандемий, страны БРИКС продолжают сотрудничать и совместно развивать сельское хозяйство, чтобы обеспечить процветание своих народов и содействовать решению глобальных проблем современности.

### Список литературы:

Беляев В., Павленко Н. Современные проблемы развития сельского хозяйства России // Экономика сельского хозяйства. 2020. № 12. С. 3–11.

Воронина Н.П. Устойчивое («зеленое») развитие сельского хозяйства в условиях климатических изменений: правовой опыт России и Индии // Актуальные проблемы российского права. 2022. № 7. С. 177–186.

Журавлев А. Сельскохозяйственная политика России: проблемы и перспективы. М.: НИУ ВШЭ, 2020.

Таранова Н. Федеральная целевая программа «Развитие сельского хозяйства» и региональная сельскохозяйственная политика // Экономика сельского хозяйства. 2021. № 4. С. 23–31.

## УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПТИЦЕФАБРИК ПУТЕМ ИХ ГРАНУЛИРОВАНИЯ

Ибраева К.Т., Коняхина Я.Е., Астафьев А.В.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия  
a.v.astafev@utmn.ru

Актуальной экологической проблемой агропромышленного комплекса является накопление основного отхода птицефабрик – куриного помета. Средняя птицефабрика на территории РФ ежегодно вырабатывает более 20 тыс. тонн помета, который практически не перерабатывается, а складывается в помехохранилищах, создавая тем самым сложную экологическую ситуацию (Пискаева, 2016). Опасность от хранения куриного помета заключается в том, что он является средой обитания различных патогенных микроорганизмов, это относит его к третьему классу опасных веществ. Использование помета в исходном виде в качестве удобрения также сопровождается рисками для окружающей среды и запрещено на законодательном уровне. Исходя из этого актуальным направлением исследований является поиск технологии переработки куриного помета с целью его утилизации и обезвреживания с получением ценных продуктов.

В связи с тем что куриный помет в исходном виде обладает высокой влажностью, эффективным вариантом является его гранулирование с последующей пиролизической переработкой. При пиролизе помета происходит полная гибель патогенов, при этом образуется твердый углеродистый остаток, который может быть использован в качестве сорбента для очистки сточных вод птицефабрик, и калорийный газ, который может найти применение для собственных нужд предприятия.

Стоит отметить, что при напольном содержании птицы обязательное условие – использование подстилки. Одним из наиболее эффективных материалов является торф, обладающий высокой влагопоглощательной и сорбционной способностью, а также ионообменными и антисептическими свойствами. Доля добавления подстилки рассчитывается в зависимости от количества поголовья и варьируется в пределах от 1 : 1 до 1 : 10 к количеству образующегося помета. Кроме того, важный параметр при изготовлении гранул – температура их сушки. В связи с этим целью данной работы является установление влияния доли торфа в смеси с куриным пометом и температуры сушки гранул на количественный выход твердого углеродистого остатка при пиролизе.

Для проведения экспериментов подготавливали смеси из исходного влажного куриного помета и торфа в соотношениях 90%/10% и 80%/20%. После этого смеси тщательно перемешивали и оставляли в закрытых емкостях на 5 суток. По истечении этого времени из полученных смесей изготавливали гранулы диаметром 12 мм, которые затем сушили при различной температуре и времени выдержки (табл.). Полученные гранулы подвергались пиролизу при температуре 600 °С, после чего согласно ГОСТ 3168-93 определяли количественный выход твердого углеродистого остатка (табл.).

### Выход углеродистого остатка в зависимости от параметров изготовления гранул

Соотношение, %	Температура сушки, °С	Время сушки	Выход углеродистого остатка, %
90/10	20	48 часов	38,6
90/10	40	18 часов	36,7
90/10	90	6 часов	39,1
80/20	20	48 часов	38,2
80/20	40	18 часов	40,9
80/20	90	6 часов	49,5

Согласно полученным результатам, наибольший выход углеродистого остатка (49,5%) достигается при пиролизе гранул в соотношении 80% куриного помета и 20% торфа, изготовленных при температуре сушки 90 °С.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 23-79-01296).

### Список литературы:

*Пискаева А.И.* Анализ способов переработки сельскохозяйственных органических отходов на примере куриного помета // *Аэкономика: экономика и сельское хозяйство*. 2016. № 4 (12). С. 1–8.

## ЛЕСНОЙ ВОПРОС КАК ОСТРАЯ ТЕМА РОССИЙСКО-КИТАЙСКИХ ВЗАИМОТНОШЕНИЙ

**Игнатенко В.А.**

*РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия*  
*ignatenko.vladislava@bk.ru*

Лесные ресурсы – главная составляющая биологического разнообразия нашей планеты, являющаяся потенциальным источником дохода от строительной, деревообрабатывающей и лесной промышленности. Россия занимает первое место по запасам леса (1/5 мировых запасов). Тем не менее леса Сибири и Дальнего Востока, находящиеся в непосредственной близости к перенаселенному азиатскому региону, испытывают сильное влияние человека путем как законного, так и нелегального оборота этим ресурсом, составляющего более 50%.

Китай остро нуждается в продукции лесопромышленного комплекса (ЛПК), ежегодно наращивая закупку на 2–3%. Последние 15 лет Китай остается лидером в импорте российской древесины и изделий из нее: более 2/3 от общего объема данной статьи экспорта РФ. Большой спрос Китая на российскую древесину обусловлен такими факторами, как запрет на вырубку леса внутри КНР, стремительный подъем китайской промышленности, повышение общего уровня жизни и развитие инфраструктуры (Экспорт пиломатериалов...).

Хвойные породы высоко ценятся на российско-китайском рынке, что связано с качественными характеристиками этого вида деревьев. Однако бореальные площади восстанавливаются очень медленно, а при отсутствии должного ухода и охраны территорий этот процесс стагнируется и усугубляется. Экологи акцентируют внимание на дефиците качественной древесины, снижении экологической функции лесов Сибири и ухудшении способности лесов к полноценному поглощению CO<sub>2</sub>.

Другой камень преткновения в данном вопросе – это логистика продукции ЛПК из России в Поднебесную. Сейчас Китай выдвигает множество требований по транспортировке товаров и логистическим связям, из-за чего создается большая нагрузка на пути сообщения. Нарастить экспорт в Китай мешают инфраструктурные ограничения на БАМе и Транссибе, низкий приоритет здесь лесных грузов, а также кризис на местном рынке недвижимости (Экспорт леса...).

К тому же современный Китай, в эпоху санкций и ограничений для России, приобрел статус монополиста на импорт российской древесины, а также на рынке сбыта своей продукции в РФ, из-за чего Китай может выдвигать свои требования ведения торговли.

Необходимо помнить о том, что существует ряд других проблем лесных земель: пожары, вредители, болезни лесов, загрязнение бытовыми и иными отходами, которые в совокупности создают угрозу истощения и исчезновения сибирских лесов.

Следует обратиться к законодательству КНР и РФ: заметны определенные различия. Китайская политика с конца 90-х всерьез взялась за конкретные программы лесовосстановления: охрана естественных лесов, развитие защитных лесных полос, преобразование пахотных земель в леса, пресечение опустынивания, сохранение дикой природы и развитие природных заповедников, развитие лесной промышленной базы в ключевых регионах (Великая зеленая...). Российским деятелям лесной отрасли необходимо перенять этот опыт путем сотрудничества с китайскими коллегами.

Исходя из этого, требуется оценить лесную политику на фоне российско-китайских отношений и предложить наиболее экологичные способы решения проблем лесного фонда российских территорий.

### Список литературы:

Великая зеленая стена // ЛесПромИнформ. URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=6415> (дата обращения: 02.06.2024).

Экспорт леса лежит бревном // Коммерсантъ. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6616402> (дата обращения: 28.05.2024).

Экспорт пиломатериалов, древесины и березового шпона // Экспорто.РФ. URL: <http://xn--j1aiacgdk6f.xn--p1ai/proekty/eksport-pilomaterialov> (дата обращения: 30.06.2024).

## ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ ИНДУСТРИАЛЬНОГО К ОРГАНИЧЕСКОМУ СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ

**Каргинова-Губинова В.В.**

*Институт экономики Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия  
vkarginowa@yandex.ru*

Последние десятилетия в связи с ухудшением здоровья населения, снижением качества экосистем и плодородия почв к сельскохозяйственной деятельности начинают предъявлять новые, дополнительные требования. Постепенно получает распространение переход от индустриального к органическому сельскому хозяйству. Поясним, что под индустриальным сельским хозяйством мы имеем в виду традиционный подход к ведению сельскохозяйственной деятельности, предполагающий использование минеральных удобрений, пестицидов и гербицидов, мелиорацию угодий и сопровождающийся значительным негативным воздействием на экосистемы. Под органическим сельским хозяйством будем понимать подход, который подразумевает применение способов, методов и технологий, направленных на обеспечение благоприятного состояния экосистем, укрепление здоровья граждан, сохранение и восстановление плодородия почв. В частности, речь идет об отказе от гормонов роста, замене синтетических пестицидов и удобрений натуральными компостом и навозом.

В данной работе мы хотели бы рассмотреть, насколько возможно решение существующих экологических проблем за счет отказа от индустриальной в пользу органической сельскохозяйственной деятельности и какие экономические последствия это будет иметь. Таким образом, целью данного исследования является установление изменения экологических и экономических показателей при переходе от индустриального к органическому сельскому хозяйству для определения их экологической и экономической целесообразности.

Методология работы предполагала, в первую очередь, проведение мета-анализа более ранних научных исследований, направленного на выявление негативного экологического и экономического эффекта от сельскохозяйственной деятельности. Известно, что сельское хозяйство приводит к образованию определенных выбросов в атмосферный воздух, насыщению водоемов биогенными элементами, попаданию токсичных веществ в почву и т.д. Это находит отражение в социальных издержках общества: необходимости удаления выбросов и отходов, повышенных затратах на здравоохранение... И, зная объем образующихся выбросов и отходов, сопряженные с ними социальные издержки, мы можем посчитать денежный эквивалент негативного экологического эффекта от сельскохозяйственной деятельности.

Более глубокий анализ экономических эффектов при переходе от индустриальной к органической сельскохозяйственной деятельности осуществлен на примере производителей Российской Федерации. Рассматривалось более 20 тысяч производителей и данные за 2018–2022 гг.

На основании бухгалтерской отчетности были рассчитаны 12 показателей финансового состояния производителей сельскохозяйственной продукции, а также их число в регионе. Рассматривалась зависимость финансовых характеристик и количества производителей от отдельных климатических, экономических, пространственных и институциональных факторов.

Перейдем к результатам. В настоящее время в странах БРИКС органическое сельское хозяйство развито в меньшей степени, чем в среднем по миру. Так, в среднем в 2021 г. органические сельскохозяйственные угодья занимали 2 % от их общей площади в стране, среди стран БРИКС лишь в Египте и Индии этот показатель был несколько выше, в остальных государствах – ниже. В частности, в России органические сельскохозяйственные угодья составляли менее 1 % от их общей площади.

Причины низкого уровня развития органического сектора дифференцированы по странам и не всегда связаны с недостаточным вниманием к вопросам экологии. В России в качестве основных факторов слабой распространенности органического производства можно назвать финансовое состояние сельскохозяйственных производителей, низкую долю земли в частной собственности и восприятие любых фермерских хозяйств как органических.

Переход к органическому сельскому хозяйству позволяет избежать ряда негативных экологических эффектов, характерных для индустриального (например, истощения и деградации почвы, нарушения ее микробиоценоза). В то же время происходит снижение урожайности культур и повышение площади пастбищ (животным обеспечиваются более комфортные условия). Соответственно, наблюдается рост площади сельскохозяйственных угодий, а значит, возможны вырубка лесов и сокращение биоразнообразия. Кроме того, в рамках органического земледелия применяются не синтетические удобрения, а органические, чаще всего навоз, и это приводит к дополнительным выбросам парниковых газов, накоплению в воде биогенных веществ и тяжелых металлов в почве.

Также важно подчеркнуть, что результаты мета-анализа показывают: наибольший потенциал сокращения негативных экологических эффектов наблюдается при переходе к органическому производству продукции растениеводства, наименьший – мяса и молока, однако именно производство мяса характеризуется максимальным отрицательным воздействием на экосистемы. Хотя, безусловно, приведенные данные являются усредненными и различаются по территориям и видам продукции.

Если мы говорим об экономических эффектах перехода к органическому сельскому хозяйству, то, в первую очередь, стоит напомнить о ранее отмеченной тенденции к снижению урожайности и продуктивности производства (исключение – производство мяса, однако период жизни, выращивания животных увеличивается, следовательно, растут и расходы на их содержание). При этом производственные затраты повышаются и из-за применения более дорогих ресурсов, необходимости прохождения сертификации и большей потребности в ручном труде – в среднем на 15 %. В то же время в качестве положительных эффектов, но только для самих органических

производителей, допустимо назвать получение ими доступа к особым мерам поддержки, а также более высокие цены на их продукцию и ее большую маржинальность по сравнению с традиционной.

Таким образом, вследствие ряда объективных факторов себестоимость органического производства практически всегда выше, чем индустриального (разница может достигать 200 %), однако благодаря стимулирующим институциональным мерам и готовности потребителей платить больше за органическую продукцию возможно получение прибыли ее производителями. В целом экономическая целесообразность органического растениеводства превосходит экономическую целесообразность животноводства.

Очевидно, что стимулирующие меры и прочие институциональные факторы существенно различаются по странам. В связи с этим дальнейшее сопоставление финансовых результатов мы проводили на примере Российской Федерации, и, забегая вперед, следует сказать, что это позволило выявить еще один фактор улучшения финансового состояния органических производителей по сравнению с индустриальными.

Так, проведенный детальный анализ финансовых показателей органических и индустриальных производителей показал, что при худших внешних условиях (в более суровом климате, при более бедном населении или более высоких издержках, удаленности от основных рынков – Москвы и Санкт-Петербурга) органические производители начинают работать интенсивнее, оптимизируют структуру капитала и в большей степени полагаются на собственные ресурсы. И, видимо, во многом в силу этого существенного ухудшения результатов их деятельности (в первую очередь, рентабельности) не происходит. Применительно к индустриальным производителям указанная тенденция не наблюдается. А вывод о более качественной работе органических производителей подтверждается и при сравнении показателей одного производителя до, во время и после перехода к органическому производству.

При этом наше исследование показало, что региональные меры поддержки органических производителей способствуют их появлению, но не приводят к улучшению их экономических характеристик. Напротив, наблюдается ухудшение обобщенных показателей органического сектора в силу перехода к органическому сельскому хозяйству тех производителей, для которых он менее экономически целесообразен. В целом это можно связать с чрезмерным вниманием органов власти к выполнению количественных показателей (экстенсивному пути развития органического рынка), даже в ущерб качественным (интенсивному пути).

Соответственно, стоит сделать следующие выводы. Экологическая и экономическая целесообразность органического растениеводства выше, чем животноводства. Однако хотя органические продукты растениеводства больше способствуют снижению воздействия на экосистемы, индустриальное растениеводство в сравнении с животноводством характеризуется меньшим экологическим следом.

В Российской Федерации переход к органическим технологиям не приводит к существенному изменению финансового состояния производителей, однако во многом это происходит благодаря не имеющимся мерам поддержки, а лучшей работе самих производителей. При этом получение максимального эффекта от развития органического сельского хозяйства требует перехода органов власти от экстенсивного пути развития рынка (количественных отчетных показателей) к интенсивному (вниманию к результатам деятельности производителей).

### Список литературы:

*Каргинова-Губинова В.В.* Неорганическая органика: развитие рынка органической продукции при конфликте удовлетворяемых интересов. М.: Первое экономическое издательство, 2024. 300 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИМПЕРАТИВЫ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

**Ключникова Е.М., Маслобоев В.А.**

*Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН,  
г. Апатиты, Россия  
e.klyuchnikova@ksc.ru*

Начиная с первой международной конференции по проблемам окружающей среды (Стокгольм, 1972 г.) в мире активно развивается международное экологическое сотрудничество. Последние десятилетия международное экологическое сотрудничество активно развивалось в Арктике. Арктика – это не просто территория, это область переплетения различных видов деятельности и различных интересов, которые могут быть конфликтны по отношению друг к другу. В процессе трансграничного природоохранного диалога декларировался поиск консенсуса и гармонизации подходов в области охраны окружающей среды различных стран, хозяйствующих субъектов и местных сообществ. Наше исследование выявило, что, несмотря на десятилетия поиска общих подходов, в различных странах сохраняются существенные различия в формировании и реализации природоохранной политики. Цель представленного в докладе исследования состоит в разработке методики оценки и критериев признания деятельности хозяйствующих субъектов положительной или отрицательной для обеспечения экологической безопасности Арктики.

Экологическая безопасность является концептуальной основой экологической политики Российской Федерации. Обеспечение экологической безопасности постулируется Федеральными законами «Об охране окружающей среды» (от 10.01.2002 № 7-ФЗ), «О безопасности» (от 28 декабря 2010 г. № 390-ФЗ), Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. (утверждена указом Президента Российской Федерации от 19.04.2017 г. № 176) и Конституцией РФ (принята 12.12.1993 с изм. от 01.07.2020). Законодательство России содержит в себе научно обоснованные критерии признания любой деятельности экологически опасной, тогда как законодательства других крупных арктических игроков (ЕС, США, Китая) допускают определенную дихотомию между экономическими и экологическими показателями. Треть территории Арктики российская, и наша страна должна четко артикулировать свои экологические интересы в этом регионе. Это необходимо для информационного обеспечения и создания благоприятных условий для конструктивного диалога участников трансграничного природоохранного процесса, в котором уже принимают участие не только восемь «арктических» стран, но другие, обозначившие свой интерес к Арктике и сотрудничеству с Россией в высоких широтах. Это в первую очередь страны-члены БРИКС, Шанхайской организации сотрудничества (ШОС), государства Латинской Америки, Ближневосточного и Азиатско-Тихоокеанского регионов.

Разработанная методика оценки и критериев признания деятельности хозяйствующих субъектов положительной или отрицательной для обеспечения экологической безопасности Арктики базируется не только на положениях законодательства РФ, но и на материалах Национального общественного стандарта «Экологическая безопасность Арктики». Общественный стандарт был разработан под эгидой АСПОЛ и базируется на принципах устойчивого развития, а именно на равнозначности экономического, социального и экологического подходов при ведении любой деятельности в Арктике.

Таким образом, разработка методики оценки и критериев признания деятельности хозяйствующих субъектов положительной или отрицательной для обеспечения экологической безопасности Арктики, основанной на положениях законодательства России и на национальном общественном стандарте, вносит вклад в «импортозамещение» интернациональных природоохранных институтов, в их настройку на соблюдение интересов Российской Федерации.

## БИОРЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ, В БРЕСТСКОМ РЕГИОНЕ

**Колбас А.П.**

*Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Институт природопользования НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь  
kolbas77@mail.ru*

В последние десятилетия новые биологические методы по очистке загрязненных тяжелыми металлами (ТМ) почв, основанные на использовании растений и бактерий, развиваются и применяются для устранения экологических, экономических и социальных ограничений, связанных с традиционными инженерными методами. Такие альтернативные биологические технологии, объединенные термином «биоремедиация», характеризуются как недорогие, экстенсивные и сохраняющие как почву, так и окружающую среду в целом. Биоремедиация может осуществляться по разным направлениям, включающим две основные опции: фитоэкстракция и фитостабилизация, которые концептуально отличаются по способу влияния на загрязнения ТМ. Фитоэкстракция использует способность растений к поглощению металлов (металлоидов) из почвы, транспорту и накоплению их в надземных частях растения (например, в листьях, побегах, ветвях и др.), которые затем собираются и перерабатываются. Вторая стратегия – фитостабилизация – использует растения и микроорганизмы, устойчивые как к неорганическим, так и к органическим загрязнителям и способные переводить контаминанты в нетоксические формы без их непосредственного извлечения из почвы.

Биоремедиация в Брестской области Республики Беларусь была применена на территориях различного функционального предназначения с полиэлементным загрязнением почв: (1) промышленные предприятия по переработке аккумуляторных батарей и хранению отходов производства: ООО «Белинвестторг-сплав» (г. Белоозерск); территория несанкционированного хранения отходов данного предприятия (пос. Зеленый Бор, Ивацевичский район), а также прилегающие территории, попадающие в ареалы техногенного воздействия; (2) полигоны депонирования остатков фильтрации сточных вод КУПП «Водоканал»; (3) полигоны твердых бытовых отходов; (4) садовые агроэкосистемы предприятий различных форм собственности, применяющих интенсивные методы ведения сельского хозяйства; (5) приусадебные участки в черте городских агломераций; (6) придорожные территории, прилегающие к крупным железнодорожным и автомобильным магистралям.

Было показано, что эффективность биоремедиации зависит от нескольких факторов: начальные концентрации загрязняющих веществ, формы их присутствия, типы взаимодействия с почвенной биотой; предлагаемое последующее использование земель и временные рамки, правовые ограничения управления территориями; использование методов, повышающих эффективность технологии (почвенные мелиоранты, специальные сорта, мутантные линии и соматональные вариации растений; биоаугментация, регуляторы роста, агротехнические приемы и др.).

На основе результатов исследований был предложен план управления (фитоменеджмента) в виде полного цикла биоремедиации участков, загрязненных ТМ, с возможностью производства биомассы, который включает следующие этапы: оценка первоначального уровня загрязнения и экологических рисков; подбор методов и технологий, их тестирование в контролируемых условиях; реализация выбранной ремедиационной стратегии в полевых условиях на пробных площадках (пилот); применение успешных стратегий в широких масштабах и конверсия полученной растительной биомассы.

Таким образом, было показано, что поэтапный процесс биоремедиации является конкурентоспособной восстановительной технологией и может найти широкое применение в зеленой экономике.

## РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТА НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА КАК СПОСОБ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

**Колесникова А.В.**

*Федеральное государственное бюджетное научно-исследовательское учреждение  
«Совет по изучению производительных сил», г. Москва, Россия  
starsya@mail.ru*

Транспортная отрасль является одной из самых «грязных» отраслей экономики – выбросы парниковых газов составляют более чем 16% всех выбросов парниковых газов в мире (Sector by sector...). На долю автомобильного транспорта (легковые и грузовые автомобили, автобусы) приходится наибольшее количество выбросов парниковых газов: в странах ЕС – более 70% от общего объема транспортных выбросов парниковых газов (The impact of road...); в России – более 60% (Аликберова и др., 2023).

С целью декарбонизации автомобильного транспорта предлагается: повысить энергоэффективность используемых автотранспортных средств, в том числе за счет разработки и применения соответствующих технологий, отказа (сокращения) от использования ДВС и перевода транспорта на альтернативные виды топлива и др.; проводить политику, направленную на сокращение избыточного, нерационального, необоснованного перемещения грузов и пассажиров; проводить политику, направленную на диверсификацию использования различных источников энергии на АТС с меньшим выбросом парниковых газов (Трофименко, 2022).

В настоящее время к транспорту на альтернативных видах топлива относят транспорт на электричестве, газомоторном топливе (ГМТ) и водороде. Сегодня в мире наблюдается устойчивый тренд развития транспорта на альтернативных видах топлива, что обусловлено экологической, а в отдельных случаях и экономической эффективностью. Кроме того, развитие такого транспорта отмечено в качестве одного из приоритетных направлений по декарбонизации экономики и представлено в соответствующих документах стратегического планирования.

К основным сегментам транспортной отрасли, наиболее востребованным для перевода на электрический транспорт, в настоящее время относят легковой сегмент, сегмент легкого коммерческого транспорта, общественный транспорт. Фактором развития электротранспорта является наличие мер поддержки (субсидирование покупки электромобилей, стимулирование создания общественной зарядной инфраструктуры и др.). Ключевыми рынками электротранспорта являются Китай, США, Германия, Великобритания, Франция, Швеция.

К сегментам транспортной отрасли, наиболее востребованным для перевода транспорта на ГМТ, относятся сегмент тяжелой техники (грузовой автотранспорт, автобусы), а также судостроение (в отдельных странах). Фактором развития транспорта на ГМТ является наличие мер поддержки, направленных как на расширение использования такого транспорта, так и на создание соответствующей инфраструктуры. К странам-лидерам, в которых наблюдается активное расширение использования транспорта на ГМТ, относятся Китай, Иран, Индия, Пакистан.

Развитие транспорта на водороде в настоящее время в ряде стран рассматривается как одно из приоритетных направлений в рамках декарбонизации транспортной отрасли, однако существенного развития до сегодняшнего времени указанное направление не приобрело, находясь на стадии становления. Ключевыми рынками транспорта на водороде являются Республика Корея, США, Китай, Япония и страны ЕС.

### Список литературы:

*Аликберова Т.Т., Белик И.С., Стародубец Н.В.* Адаптация транспортного сектора к процессам декарбонизации в России // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 8 (134).

*Трофименко Ю.В.* Проблемы декарбонизации автомобильного транспорта в Российской Федерации // Транспорт Российской Федерации. 2022. № 6 (103). С. 24–28.

Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://clck.ru/TvrA3/> (дата обращения: 23.07.2024).

The impact of road transport on the environment // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/340394151> (дата обращения: 20.08.2023).

## **РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ ОТ ИСТОЧНИКОВ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ СЕВЕРА ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ**

**Котова Е.И., Туфанова О.П.**

*Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, г. Москва, Россия  
ecorp@yandex.ru*

Атмосфера является динамичной средой, способствующей переносу и перераспределению рассеянного осадочного вещества. Взвешенные в атмосферном воздухе частицы природного и антропогенного происхождения могут переноситься в атмосфере на большие расстояния от источника их образования и осаждаться, в том числе с атмосферными осадками, на наземную и водную поверхность. Нефтегазодобывающее производство оказывает значимую антропогенную нагрузку на окружающую среду. Основными загрязняющими веществами, которые выбрасываются в атмосферную среду в процессе нефтедобычи, считают оксид углерода (47%), углеводороды – 45% и различные твердые вещества – порядка 4%.

Данная работа направлена на исследование процесса перераспределения вещества в северных районах, определение закономерностей распространения примесей, поступающих в атмосферу от объектов нефтегазодобычи отдельных месторождений севера Тимано-Печорской провинции. В работе рассматриваются три месторождения, расположенные на севере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в Ненецком автономном округе: нефтяное Западно-Лекейгинское, нефтегазоконденсатное Южно-Хыльчуйское и нефтяное Ардалинское.

В основе данной работы лежит метод статистики траекторий перемещения воздушных масс (Виноградова, 2014). Данная методология для подобных исследований неоднократно была апробирована в северной и арктической зонах. Для расчета прямых траекторий движения воздушных масс использовалась модель HYSPLIT4 и данные реанализа метеорологических элементов, производимых Национальными центрами прогнозирования окружающей среды (NCER) и атмосферных исследований (NCAR) (<https://www.arl.noaa.gov/>). Расчеты проведены за 2001–2021 гг. Обработка массива траекторий заключается в расчете функции Z, которая характеризует все атмосферные процессы, определяющие перенос примеси по пути от источника. Основные расчетные показатели, отражающие загрязнение окружающей среды в результате выброса примесей от источников, – это концентрация примеси в приземном слое воздуха и поток примеси на поверхность. Информация об объемах выбросов примесей в атмосферу с территорий месторождений была получена на сайте Центра по кадастрам и прогнозам выбросов (CEIP) ЕМЕР.

Результаты исследования показали, что распространение примесей от источников нефтегазодобывающей отрасли с территорий рассматриваемых месторождений в основном происходит в северном и северо-восточном направлениях, имеет место меридиональный перенос.

Установлено, что сезоны года существенно влияют на перемещение загрязняющих веществ воздушными массами от источников Тимано-Печорской провинции. В холодный период года примеси распространяются на значительно большие территории, захватывая акватории

северных морей, при этом увеличиваются атмосферные потоки сажи и взвешенных частиц вблизи источника. Летом циркуляция воздушных масс происходит на наиболее близком расстоянии от потенциальных источников.

В многолетней динамике ареал воздействия атмосферных выбросов за последнее десятилетие (2011–2021 гг.) расширился, при этом увеличилось воздействие на акватории Карского моря. В то же время в результате снижения объемов выбросов потоки антропогенных примесей из атмосферы уменьшились почти в 2 раза.

Исследование выполнено за счет средств гранта РНФ «Атмосферный перенос как источник загрязнения экосистем западного сектора Российской Арктики» № 22-77-10074.

### Список литературы:

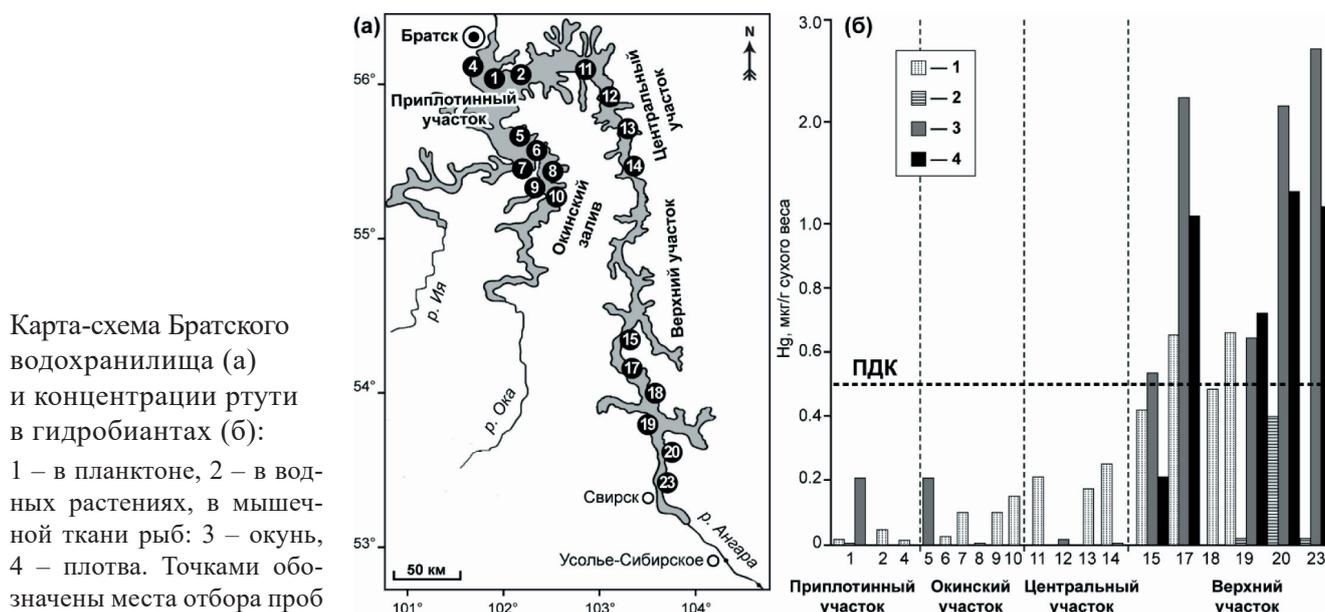
Виноградова А.А. Дистанционная оценка влияния загрязнения атмосферы на удаленные территории // Геофизические процессы и биосфера. 2014. Т. 13, № 4. С. 5–20.

## ПРОБЛЕМА РТУТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

Леонова Г.А., Мальцев А.Е.

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия  
leonova@igm.nsc.ru

Проведены исследования по оценке содержания Hg в воде, донных отложениях и гидробионтах Братского водохранилища. Наиболее сильно загрязнен ртутью верхний участок водохранилища в зоне действия отходов Усольского химического комбината, производящего каустическую соду и хлор методом ртутного электролиза. Максимальные содержания Hg в донных отложениях отмечены на участке водохранилища ниже г. Свирска. Центральный и нижний участки водохранилища менее загрязнены ртутью по сравнению с верхним и рассматриваются как зоны вторичного загрязнения донных отложений ртутью. Максимальные уровни накопления Hg отмечены в гидробионтах верхнего участка водохранилища (рис.).



Прекращение ртутного электролиза на комбинате «Усольехимпром» в 1998 г. привело к уменьшению эмиссии Hg в Братское водохранилище. Снижение среднего содержания Hg до значений, близких к ПДК в воде объектов, используемых для рыбохозяйственных целей, свидетельствует об улучшении экологической ситуации.

В настоящее время (29 июня 2023 г.) Роспотребнадзор зафиксировал 25-кратное превышение ПДК ртути в Братском водохранилище, выявленное при плановом отборе воды из водохранилища. Ртуть в Братское водохранилище могла попасть после прошедших в Иркутской области дождей с промышленной площадки заброшенного комбината «Усольехимпром» в городе Усолье-Сибирское. Опасный металл с неработающего завода попадает в Ангару десятилетиями, концентрируясь преимущественно в донных отложениях.

В настоящий момент демонтажем цеха ртутного электролиза на промплощадке «Усольехимпрома» и рекультивацией территории занимается дочернее предприятие «Росатома» – «Федеральный экологический оператор». Работы должны быть завершены в 2026 г.

Исследование выполнено по государственному заданию Института геологии и минералогии СО РАН (проект № 122041400193-7) в ЦКП Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН.

## РАЗВИТИЕ ПАРТНЕРСТВА БРИКС ПО НОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Матушанский А.В.<sup>1</sup>, Кадыгроб К.А.<sup>1</sup>, Балянов Г.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup> *Координационно-информационный центр государств-участников СНГ по сближению регуляторных практик, г. Москва, Россия*  
g.balyanov@ciscenter.org

В контексте укрепления международного взаимодействия на площадке БРИКС значительную роль играет Партнерство БРИКС по Новой промышленной (цифровой) революции (ПартНИР).

Одним из драйверов развития мировой экономики является химическая промышленность стран БРИКС; продукция предприятий этой отрасли широко используется в сельском хозяйстве, строительстве, автомобильной промышленности и др. Российская химическая продукция играет значительную роль в структуре экспорта страны (5,9% общего объема поставок на внешние рынки в 2023 г.). Приоритетные направления развития отрасли определены в Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 г. и на период до 2035 г. (Распоряжение..., 2023). К таковым отнесено, в частности, создание экосистемы технологического развития химической промышленности, разработки и масштабирования конкурентоспособных отечественных технологий производства.

Формирование Рабочей группы по химической промышленности обсуждалось в 2024 г. в рамках заседания рабочей группы ПартНИР БРИКС, а также в рамках деловой программы Международной промышленной выставки ИННОПРОМ. Рабочая группа сможет способствовать дальнейшему развитию многостороннего сотрудничества в области химической промышленности между странами-участницами. Среди основных преимуществ отметим (1) создание единого информационного пространства, (2) обмен опытом и лучшими практиками в области регулирования химических веществ и химической продукции (Филаткин и др., 2018), (3) стимулирование инноваций и обеспечение устойчивого развития отрасли, (4) реализацию совместных проектов в области зеленой химии и наилучших доступных технологий (НДТ) (Волосатова и др., 2023);

(5) укрепление позиций стран БРИКС на международных площадках, где ведется обсуждение вопросов сбалансированного регулирования химических веществ и эколого-технологического регулирования на основе концепции НДТ.

По итогам дискуссий, состоявшихся на различных площадках в 2024 г., в гармонизации подходов к применению НДТ заинтересованы наши коллеги из Египта, Индии, Китая, Эфиопии. Ожидается, что значительную роль в развитии научно-технического сотрудничества и защиты интересов стран-участниц будет играть поддержка совместных научно-исследовательских проектов и программ по развитию кадрового потенциала в области химических технологий и химической безопасности, наилучших доступных и зеленых технологий, а также цифровизации, в том числе организация семинаров и обучающих программ для специалистов.

### Список литературы:

*Волосатова А.А., Кузьмина Е.В., Матушанский А.В.* Зеленые проекты: таксономия и критерии оценки // Зеленый туман. Альманах ситуационных исследований. М.: Деловой экспресс, 2023. С. 133–150.

Распоряжение Правительства РФ от 09.09.2023 г. № 2436-р «Об утверждении Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года».

*Филаткин П.В., Виноградова Е.Н., Ткачёва Д.А., Балянов Г.А., Муратова Н.М.* Техническое регулирование химической продукции: развитие системы информирования об опасности // Химическая безопасность. 2018. Т. 2, № 2. С. 323–335.

## СВОБОДНЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ КАК ИНДИКАТОР БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

**Меркушева М.Г., Болонева Л.Н., Лаврентьева И.Н., Сосорова С.Б.**

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия  
merkusheva48@mail.ru*

Почвенные аминокислоты являются одним из регуляторов взаимоотношений между растениями и микроорганизмами, которые не только используют, но и пополняют фонд свободных аминокислот в почве. Они способствуют превращению азота из органических соединений и отражают интенсивность микробиологических процессов. Активность микрофлоры, в свою очередь, зависит от гидротермического режима. Изменение аминокислотного состава почв является, как правило, следствием техногенного нарушения экологических условий функционирования экосистем, например, использование для орошения вод неприродного характера. В сообщении приведены результаты воздействия многолетнего орошения речной водой (РВ), очищенными промышленными (лесостепная зона) и бытовыми (сухостепная зона) сточными водами (СВ) на биологическую активность и накопление свободных аминокислот в аллювиальных темногумусовых почвах Забайкалья.

Установлено, что при поливе промышленными СВ в структуре микробного ценоза происходит повышение численности бактерий и сокращение количества актиномицетов и спорообразующих форм, что обуславливает замедление активности минерализационных процессов. Количество нитрификаторов, азотфиксирующих микроорганизмов, свободных аминокислот и активность уреазы в почве снижались по сравнению с контролем и с поливом РВ. Например, содержание свободных аминокислот при орошении СВ уменьшилось в 1,5 раза, а вниз по профилю – в 1,3–3,5 раза и изменялось соотношение их основных групп: увеличивались нейтральные и циклические аминокислоты, снижались – дикарбоновые. По общему содержанию и соотношению основных групп

свободных аминокислот, а также по количеству глутаминовой кислоты можно предположить об угнетении биологической активности почвы при поливе промышленными СВ.

Структура и численность основных групп микробоценоза аллювиальной темногомусовой почвы сухостепной зоны зависела от влагообеспеченности вегетационных сезонов. При орошении и удобрении произошло увеличение доли бактерий и снижение, особенно при поливе бытовыми СВ, количества актиномицетов и грибов. При этом микробная масса закономерно возрастала от мая к августу. Удобрение орошаемых почв способствовало возрастанию численности и усилению активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Развитие нитрификаторов, как наиболее требовательных к условиям среды, угнеталось при поливах СВ, что было обусловлено изменениями свойств почвы, в частности, усилившимся соленакоплением. Использование СВ привело к снижению образования свободных аминокислот по всему профилю почв по сравнению с контролем и с поливом РВ. Внесение минеральных удобрений при орошении СВ несколько увеличило их содержание, но не превышало контроль. Между содержанием свободных аминокислот и гумуса выявлена прямая зависимость. Внесение же минеральных удобрений несколько повышало их содержание. При орошении как РВ, так и СВ увеличивалось приповерхностное концентрирование аминокислот, изменялось соотношение разных групп, уменьшалось количество глутаминовой кислоты. Таким образом, данные по динамике изменений содержания свободных аминокислот (1-й год орошения СВ) и микробиологической активности (2-й год) в почве могут быть использованы для ранней диагностики ухудшения почвенно-экологических условий и для корректировки норм полива и доз удобрений.

## **ТЕХНОГЕННЫЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ИМПАКТНОЙ ЗОНЕ СВИНЦОВО-ПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Михальчук Н.В., Брыль Е.А.**

*Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь  
bryl\_al@rambler.ru*

По данным ВОЗ, среди поллютантов, оказывающих негативное влияние на человека, токсичные тяжелые металлы (ТМ) занимают второе место, уступая лишь пестицидам. Антропогенное вмешательство в природные циклы ТМ, как правило, приводит к их избыточному аккумулярованию в объектах окружающей среды. В этой связи весьма актуальными являются биогеохимические исследования в зонах влияния предприятий, в выбросах которых в воздушную среду присутствуют опасные загрязняющие вещества, включая и ТМ. Одним из таких предприятий, расположенных на территории Брестской области, является ООО «Белинвестторг-Сплав» (г. Белоозерск). Завод осуществляет рециклинг отработанных аккумуляторных батарей и производство марочного свинца и сплавов (порядка 10 тыс. тонн в год). В границах 710-метровой СЗЗ предприятия помимо промышленных и энергетических объектов, инженерных и транспортных коммуникаций расположены также сельскохозяйственные угодья (северо-восточный сектор), фрагментарно – участки луговой и лугово-лесной растительности (юго-восточный сектор). Кроме того, к юго-западной границе СЗЗ примыкает садовое товарищество примерно в 700 м от предприятия.

В качестве основного критерия для оценки степени загрязнения растительности ТМ нами выбран параметр их фоновых концентраций. Обобщенный ранжированный ряд концентраций элементов в листьях дикорастущих древесных растений фоновых территорий для условий юго-запада Беларуси имеет вид: Mn 150,66 > Fe 73,78 > Zn 35,16 > Cu 3,34 > Cr 3,06 > Ni 2,68 >

Pb 0,09 > Co, Cd 0,07. Интенсивность накопления ТМ в растительности оценивали по коэффициенту концентрации (Кк), который рассчитывали как отношение содержания элемента в растениях исследуемой территории к значениям, полученным в фоновых условиях. В качестве критерия аномальности принимали значения  $K_k > 1,5$ .

В результате проведенных исследований установлено полиэлементное загрязнение растительности ареала ООО «Белинвестторг-Сплав». Из наиболее токсичных ТМ выделяются Pb и Cd с существенным преобладанием свинцового загрязнения. Максимальные его уровни выявлены в секторе господствующих ветров (юго-восточный); при этом установлена прямая зависимость снижения уровней аномальности по критерию Кк при увеличении расстояния от источника эмиссий.

Самое высокое накопление Pb фиксируется в древесной растительности в юго-восточном секторе на расстоянии 150 м от источника загрязнения: в листьях березы Кк составил 1013,44, в хвое сосны – 820,78. По содержанию Cd в листьях березы Кк был равен 15,51, хвое сосны – 5,71. Существенное снижение уровней загрязнения Pb, однако все еще многократно превышающее фоновые значения, отмечено в юго-восточном секторе на расстоянии свыше 1 км (Кк 4,22 в листьях березы). В хвое сосны северо-восточного сектора на расстоянии 350 м от предприятия Кк Pb был равен 186,89, в листьях яблони – 39,11. С удвоением расстояния от источника эмиссий (700 м) концентрация Pb в хвое сосны снизилась в 12,6 раза (Кк 14,78). На расстоянии до 1 км в листьях березы Кк Pb все еще составлял 7,22, а в хвое сосны – 11,88.

В листьях березы, яблони и хвое сосны как на северо-восточном периметре садового товарищества в 700 м от предприятия, так и на территории самого товарищества в 850 м от источника загрязнения также фиксируется аномальное содержание Pb – концентрации данного элемента составили от 10,56 до 20,89 Кк. Кроме того, в листьях березы отмечено аномальное накопление Cd (Кк 2,86), Zn (Кк 3,60) и Co (Кк 3,86).

Результаты исследований свидетельствуют о наличии в импактной зоне свинцово-плавильного предприятия контрастных биогеохимических аномалий Pb и Cd, особенно в юго-восточном секторе, что является весомым основанием для корректировки размеров и конфигурации его СЗЗ.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОБОЧНОГО ОТХОДА ОТ ДОБЫЧИ АЛМАЗОВ – САПОНИТА – В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**Никитина М.В.**

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия  
m.nikitina@narfu.ru*

Значительные перспективы в вопросах повышения плодородия открывают сапонитовые глины, которые имеют особый интерес в связи с уникальными характеристиками. Особенно остро этот вопрос рассматривается не только с точки зрения сельского хозяйства, но и с ресурсосберегающей стороны, так как сапонит является многотоннажным побочным продуктом добычи алмазов. На сегодняшний момент учеными проводятся исследования о возможности использования в качестве удобрения и мелиоранта побочных продуктов производства по добыче алмазов ПАО «Севералмаз», расположенного в Архангельской области. На данный момент для агрохимиката Удобрение минеральное комплексного действия Сапонит пройдена процедура ОВОС: установлена его эффективность в отношении роста и развития сельскохозяйственных культур, определены рекомендованные дозы внесения удобрения, доказана их эффективность и безопасность.

Нами проведено исследование сорбционных и миграционных свойств сапонита в условиях его внесения в почву. Данный вопрос интересен для изучения механизмов работы сапонита в качестве мелиоранта и для связывания тяжелых металлов, что может быть полезно для разработки механизмов детоксикации почвы.

Поставлены модельные эксперименты по изучению сорбционных характеристик сапонита по отношению к ионам меди и кадмия, а также опыты по изучению сорбции в системе почва – сапонит по отношению к нитрат-ионам и ионам калия. Экспериментальные исследования сорбционных характеристик сапонита показали, что сапонит обладает хорошими сорбционными свойствами по отношению к металлам. Степень сорбции в области больших концентраций (0,01 моль/л) превышает сорбционные способности почвы в 2 раза, что делает его перспективным в изучении возможности применения для детоксикации техногенно-загрязненных грунтов неорганическими поллютантами. Модельные опыты показали, что механизм сорбционных процессов схож с таким у почв, что подтверждается одинаковой формой изотерм адсорбции по каждому металлу. По отношению к элементам питания растений – нитрат-ионам и ионам калия – в системе почва – сапонит при максимальных дозах его введения, которые рекомендуются ОВОС, на всех исследуемых почвах не происходит сорбции этих элементов. В области малых концентраций сапонит не сорбирует элементы питания, а наоборот, обогащает систему почва – сапонит нитрат-ионами и особенно ионами калия. То есть дополнительного внесения азотно-калийных удобрений при его применении в качестве агрохимиката не требуется. Таким образом, результаты данных экспериментов показывают, что сапонит может быть рекомендован для продолжения исследований эффективности и безопасности использования в качестве мелиоранта для выращивания сельскохозяйственных растений, а также в качестве мелиоранта для почв арктических и приарктических территорий.

Данная работа финансировалась за счет средств проекта (Постановление Правительства Российской Федерации № 218) «Создание высокотехнологичной системы подготовки оборотной воды обогатительной фабрики АО „Севералмаз“ с переработкой отходов в товарную продукцию».

## СТИМУЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РЫНКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В КИТАЕ И В РОССИИ

**Никоноров С.М.**

*МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия  
nico.73@mail.ru*

Современные экологические вызовы и стремление к снижению зависимости от ископаемого топлива побуждают страны по всему миру разрабатывать и внедрять меры для стимулирования развития рынка электромобилей. Эти меры разнообразны и охватывают финансовые, инфраструктурные и регуляторные аспекты, а также научно-исследовательские и просветительские инициативы.

Общая схема субсидирования электротранспорта очень проста – чем больше и лучше рынок, тем меньше субсидий. Субсидии в основном призваны придать ускорение прогрессу в области развития рынка электромобилей, а когда отрасль уже достаточно развилась, то величина субсидий сокращается, а условия для получения ужесточаются. Примеры успешного субсидирования можно наблюдать во многих странах Европейского союза.

Китай занимает первое место по количеству станций для заряда электромобилей. Это способствует быстрому развитию рынка. Почти треть реализованных автомобилей – 9,4 млрд из 30,1 млрд – являются электромобилями и гибридами. Этому способствовал тот факт, что у КНР не получилось составить существенную конкуренцию европейским производителям авто

с ДВС, а также государство выделяло большие субсидии на развитие производства. Китай активно развивает новые технологии, компания CATL разработала натрий-ионные батареи, которые в будущем могут заменить литийные (Что происходит...).

Общая тенденция рынка электромобилей – постоянное развитие технологий и расширяющаяся доля рынка. Есть все основания полагать, что этот сегмент будет привлекать все больше инвестиций, а правительства стран продолжают стимулировать как производителей, так и покупателей для перехода на производство и потребление электромобилей и гибридов. Все меры, предпринимаемые на данный момент для развития электромобилей, сводятся к увеличению объемов производства электромобилей и оборудования для них, созданию собственного электротранспорта и расширению зоны зарядной инфраструктуры. Такие способы стимулирования, как государственные субсидии, налоговые льготы, поддержка развития НИОКР, действительно могут дать результаты, так как в России есть технические возможности для прогресса, однако это не избавляет рынок от существующих проблем.

### Список литературы:

Что происходит на рынке электромобилей в КНР: тренды и прогнозы. <https://companies.rbc.ru/news/KARfKlfDeK/что-происходит-na-rynke-elektromobilej-v-kr-trendyi-i-prognozyi/>.

## ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОД РЕК ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА

**Рыбаков Д.С.**

*Институт геологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия  
rybakovd@krc.karelia.ru*

В настоящем исследовании дана характеристика изменчивости химического состава петрозаводских рек Лососинки и Неглинки под влиянием состава горных пород (анализ по тяжелым металлам и металлоидам) и подземных вод (по главным катионам), а также дождевых осадков разной интенсивности.

Показано следующее:

- элементный состав пород нижнепротерозойского комплекса и гидрохимические особенности подземных вод во многом определяют изменчивый элементный состав речных вод, что подтверждено на основе линейных моделей зависимости между соотношениями концентраций элементов в коренных породах и речных водах, а также путем сопоставления составов главных катионов в речных и подземных водах;
- разноуровневые отклонения от линейных моделей связываются как с естественными факторами, включающими миграционную активность, формы миграции элементов, их вовлечение в биогеохимический круговорот (U, Mn; Ti, Y, Zr, Sc, Be), так и с антропогенным загрязнением городской территории (Cu, Zn);
- антропогенное загрязнение речных вод в пределах периферийных и внутригородских лесных ландшафтов практически отсутствует;
- наиболее загрязнены воды р. Неглинки: статистически обоснованные усредненные концентрации потенциально токсичных элементов (ПТЭ) в межень превышают фоновое (<https://www.rfgf.ru/catalog>) содержание в поверхностных водах ландшафтов средней тайги: U (в 20,4–27,5 раза), Cu, Mo (6,0–6,6), Sb (5,8–6,5 и до 7,3), Ba (5,0–5,2 и до 7,4), Cd (4,0–5,8), Cr (3,9–5,1), P (3,6–5,1), Li (3,2–4,0), Ni (3,1–3,2), Co (2,2–2,6), Mn (1,9–3,2) и т.д.;

– при прохождении дождевых осадков концентрации ПТЭ в воде нижнего течения р. Неглинки значительно возрастают: Ti (в 26,5 раза) > Th = Zr (7,3) > Zn (4,4), V = Ag = Sn (3,9) > W (3,6) > Co > Cr > Cu > Fe > Mn > Pb > Sb (3,0–2,6) > Ni (2,0) и т.д.;

– со стоками дренажно-ливневой канализации в р. Неглинку в ее нижнем течении в сухую погоду поступает больше, чем содержится в речных водах: K (в 3,1 раза) > U > Ba = Na = V (2,2–2,0) > P > Sr > N > Ca (1,9–1,5) и т.д.; после кратковременного дождя концентрация в стоках оказывается выше, чем в это же время в воде реки: Zn (в 3,9 раза) > P (2,0) > K (1,6) > Cu (1,5), однако меньше отмечается: Pb > Mn > Fe (в 2,4–2,0 раза) > Ag > Ti > Mo > Zr = Sb > Mg (1,9–1,5). Сток в реку Zn во время дождя может происходить за счет как вымывания из городских почв, так и, возможно, выщелачивания из искусственных покрытий (асфальт);

– аномальное загрязнение вод р. Лососинки тяжелыми металлами в количествах, превышающих фоновые значения в 1,5–5,3 раза (Cu > Sb > Pb > Cr > Zn > Ni > V), возможно на отдельных промышленно загрязненных участках, что может говорить о разгрузке загрязненных грунтовых вод в гипорейной зоне;

– выявлен набор элементов, концентрации которых в воде р. Лососинки повышаются, в том числе значительно, после сильного продолжительного дождя: Ag (в 495 раз) > Pb (60,6) > Nb > Zn > Hf (49,5–40,3) > Co > Mn (33,6–31,9) > Sn > Cu (24,4–23,6) > ΣTR > Ti > Cd > Fe > V = Sb (18,4–12,1) > Zr > Ba > Ni (7,9–6,7) > Cr > Th > U > As (5,1–3,4) > K > Mo > Li > Sr > Ca (2,9–1,9) > Mg (1,25) > Na (1,12) > W (1,01);

– во время дождя концентрации многих элементов в поверхностных стоках с промышленно загрязненных участков оказываются выше, чем в это же время в речном потоке: W (в 12,5 раза) > Na (10,6) > Mg (9,7) > Mo (8,3) > Li (8,1) > Sb (6,9) > K (6,1) > Ca (6,0) > Sr (5,5) > Pb (3,8) > U (3,0) > Ba (1,8) и т.д. Содержание других элементов выше в водах реки: ΣTR (в 5,3 раза) > Ti (4,1) > Co (4,0) > V (3,3) > Zn (2,1) > Th (1,9) > Zr (1,5) и т.д.

## ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ – ОТРАЖЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

**Сахаров Я.А.**

*Полярный геофизический институт, г. Мурманск, Россия  
sakharov@pgia.ru*

Термин «космическая погода» относят, как правило, к наиболее практически важным аспектам науки о солнечно-земных связях. Эруптивные явления на Солнце сопровождаются вспышками электромагнитного излучения, потоками высокоэнергичных заряженных частиц, а также инъекцией потоков плазмы, формирующих возмущения в солнечном ветре. Замагниченная плазма солнечного ветра, сталкиваясь с магнитным полем Земли, формирует магнитосферу, ту часть околоземного космического пространства, которая определяет поведение плазмы вблизи нашей планеты. Наиболее ярким проявлением взаимодействия потоков заряженных частиц с верхней атмосферой является удивительное по красоте и разнообразию природное свечение, названное полярным сиянием. Увиденное однажды, полярное сияние сопровождает человека на протяжении всей его жизни, для многих из нас это связано с профессиональным интересом, а не только с любопытством. Причудливые узоры аврорального свечения диктуются плазменными процессами и помогают раскрывать тайны космической погоды.

В докладе описываются задачи солнечно-земной физики, решаемые коллективом Полярного геофизического института, связанные с устойчивым развитием населения и индустрии в высоких широтах, в первую очередь в Арктической зоне.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОТОБРАЖЕНИЯ И АНАЛИЗА ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА СТРАН БРИКС

Сидорина И.Е.<sup>1</sup>, Бочарников В.Н.<sup>2</sup>, Позднякова Н.А.<sup>1</sup>, Магид Е. А.<sup>1</sup>, Яковлев А.С.<sup>1</sup>, Шкрябина М.А.<sup>1</sup>, Диденко А.Ю.<sup>1</sup>, Алексеева И.Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Дальневосточное отделение Российской академии наук, г. Владивосток, Россия

*i.sidorina@spbu.ru*

В настоящее время в мире происходит процесс формирования содружества стран (БРИКС), очень разных по своим характеристикам. Для равноценного партнерства необходимо понимать экономические, политические, географические и исторические особенности каждого государства. Одним из важнейших аспектов является представление о природно-ресурсном потенциале страны. Статистическая информация может быть представлена в виде текстов, таблиц и графиков. Но для более углубленного анализа требуется пространственное отображение страноведческих характеристик и корректная визуализация специфики территориальной дифференциации с помощью картографических и геоинформационных методов. Приемы обработки больших массивов данных предоставляют возможность получения результатов, имеющих комплексный страноведческий характер.

Междисциплинарный проект по визуализации природных особенностей, геоэкологических и социально-экономических аспектов стран БРИКС был инициирован в 2023 г., а к настоящему времени появились предварительные результаты коллективной работы.

Для комплексного отображения данных был разработан геоинформационный ресурс с веб-интерфейсом, где геопространственные данные по странам БРИКС представлены в разных форматах: тематические разделы с текстовой информацией; растровые изображения – фото и инфографика; интерактивная карта, с возможностью обновления данных. Ресурс разработан с возможностями для его развития и дополнения.

Исходные источники данных проекта: данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), публичные геобазы данных (данные геоинформатики), открытые статистические справочники, а также научные публикации.

Данные ДЗЗ: лесные; водные ресурсы; сельскохозяйственные земли; данные ночного освещения.

Геоинформационные данные: векторные данные дорожной сети; ООПТ; водно-транспортные пути; информация о населенных пунктах; границы государств и т.д.

Статистические данные: различные демографические характеристики населения (численность, рождаемость и смертность, уровень жизни); научные и высокотехнологические ресурсы; полезные ископаемые; энергоресурсы и т.д.

Производные данные проекта, полученные с применением методов геоинформационного анализа: неосвоенные территории. Неосвоенные территории стран представляют большой потенциал для экономического развития.

Проект по изучению природно-ресурсного потенциала стран БРИКС сейчас находится в стадии активной разработки. Полученные с помощью методов геоинформатики, картографии и ДЗЗ результаты помогут специалистам разных направлений получить комплексную информацию об особенностях изучаемых стран.

## ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ КАК ЭЛЕМЕНТ ПЛАНИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА

Скобелев К.Д.

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва, Россия  
skobelev@mirea.ru

Согласно отчету Всемирного банка, опубликованному в 2018 г., к 2050 г. глобальное образование отходов достигнет 3,40 млрд тонн, поэтому необходимо принять срочные меры по снижению негативного воздействия на здоровье и окружающую среду. В частности, переработка отходов в Арктической зоне представляет собой особую проблему, так как специфика этой территории основана на суровых погодных условиях, удаленности территории и сопутствующих факторах. Важно учитывать, что такие важные для Арктики виды промышленности, как добыча нефти и газа, приводят к росту загрязненности, а это ведет к еще большей нужде переработки отходов. Поэтому необходимо разработать специализированные методы и подходы к управлению процессом переработки отходов в данных условиях.

Для выделения особенностей переработки отходов в условиях Арктики проведена оценка состояния региона, промышленных производств и основных источников отходов. В результате источники отходов в Арктике подразделены на некоторые категории: бытовые, промышленные (горнодобывающая, нефтегазовая сферы, туризм), отходы морского транспорта (сточные воды, мусор), отходы научных станций (исследовательские отходы, химикаты).

Трудности переработки данных видов отходов обусловлены тем, что низкие температуры затрудняют биоразложение и требуют специальных методов обработки, высокие транспортные расходы затрудняют доставку отходов на перерабатывающие предприятия, в отдаленных районах отсутствуют объекты для сбора, обработки и переработки отходов, длительное хранение отходов может представлять экологические риски из-за таяния льда и утечек, а также из-за отсутствия рабочей силы в нужном количестве.

Для центральных регионов России уже разработаны эффективные технологии для обращения с отходами, присутствует соответствующая инфраструктура, но в условиях Арктической зоны необходимо разработать новые методы и системы, которые будут эффективными и экологически безопасными, поскольку важное внимание стоит уделять хрупкой экосистеме Арктики.

Инновационные методы, партнерство между заинтересованными сторонами и законодательный контроль необходимы для обеспечения устойчивого управления отходами в этом регионе. А контроль показателей качества переработки отходов позволит не только эффективно использовать ресурсы, но и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Путем постоянного мониторинга и анализа данных можно повысить эффективность процесса переработки и сократить расходы.

Оптимальным решением для улучшения качества производственных процессов в Арктике за счет переработки отходов является использование технологий замкнутого цикла, а именно – разработка методов повторного использования и переработки материалов для уменьшения отходов. В связи с этим необходимо создание специализированных предприятий по переработке мусора, которые будут заниматься сортировкой, переработкой и утилизацией отходов. Такие предприятия также будут способствовать приобщению местных жителей на новые рабочие места, развитию экономики региона и снижению вреда для окружающей среды. Важно также проводить образовательные кампании среди местных жителей о правильной сортировке отходов и их влиянии на окружающую среду.

## ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сутурин А.Н.<sup>1</sup>, Гончаров А.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

<sup>2</sup> ООО «Иргипробум», г. Иркутск, Россия  
san@lin.irk.ru

Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) – лидер по негативному влиянию на окружающую среду. Заводы ЦБП оказывают воздействие на атмосферу, реки и озера и подземные горизонты. В пределах промплощадок располагаются многотоннажные полигоны отходов. Впервые успешные комплексные работы по решению экологических проблем ЦБК проводились в 1985–1992 гг. на Селенгинском ЦКК в Бурятии. Комбинат забирал из реки Селенги воду на производственные нужды и сбрасывал в реку очищенные промстоки. В атмосферу выбрасывались дурнопахнущие газы. Вокруг комбината на полигонах накапливались миллионы тонн золы углей, шлам-лигнина, коры деревьев и отходов лесопиления. Древесные отходы периодически горели. К решению проблем были привлечены 42 института и организации страны. Были оценены и экспериментально проверены 60 различных предложений и реализованы следующие:

1. Замкнутый водооборот: проведено внутрицеховое сокращение водопотребления, модернизация водоочистки, использование золоотстойника как пруда для возврата воды в производство, прекращен массовый забор воды из реки Селенги и сброс промстоков. Водооборот на СЦКК действует до сих пор.

2. Шлам-лигнин и корьевые отходы предложено не сжигать, а использовать вместе с отходами птицефабрики и золой углей для производства высокоэффективных компостов. 120 тысяч кубометров компостов были внесены на 90 га земель и засеяны топинамбуром, который явился кормом для свинофермы и птицефермы.

3. Зола углей использовалась не только как субстрат для компостов, но и как основа для производства стройматериалов из газобетона. Были построены дома из высококачественных стройматериалов.

4. Работы по прекращению выброса дурнопахнущих газов были прекращены в 1991 г. Сейчас возобновляются работы по созданию специальных фильтров по улавливанию метилмеркаптана, сероводорода и углекислого газа. На площадке Байкальского комбината проводятся работы по развитию экологических технологий. В связи с закрытием Байкальского ЦБК, прекращением сброса промстоков и выброса дурнопахнущих газов влияние промплощадки на озеро Байкал не сократилось. Остался 38-метровый купол сильно загрязненных подземных вод, субаквально разгружающийся в акваторию Байкала. 6,2 млн тонн шлам-лигнина и 2,8 млн тонн золы в полигонах промтоходов нависают над Байкалом, и в случае прохождения катастрофических селей всё содержимое карт может быть вынесено в Байкал, что приведет к экологической катастрофе. Кроме защиты от селей разработаны методы дегидратации, дезодорации и детоксикации шлам-лигнина, разработан регламент создания искусственных почво-грунтов с использованием специальных микробиологических препаратов. Почво-грунты испытаны на участках подготовки саженцев для лесовосстановления.

По работам на Селенгинском ЦКК и Байкальском ЦБК получено 11 патентов, опубликовано в российских и зарубежных журналах свыше 30 статей. Перспективен полигон для реализации технологий на целлюлозных производствах на побережьях Ладожского и Онежского озер и в других регионах стран БРИКС.

## ПОЛИТЭКОНОМИЯ ЗЕЛЕННОЙ ЭКОНОМИКИ

**Толстогузов О.В.**

*Институт экономики Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия  
olvito@mail.ru*

Мировая экономика готовится к новому порядку торговли, выстраиваемому на основе нарратива климатической повестки. Однако данный масштабный процесс трансформации обусловлен фундаментальной экономической причиной – кризисом взаимоотношений производственных отношений и производительных сил (двух сторон общественного производства). Масштабное развитие производительных сил спровоцировало противоречия с геополитическими решениями, трансформировало и представило эти противоречия в формате глобальной повестки. Следовательно, специфика кризиса заключается не столько в вопросе роста производительности экономики и экологии, а сколько в вопросе о месте в экономике самого человека. Поэтому чтобы выбрать требуемую версию политэкономической основы «зеленой» экономики, надо внимательно и критически взглянуть в экономический базис и производственные отношения.

С одной стороны, суть соглашений по климату состоит в юридически обязывающем (вплоть до санкций) характере принятых обязательств по ограничению и сокращению выбросов парниковых газов. С другой стороны, в климатической повестке есть серьезный внутренний контекст, а именно – решение вопроса, как в новом мире делить экономические блага. Поэтому сегодня в мировоззренческом контексте находимся на посткапиталистической развилке. Зеленая экономика и в целом монетизация природного капитала зависят от настройки социальной системы. В условиях либеральной модели эта настройка такова, что ликвидными являются спекулятивные активы, а стратегические, связанные с землей и иными природными ресурсами, по сути, не ликвидны. Этому способствует монетизация рыночной власти монополий, причем осуществляемая за счет всего общества. А в той части, в какой общество не способно или не может платить транснациональным корпорациям, удовлетворение их потребностей происходит за счет природы, а также за счет периферийных территорий, не обладающих сильной экономической властью. В итоге последние имеют плохо обеспеченные активы (связанные с переработкой и восстановлением природных ресурсов).

Однако есть и иной путь – альтернативный глобальной власти транснациональных корпораций – вырабатываемый на основе суверенности национальных государств и усиления инклюзивности институтов. Для его реализации необходимо исключить правовую инверсию – преваляирования частного права над общим, а в отношении земли (как объекта имущественных прав) необходимо вводить ограничения. То есть, по сути, вместо исключительного права (частной собственности) в контрактную систему ввести ограниченное право. В переходе от частной выгоды к интересам общественного производства заключается суть альтернативного подхода. Но чтобы реализовать это на практике, требуется иная политэкономическая основа, которая позволит выстроить иную картину экономического и социального мира.

Таким образом, зеленая экономика и справедливый метод монетизации природного капитала могут осуществиться исключительно через коррекцию производственных отношений и институционализации «зеленых» денег. Это может произойти в условиях перевода долговой экономики в новое состояние, легитимизируемое посредством институционального капитала, обеспечивающего легитимность доказательных решений по выбросам, потокам, секвестрированию углерода. Институциональный капитал воспроизводится через расширение сферы государственного вмешательства (интервенция вширь) и усиление роли государства в уже регулируемых сферах (интервенция вглубь). Тогда риски контролируются

государством и обеспечиваются ликвидностью, в том числе и на фондовом рынке, где обращаются зеленые ценные бумаги, квоты, гарантируемые опять же государством. Тогда рынок зеленых ценных бумаг сможет стать регулятором взаимосвязи финансовых и экологических показателей предприятий – участников фондового рынка. Деньги станут адресными (не фиатными) – «зелеными». В ином случае, играя по правилам долговой (фиатной) экономики, приходим к очевидному результату – к слабой ликвидности и последующей деградации природы и земли.

**V. Актуальные вопросы  
создания ООПТ и охраны природы  
в странах БРИКС:  
возможности сотрудничества**

**Topical issues of PA designation  
and nature protection in BRICS member  
states: opportunities  
for cooperation**



## NATURAL CAPITAL ACCOUNTING AND VALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES (NCAVES) FOR FORMULATING CLIMATE CHANGE RESILIENT POLICIES

**Ramachandra T.V.**

*Energy & Wetlands Research Group,  
Center for Ecological Sciences Convenor, IISc-EIACP, Environmental Information System  
Centre for Sustainable Technologies (astra)  
Centre for infrastructure, Sustainable Transportation and Urban Planning Indian Institute of Science,  
Bangalore, Karnataka, 560 012, India  
tvr@iisc.ac.in; energy.ces@iisc.ac.in*

Ecosystem services are the contributions of ecosystems to the benefits that are used in economic and other human activities. Further, ecosystem services encompass all forms of interaction between ecosystems and people, including both in situ and remote interactions. The supply of an ecosystem service is associated with an ecosystem structure or process or a combination of ecosystem structures and processes that reflect the biological, chemical, and physical interactions among ecosystem components. Ecosystem services are broadly categorised as (i) provisioning services are those ecosystem services representing the contributions to benefits that are extracted or harvested from ecosystems, (ii) regulating and maintenance services are those ecosystem services resulting from the ability of ecosystems to regulate biological processes and to influence climate, hydrological and biochemical cycles, and thereby maintain environmental conditions beneficial to individuals and society, (iii) cultural services are the experiential and intangible services related to the perceived or actual qualities of ecosystems whose existence and functioning contributes to a range of cultural benefits. There is a range of other benefits, for example, concerning relational and intrinsic values, that are not captured in the above categories.

Scientific efforts during the past decade have refined the understanding of ecosystem function, demonstrated the links between functions and the provision of ecosystem services. This knowledge needs to be communicated effectively to decision-makers and the public, which will lead to the development of policies that adequately consider the trade-offs between the conservation of ecosystems and natural resources and economic growth. The value of all ecosystem services, including the degradation costs, needs to be understood for developing appropriate policies toward the conservation and sustainable management of ecosystems. There is an urgent policy need for more comprehensive assessments of the natural capital of ecosystems, which will aid in comparing these aggregate values with the opportunity cost of this land. Policymakers need such information to gain support for conservation funding and engage local communities and develop market-based instruments for conservation. This necessitates accounting for the natural capital found in the forest ecosystems (among others) and incorporating their economic worth added to the measurement of the wealth of a region.

The valuation of ecosystem services of terrestrial ecosystems (forests and agriculture) is implemented district-wise for Karnataka State, India as per the validated protocol – System of Environmental Economic Accounting (SEEA EA; SEEA.un.org), which constitutes the statistical framework for natural capital accounting. Services of the ecosystem services were quantified considering only the contribution of the ecosystem to the benefit, through the residual value method by taking the gross value of the final marketed good to which the ecosystem service provides input and then deducting the cost of all other inputs, including labour, produced assets, and intermediate inputs.

The study focuses on ecosystem services in forest and agricultural ecosystems for 2005 and 2019. Values of 2005 were adjusted through the consumer price index or gross domestic product

(GDP) deflator. These values reflect the actual measures of ecosystem services, which could be compared with ecosystem services of 2019. Comparison of values of services of 2019 with 2005 highlight that there has been a considerable decline in ecosystem services in Karnataka – a 28.5 % reduction in provisioning services (51.6% reduction in forest ecosystems), a 21 % reduction in regulatory services (mainly in forest ecosystems – 27.1 % reduction), and a 1.9 % reduction in cultural services during 2005 to 2019.

Ecosystem services were aggregated to compute the Total Ecosystem Supply Value (TESV). This aggregate measure is also referred to as Gross Ecosystem Product (GEP), which equals the sum of all final ecosystem services (i.e., by monetary values of those services) from ecosystem assets. The TESV of forest and agricultural ecosystems in Karnataka was 3620 billion INR in 2005 (forest ecosystems: 2841 billion INR and agricultural ecosystems: 779 billion INR). However, overall TESV declined in 2019 to 2912 billion rupees, with forest ecosystems driving this decline with a 35 % decline in TESV. The TESV was also compared to the GDP of Karnataka, which is about 10128 billion rupees. TESV of the forest ecosystem is equivalent to 18.1 % of the GDP, and the TESV from agriculture ecosystems is equivalent to about 10.6 % of the GDP in Karnataka.

There has been a 35.4 % reduction in the TESV of forest ecosystems from 2005 to 2019 mainly due to the degradation of ecosystems. The decline in the TESV highlights the degradation of forest ecosystem assets from 2005 to 2019 as shown by the reduction of ecosystem extent and ecosystem condition (Ramachandra et al., 2021a, b). The decrease in value is also demonstrated by a fall in the net present value (NPV) of expected future returns of the ecosystem services supplied by forest ecosystem assets. The NPV of the assessed ecosystems based on 2005 ecosystem flows is about 93130 billion INR (forest ecosystem: 73099 billion INR, agriculture ecosystem: 20031 billion INR). However, the NPV of ecosystems in Karnataka, based on 2019 flows, indicate 74938 billion INR (forest ecosystem: 47214 billion INR, agriculture ecosystem: 27724 billion INR). This highlights that there has been a decline of 35.4 % in asset value of forest ecosystems with the transition of forest ecosystems to croplands or horticulture (agriculture ecosystems), which is correlated to an increase in NPV of agriculture ecosystems by 38 %.

Ecosystem accounts make the value of ecosystem services visible, allowing them to be internalized into decision-making. This enables an assessment of trade-offs between economic development and environmental conservation and restoration, resulting in better-informed decisions. It also allows strengthening the economic case for conserving forests in states in India and developing countries where there can be great pressure to relax forest laws and divert forests to non-forest uses without proper consideration of the sustainability of such actions.

The ecosystem services computed for Karnataka State also support the viability of markets for ecosystem services. The development of such markets requires additional institutional reforms such as changes with respect to property rights and reforms in land and labour markets. The main policy challenge of the future concerns is to promote conservation and develop such markets so that those bearing the cost of conservation can be adequately compensated.

## References:

- Ramachandra T.V., Bharath S., Vinay S., Bharath H.A.* Ecosystem Extent Account for Karnataka. 2021a.  
*Ramachandra T.V., Bharath S., Vinay S., Bharath H.A.* Ecosystem Condition Account for Karnataka. 2021b.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАКАЗНИКОВ И ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

Галкин А.Н., Красовская И.А., Торбенко А.Б.

*Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, г. Витебск, Беларусь  
galkin-alexandr@yandex.ru; iakrasovskaya@yandex.ru; torbenko\_a@mail.ru*

Витебский государственный университет имени П.М. Машерова – крупный региональный научно-образовательный центр северного региона Республики Беларусь, ученые коллективы которого имеют богатый опыт проведения научных исследований в сфере охраны природы и рационального природопользования.

Территория Витебской области отличается уникальными природными комплексами и объектами, многие из которых представляют собой эталонные примеры проявления геологической истории развития региона, имеют особое экологическое, научное, эстетическое значение и формируют категорию особо охраняемых природных территорий (ООПТ) местного значения. В отношении таких территорий и объектов в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами установлен особый режим охраны и использования.

В качестве охраняемых объектов выступают эталонные формы ледниковых образований, принесенных или сформированных примерно 20–17 тыс. лет назад в период поозерского оледенения. В целом Витебский регион представляет собой классический образец ледникового рельефа, осложненного постледниковыми процессами. Это редкие по разнообразию и живописности ландшафты из чередующихся возвышенностей и низин, пересекаемые долинами рек, с многочисленными большими и малыми озерами, термокарстовыми котловинами и заболоченными понижениями, эоловыми формами рельефа.

Изучение валунного материала, составляющего большинство памятников природы местного значения, и уникального сочетания своеобразных форм рельефа позволяет проследить направление движения последнего ледника, оценить геологическую деятельность его отдельных потоков и языков, а также установить соответствующие ему палеогеографические условия.

В период с 2013 по 2018 г. научным коллективом Витебского государственного университета имени П.М. Машерова в тесном сотрудничестве и по заказу Витебского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды проводились работы по инвентаризации особо охраняемых природных территорий в соответствии с Региональной схемой рационального размещения ООПТ местного значения Витебской области на 2014–2023 гг. Было обследовано 34 пространственных (общей площадью 8646,182 га) и 37 точечных объектов Дубровенского, Поставского (2013), Витебского, Полоцкого (2014), Верхнедвинского, Россонского (2016), Шарковщинского (2018) районов.

В результате исследований уточнена и унифицирована топонимия геологических объектов с выделением в наименованиях двух частей: первая – характеризует категорию объекта и ее исторически сложившееся наименование; вторая – отражает местоположение объекта относительно близлежащих населенных пунктов.

Подтверждено установленное ранее соответствие объектов критериям особо охраняемых природных территорий местного значения. Согласно региональной схеме рационального размещения ООПТ местного значения Витебской области свой статус подтвердили 1 ландшафтный, 8 геологических заказников и 61 геологический памятник; 1 геологический памятник утратил эстетический вид и свое научное значение, 1 – оказался утерян. Обоснована целесообразность преобразований в существующих границах двух площадных ООПТ, установлена необходимость дополнительного обследования одного участка.

В целом исследования подтвердили ценность, важность и хорошую сохранность рассматриваемых природных объектов. Участков, существенно нарушенных антропогенной деятельностью, установлено не было. Они находятся в хорошем естественном состоянии и представляют несомненный интерес в качестве ООПТ местного значения.

## ЗЕЛЕННЫЕ ЗОНЫ ИРКУТСКОГО АКАДЕМГОРОДКА

**Китов А.Д., Попов П.Л., Черенев А.А.**

*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия  
plp@irigs.irk.ru*

Бурный рост городов в последнее столетие привел к тому, что в настоящее время в городах проживает две трети населения планеты. Существует тенденция к уплотнению застройки, характерна точечная застройка жилых кварталов и возведение высотных строений. Плохая продуваемость городов и загрязнение промышленными и транспортными выбросами усугубляет экологические условия проживания горожан. В то же время урбанизация, развитие техники ослабляют контакт большинства людей с природой. Вместе с тем потребность в общении с ней органична – среда обитания человека всегда включала как искусственные, так и природные компоненты, причем значение природных компонентов на протяжении почти всей истории было намного больше, чем сейчас. Качество среды обитания городского социума зависит от качества ее техногенной и природной составляющих. Одним из способов улучшения городской среды является расширение зеленых зон в виде парков и скверов. Территории озеленения городов (парки, скверы, бульвары, городские и пригородные леса, газоны и др.) можно назвать «легкими» города, да и любого населенного пункта.

В свое время академик М.А. Лаврентьев, один из создателей Сибирского отделения Академии наук СССР, писал: «Я думаю, что в Сибири будущего не будет городов-гигантов – они не так уж приятны для жизни. Лучше иметь комплексы небольших городов, расположенных на относительно близком расстоянии друг от друга. Не „город-сад“, а скорее „город-лес“ – вот что станет отличительной чертой „сибирской архитектуры“».

Однако в реалиях происходит почти обратное, именно за счет зеленых насаждений производится реконструкция инфраструктуры городов, точечная застройка и другие преобразования городской территории. Поэтому организация и сохранение территорий озеленения наиболее актуальны в экологической жизни городов. Принципы градостроительной организации парка в Академгородке г. Иркутска охарактеризованы А.Г. Большаковым и С.В. Тикуновым.

С советских времен разрабатывались критерии и нормативы организации парков и скверов. Площадь Иркутского Академгородка, куда входит в основном жилая зона, составляет 123 га, а зеленая зона, дешифрированная по космоснимку, с учетом парков, скверов, междомовых газонов – 51 га, менее 50%, так как под застройкой остается 72 га (и это в наиболее озелененном районе). Однако на каждого жителя Академгородка приходится значительная доля зеленых площадей. На 2001 г. в Академгородке проживало 11,8 тыс. человек. Поэтому каждому жителю достается 43 м<sup>2</sup>/чел. В Иркутске в 2024 г. проживало 606369 человек при площади города 270 км<sup>2</sup>, площадь больших парков (более 10 га) и лесопарков, прилегающих к городу, – 8524 га. Это составляет 30% (против 50% по Москве), а на каждого жителя приходится 137 м<sup>2</sup> зеленых насаждений. Казалось бы, очень хорошо. Но парки распределены, так же как и во многих городах, неравномерно. Современная система озеленения г. Иркутска не отвечает в должной мере задачам улучшения состояния окружающей среды, например, отмечается отсутствие озеленения

в районе промышленных предприятий и железнодорожных магистралей, а также недостаточна площадь насаждений в центральной части города.

Учет истории зеленых зон Академгородка и тенденций их развития позволяет прийти к следующим положениям. Дендропарк Иркутского Академгородка должен организовываться с учетом возможности сочетания его рекреационной, спортивно-оздоровительной, познавательной, экологической функций. Требуется учет сложившихся традиций, касающихся использования данной территории местными жителями. Следует продолжить посадки не только местных видов растений, но и интродуцентов. Необходимо взаимодействие структур, имеющих в Иркутске и обладающих соответствующими компетенциями, – Института физиологии и биохимии растений СО РАН, Института географии СО РАН, Ботанического сада, Администрации г. Иркутска.

## **ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ И МОНИТОРИНГ АРКТИЧЕСКИХ БИОТОПОВ КАК НЕОБХОДИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ ПРИРОДООХРАННОЙ СИСТЕМЫ**

**Лавриненко И.А., Матвеева Н.В., Лавриненко О.В., Карсонова Д.Д., Нешатаев В.В.,  
Лапина А.М., Симонова К.И., Цывкунова Н.В., Билая Н.А., Котлярчук Е.А.**

*Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия  
lavrinenkoi@mail.ru*

Местообитания, или биотопы, Арктики являются основой существования представителей животного и растительного мира. В последние десятилетия стало очевидным, что мониторинг состояния биотопов более эффективен, чем контроль популяций отдельных видов. Об этом свидетельствует целый ряд национальных и международных программ и проектов (Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats, 1979; EU Habitats Directive..., 1992; Natura 2000; EUNIS; CarHAB; European Red List of Habitats, 2016 и др.), которые служат важнейшими инструментами государственной природоохранной политики. Выделение и диагностика биотопов основаны, прежде всего, на изучении и картографировании растительного покрова – выделении с применением дистанционных методов физиономически и топографически выраженных территориальных единиц растительности, отражающих экологические особенности участка земной поверхности.

При организации мониторинга местообитаний хорошим примером может служить программа Национального картографирования наземных местообитаний Франции – Cartographie nationale des habitats terrestres (CarHAB). Ее инициировало Министерство экологии Франции в рамках «Национальной стратегии в области сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия». На практике программа CarHAB основана на изучении и крупномасштабном картографировании растительности, которая является интегральным индикатором местообитаний, их состояния и природоохранной значимости. Цель программы – создание к 2025 г. карты наземной и пресноводной растительности местообитаний Франции в масштабе 1 : 25 000 с применением полевых и дистанционных методов в качестве основы для оценки современного состояния и мониторинга биотопов.

Полагаем, что в настоящее время назрела необходимость подготовки подобной Программы, направленной на инвентаризацию и мониторинг биотопов Российской Арктики. В связи с этим коллектив Лаборатории динамики растительного покрова Арктики Ботанического института РАН в настоящее время выполняет проект по классификации, инвентаризации и картографированию биотопов восточноевропейских тундр, а также подготовке списка местообитаний,

нуждающихся в первоочередной охране. При их выделении и характеристике основной акцент сделан на ресурсном потенциале биотопов для растений, животных и человека, что свидетельствует о необходимости комплексного подхода. Разные категории местообитаний имеют различную ресурсную ценность, что позволяет охарактеризовать их с позиций экологической, экономической и природоохранной значимости. Придание им статуса ООПТ какого-либо ранга, учитывая их многочисленность и рассеянность по территории, нецелесообразно, но мониторинг их состояния при планировании и ведении хозяйственной деятельности будет важнейшим дополнением к природоохранной системе арктического региона, поскольку доля ООПТ федерального значения лишь 4,7 % от площади суши Российской Арктики. Учитывая современные технологии дистанционного зондирования, в настоящее время это вполне реализуемо, и позволяет организовать мониторинг таких объектов на обширной территории.

## **РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОПАСНОГО ИНВАЗИВНОГО ВИДА КЛЕНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО (*ACER NEGUNDO* L.) В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА В ПРЕДЕЛАХ БЕЛАРУСИ**

**Мержвинский Л.М., Высоцкий Ю.И., Латышев С.Э.**

*Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, г. Витебск, Беларусь  
leonardm@tut.by*

Клен ясенелистный (*Acer negundo* L.) относится к наиболее опасным инвазионным древесным видам растений на территории Беларуси и сопредельных государств. В настоящее время в республике клен ясенелистный встречается по всей территории Беларуси, местами образуя значительные заросли, а в некоторых местах уже образует монодоминантные растительные сообщества. Он угрожает сохранению биологического разнообразия на заселенных им территориях, а также наносит большой экологический и в ближайшей перспективе будет наносить и экономический ущерб.

Исследования проводились в 2021–2023 гг. в бассейне реки Западная Двина в пределах Беларуси. Эколого-флористические исследования проводились детально-маршрутным методом с применением GPS-навигации; обработка результатов осуществлялась с использованием ГИС-технологий и ГИС-картографирования, решение статистических и расчетных задач – с использованием электронной карты и созданной ГИС распространения клена ясенелистного. В результате нами выявлено 1113 мест произрастания клена ясенелистного общей площадью 251,73 га. Прибором спутниковой навигации *GARMIN GPSmap60CSx* зафиксированы GPS-координаты всех обнаруженных локалитетов клена, сделано их описание. ГИС-анализ расположения очагов и проективного покрытия клена в очагах, анализ возрастного состава очагов инвазии показал, каким путем происходит распространение инвазии.

Установлено, что процесс распространения инвазии клена ясенелистного в долинах рек развивается путем переноса семян вниз по реке из очагов первичной инвазии (взрослые женские деревья). Ниже по реке, где сеянцам клена удалось внедриться в растительность, возникают новые популяции (очаги вторичной инвазии). Эти очаги 2-й генерации располагаются на разном удалении от материнского растения (от 100 м до 10 км). При достижении генеративного возраста деревья в очагах вторичной инвазии распространяют свои семена дальше вниз по реке. В местах внедрения из сеянцев развиваются очаги вторичной инвазии 3-й генерации и т.д. Дана комплексная оценка инвазионного потенциала клена ясенелистного в бассейне реки Западная Двина и угрозы распространения инвазии на отдельных реках бассейна по пятибалльной системе

(очень высокая, высокая, средняя, малая, угрозы нет). Самая высокая угроза распространения клена ясенелистного наблюдается на реке Западная Двина (368 больших локалитетов клена общей площадью 196,69 га), реке Дрисса (зафиксировано 307 очагов инвазии общей площадью 38,86 га). Средняя угроза распространения клена ясенелистного характерна для рек Каспля, Улла, Дисна, Свольна. Малая угроза распространения клена ясенелистного характерна для рек Усвяча, Лучеса, Ушача, Полота, Друйка. На таких реках, как Туровлянка, Лужеснянка, Кривинка, Сарьянка и других, угроза распространения клена ясенелистного на сегодняшний день минимальная. Деревья, которые первоначально были высажены в населенных пунктах с целью озеленения по берегам рек или в некотором отдалении от них, являются очагами начальной инвазии. Также клен распространяется вдоль дорог и по водотокам (ручьям, придорожным и мелиоративным канавам). Угроза распространения и скорость зависят от специфики прибрежных фитоценозов. Низкие берега поймы и тростниковые прибрежные полосы препятствуют инвазии клена ясенелистного.

Клен ясенелистный относится к так называемым «трансформерам», т.е. видам, полностью меняющим тип растительности, преобразовывающим структуру и функционирование экосистем. Высокая конкурентная способность клена ясенелистного обусловлена, в частности, его аллелопатическими свойствами. Биотестирование, полевой эксперимент и газовая хроматография, проведенные нами, подтвердили наличие аллелопатически активных веществ в листовом опаде клена ясенелистного.

## ПОТЕНЦИАЛ РЕГИОНАЛЬНЫХ ООПТ В РАЗВИТИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА

**Панов Ю.П., Панова Е.В., Хлебосолова О.А., Черняева И.Я.**

*Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе,  
г. Москва, Россия  
rektor@mgri.ru; panovaev@mgri.ru; hlebosolovaoa@mgri.ru*

Во всех странах мира особо охраняемые природные территории (ООПТ) служат объектами повышенного интереса туристов, поскольку включают малоизмененные, эстетически привлекательные участки суши и акватории. Зачастую это приводит к деградации экосистем и сокращению видового разнообразия всех категорий ООПТ, что связано с превышением потенциальной рекреационной емкости участков, обладающих уникальной природной ценностью. В контексте задач Десятилетия ООН по восстановлению экосистем суши особое внимание на ООПТ следует уделять развитию экологического туризма, при котором пребывание на территории исключает негативное воздействие на компоненты природной среды и способствует сохранению их целостности. Оно также предусматривает совершенствование системы управления ООПТ для охраны туристских объектов, развитие нормативно-правовой базы природоохранной деятельности, привлечение органов власти, специальных структур, представителей местного сообщества к решению задач развития территории.

Для Российской Федерации особенно актуально развитие экологического туризма в региональных ООПТ, поскольку поддержание их туристско-рекреационного потенциала вызывает особую озабоченность. Региональные ООПТ, в отличие от федеральных, более многочисленны: согласно официальной информации Минприроды России, их более десяти тысяч – преимущественно памятники природы и государственные природные заказники. В последние годы нагрузка на них резко возросла, достигая пиковых значений в праздничные и выходные дни,

а также отпускное и каникулярное время. В отличие от национальных парков, для которых в № 33-ФЗ сформулированы четкие правила развития экологического туризма, требования для региональных ООПТ носят крайне общий характер, содержат типовые рекомендации, не учитывающие местную специфику.

Целью данного исследования стала разработка концепций развития экологического туризма на базе региональных ООПТ субъектов Российской Федерации для изучения реальной ситуации, разработки эффективных управленческих и природоохранных мер. В методологическом отношении исследование предусматривает последовательное применение системного подхода. Основное внимание на первом этапе уделяется анализу нормативно-правовой базы, регламентирующей организацию экологического туризма в федеральных и региональных ООПТ субъекта РФ с целью установления ее полноты и достаточности, а также описанию типичных региональных практик. Второй этап предусматривает сбор и анализ исходных материалов для оценки текущего состояния туристских объектов в пределах выбранных для изучения региональных ООПТ. Он проводится с учетом требований, разработанных на федеральном и региональном уровне, включает использование утвержденных методик, традиционных и инновационных подходов для оценки экологического состояния компонентов природной среды. Третий этап предполагает организацию полевых экологических и социологических исследований для оценки состояния туристских объектов, расчета рекреационной емкости, описания спектра мнений социума. На четвертом этапе основное внимание уделяется разработке планов развития экологического туризма региональных ООПТ. В итоге это позволяет создать такую модель управления экологическим туризмом на региональных ООПТ, которая бы учитывала три главных фактора: реальное состояние экосистем, виды туристического использования территории, ожидания посетителей, представителей туристической индустрии, органов власти и местного сообщества.

## РАСШИРЕНИЕ СЕТИ ООПТ АРКТИКИ НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

**Хлебосолова О.А., Сосна Е.М.**

*Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе,  
г. Москва, Россия  
hlebosolovaoa@mgi.ru; emsosna@yandex.ru*

Степень техногенной деградации естественных экосистем во всем мире максимальна в районах интенсивного промышленного освоения. Здесь формируются техногенно нарушенные земли, утратившие хозяйственную ценность и ставшие источником негативного воздействия на все компоненты природной среды. По данным за 2022 г., площадь нарушенных земель в Российской Федерации составляет более 1 млн га, из которых 450 тыс. га приходится на долю промышленности. Значительная часть этих земель приурочена к районам добычи и переработки полезных ископаемых Арктики ввиду особой уязвимости местных экосистем. Следует отметить, что острота проблемы усугубляется тем, что классические методы рекультивации нарушенных земель, используемые в более южных широтах, оказываются слабо применимыми к экосистемам арктических пустынь, тундр и лесотундр. Разработка новых методов ведется на базе различных организаций и предусматривает снижение экономических затрат, обеспечение пролонгированного эффекта и исключение биологического загрязнения. Целью данного исследования стало проведение комплексного экологического обследования и подготовка

положения о создании ООПТ нового типа в районе добычи и переработки сульфидных медно-никелевых руд в Печенгском муниципальном округе Мурманской области. Особенностью предлагаемой категории ООПТ, названной нами «охраняемой техногенно нарушенной территорией» (сокращенно ОТНТ), является восстановление естественных экосистем на нарушенных землях (вместо сохранения эталонных участков природы).

Проведенный нами анализ истории природопользования в этом районе показывает, что освоение его ресурсов началось более 3000 лет назад и носило комплексный характер. Вместе с тем главным фактором деградации местных экосистем стало длительное (более 70 лет) функционирование медно-никелевого производства и формирование техногенно нарушенных земель, представленных эродированными поверхностями пустошей, карьерами, отвалами вскрышных пород, производственными дорогами, хвостохранилищами и отстойниками. После закрытия плавильного производства в пгт Никель здесь сложилась уникальная ситуация, на примере которой можно изучить влияние техногенно нарушенных земель Арктики на загрязнение воздуха, почв, водных объектов и живых организмов. Это обусловлено тем, что рекультивация нарушенных земель затруднена значительными размерами территории (более 100 тыс. га) и слабой эффективностью (в арктических условиях) стандартных мероприятий.

Сравнение данных дистанционного зондирования 1985–2023 гг. (получены из открытого источника Sentinel hub) для земель к востоку от промышленной площадки «Никель» указывает на двукратное увеличение за этот период площади участков с высокой и средней степенью деградации почвенно-растительного покрова. Вместе с тем данные полевых исследований 2021–2023 гг. свидетельствуют о тенденции к расширению площади криптогамных сообществ, что можно рассматривать как первую стадию восстановительной сукцессии на техногенных пустошах. Для поддержания этой тенденции предложено ограничение любой хозяйственной деятельности, включая работы по рекультивации земель, и создание первой в Арктике региональной ООПТ, главной функцией которой была бы не эталонная и рефугиумная, а эколого-стабилизирующая. Ее создание может стать прецедентом, отражающим принципиально новую тенденцию в развитии территориальных форм охраны природы, а именно – расширение сети ООПТ за счет участков нарушенных земель для разработки методов их реабилитации и решения стратегических задач Десятилетия ООН по сохранению биоразнообразия и восстановлению экосистем суши.

**VI. Семинар для молодых ученых  
«Мониторинг пулов  
и потоков углерода  
в природных экосистемах»**

**Young scientists workshop „Monitoring  
of carbon pools and fluxes in natural  
ecosystems“**



## ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ДЕГРАДАЦИИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОЧВ НА СОДЕРЖАНИЕ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА, ОБЩЕГО АЗОТА И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЦИНХАЙ-ТИБЕТСКОГО ПЛАТО

Ван В.<sup>1</sup>, Абакумов Е.В.<sup>1</sup>, Ву С.<sup>2</sup>, Ян С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет,  
г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Северо-Западный институт экологии, окружающей среды и ресурсов, Китайская академия наук,  
г. Ланьчжоу, Китай  
wangwj\_777@163.com

Согласно шестому докладу МГЭИК, глобальное потепление в XXI веке ожидается превысит 1,5 °С, что неминуемо и во многом необратимо повлияет на многолетнемерзлые почвы и породы (IPCC, 2023). Дегградация многолетнемерзлых почв и пород может привести к высвобождению ранее законсервированных в мерзлоте органического углерода и других микроэлементов как в вертикальном, так и в горизонтальном масштабе. В Цинхай-Тибетском плато были отобраны четыре типичных солифлюкционных рельефа. Объединяя полученные результаты, мы обнаружили, что изменения содержания почвенного органического углерода, общего азота и концентрации микроэлементов различались в поверхностных горизонтах почв (0–30 см) в процессе дегградации многолетнемерзлых почв Цинхай-Тибетского плато. Как правило, интенсивный солифлюкционный процесс приводил к увеличению потери органического углерода и общего азота почв при дегградации многолетнемерзлых почв. При этом органический углерод и общий азот почв могли накапливаться после дегградации многолетнемерзлых почв. Концентрации Fe и Mn увеличивались на 12,74–17,52% и 7,25–10,35%, соответственно, при быстро протекающем процессе солифлюкции, а концентрации Fe, Mn, Zn, Cr, Ni, Cu, Pb и Cd снижались на 3,11–45,07% в ходе медленного процесса солифлюкции. При этом влажность почвы, объемная плотность и pH почв коррелировали с содержанием органического углерода и общего азота в почвах. В то же время pH и содержание неорганических форм углерода в почвах коррелировали с микроэлементами в районах дегградации многолетнемерзлых почв. Наши исследования подтвердили, что процесс дегградации криогенных почв и пород сопровождается изменением содержания органического углерода и общего азота в почвах. Взаимосвязь органического углерода и общего азота почв с микроэлементами требует дальнейших исследований, чтобы выявить конкретные механизмы в районах дегградации криогенных почв и многолетнемерзлых пород.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 24-44-00006) и Китайского стипендиального совета (201907010003).

### Список литературы:

IPCC. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II, III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change // Climate Change 2023: Synthesis Report. Switzerland, 2023. 36 p.

## КАРБОНАТЫ В ПОЧВАХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Емельяненко В.И.

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения  
Российской академии наук, г. Волгоград, Россия  
emelyanenko-v@yfansc.ru

В Волгоградской области 80,8% от общей территории земель занято сельскохозяйственными угодьями (Доклад «О состоянии...», 2023). Почвы степной зоны характеризуются содержанием карбонатов, что определяет запасы неорганического углерода. К углероду минеральной части в большей степени относятся труднорастворимые карбонаты кальция и магния, менее значимую роль играют легкорастворимые карбонаты и гидрокарбонаты щелочей (Фомин, Фомин, 2023; Vasenev, Kuzyakov, 2018).

Исследование проводилось в сухостепной зоне Волгоградской области на двух пробных площадях: ПП № 1 (КЛ) – сухой сосновый бор, ПП № 2 (КС) – сухая степь, на каждом из которых выбраны по пять площадок, площадь каждой площадки 50×50 см.

Минимальное содержание карбонатов в почвах лесной и степной зон одинаково и равно 0,002%; максимальное содержание гидрокарбонатов в почвах лесной зоны 0,061%, в почвах степной зоны – 0,051%. Из этого можно сделать вывод, что в почвах лесной зоны размах значений количества карбонатов выше. В среднем в лесной и степной зонах было обнаружено 0,011 и 0,024% гидрокарбонатов, соответственно, медиана различается более чем в 2 раза – 0,006 и 0,023 для КЛ и КС, соответственно.

В лесной зоне pH в среднем равен 6,29 и колеблется в пределах от 5,27 до 8,75. В степной зоне среднее значение pH равно 6,71 и колеблется от 5,8 до 8,9. Распределение значений pH по глубинам неоднородно.

Для того чтобы более наглядно изобразить связь между содержанием карбонатов, гидрокарбонатов и показателем pH, изобразим все значения на одном графике (рис.).

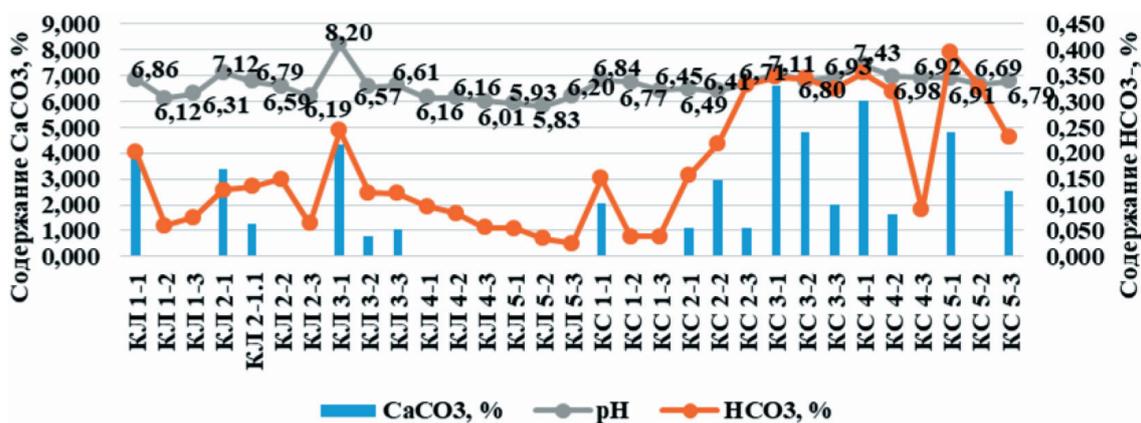


Диаграмма зависимости pH от содержания карбонатов и гидрокарбонатов

Работа выполнена в рамках реализации ВИП ГЗ «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджета углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 23030300031-6).

### Список литературы:

Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2022 году» / Ред. колл.: Е. П. Православнова [и др.]; комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. Волгоград: ТЕМПОРА, 2023. 300 с.

Фомин Г.С., Фомин А.Г. Методическое руководство по сбору и обработке данных о запасах и бюджете углерода на уровне площадки мониторинга в почвах // Москва МБА. 2023. С. 104–107.

Sharififar A. Soil inorganic carbon, the other and equally important soil carbon pool: Distribution, controlling factors, and the impact of climate change // *Advances in Agronomy*. 2023. Т. 178: 165–231.

Vasenev V., Kuzyakov Y. Urban soils as hot spots of anthropogenic carbon accumulation: Review of stocks, mechanisms and driving factors // *Land Degradation & Development*. 2018. Т. 29 (6): 1607–1622.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ВЕДЕНИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

Зеленченкова А.А., Боголюбова Н.В., Колесник Н.С., Вьючная П.С., Лахонин П.Д.

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. акад. Л.К. Эрнста»,  
Дубровицы, Россия  
aly4383@mail.ru

Жвачные животные являются значительными производителями метана из-за энтеральной ферментации, которая происходит в их рубце во время процесса пищеварения (Arguee et al., 2023). В процессе ферментации корма в рубце образуются газы, основные из которых – углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), водород ( $\text{H}_2$ ), азот ( $\text{N}_2$ ) и сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Метан ( $\text{CH}_4$ ) является естественным побочным продуктом микробной ферментации углеводов и в меньшей степени аминокислот в рубце (Samal, Dash, 2022). Изменение рациона жвачных животных с целью уменьшения количества метаногенов поможет уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, а также повысить эффективность животноводческого производства при снижении выбросов метана от животноводства.

Цель исследования – изучить влияние рационов с разным уровнем концентратов на образование метана в организме жвачных.

Работа выполнена в отделе физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, в лаборатории фундаментальных основ питания сельскохозяйственных животных и рыб ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Исследования проведены в условиях физиологического двора ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста в 2023 г. Объектом исследования являлись овцы романовской породы в возрасте двух лет, с живой массой 36–42 кг, с хроническими фистулами рубца по Басову. Согласно схеме опыта, животным 1-го периода скармливали 20% концентратов, 2-го – 30% концентратов, 3-го – 40% концентратов. Выделение метана учитывалось в метаболических камерах открытого типа. В конце каждого балансового опыта у всех животных ( $n = 6$ ) отбирались пробы рубцового и содержимого толстого отдела кишечника для определения количественного содержания метаногенов *Methanobrevibacter smithii* и *Methanosphaera stadtmanae* методом ПЦР-РВ.

Производство метана в рубце в первую очередь связано с метаболической активностью метаногенных архей, вырабатывающих метан в качестве побочного продукта. Основные виды метаногенных архей: *Methanobrevibacter smithii* и *Methanosphaera stadtmanae*, а также *Methanomicrobium mobile* и *Methanosarcina* spp. Эти археи используют  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и метанол для синтеза метана (Greening et al., 2019). В наших исследованиях наиболее зависящими от концентратного типа кормления оказались *Methanobrevibacter smithii*. Их количество не обнаружено в рубцовом содержимом при вводе 40% концентратов, а в кишечном содержимом – начиная с ввода 30% концентратов. *Methanosphaera stadtmanae* оказались более устойчивыми к повышению уровня вводимых концентратов, что требует дальнейшего изучения. Повышение концентратной части рациона в 2 раза способствует снижению выработки  $\text{CH}_4$  ЖКТ в 1,33 раза.

## Список литературы:

Aryee G., Luecke S.M., Dahlen C.R. et al. Holistic View and Novel Perspective on Ruminant and Extra-Gastrointestinal Methanogens in Cattle // *Microorganisms*. 2023. 11: 2746. doi: 10.3390/microorganisms11112746.

Greening C. et al. Diverse hydrogen production and consumption pathways influence methane production in ruminants // *ISME J*. 2019. Vol. 13: 2617–2632.

Samal L., Dash S.K. Nutritional Interventions to Reduce Methane Emissions in Ruminants // *Animal Feed Science and Nutrition-Production, Health and Environment*. IntechOpen, 2022. doi: 10.5772/intechopen.1017.

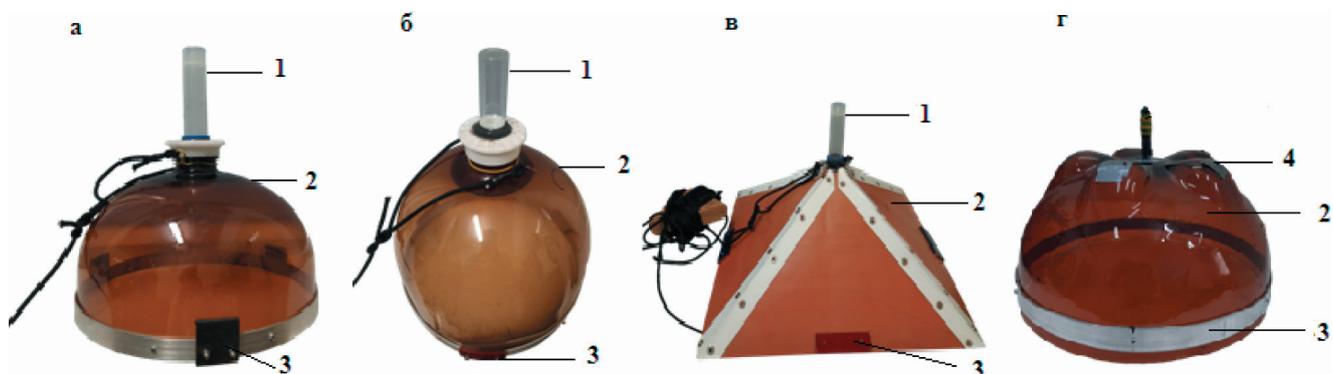
## УСТРОЙСТВО ПЛАВУЧИХ КАМЕР ДЛЯ ОТБОРА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Морозова И.В., Новикова Ю.С.

Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия  
irinamorozova1502@gmail.com; novyuliana@gmail.com

Источникам метана уделяется повышенное внимание, с целью понимания процессов эмиссии и возможности их регулирования. Важными природными источниками метана являются озера. В России насчитывается более 2,7 млн озер с суммарной площадью водной поверхности 408,856 тыс. км<sup>2</sup>. Озера – сложные объекты для теоретического описания эмиссии в них. Эмиссия метана из донных отложений (ДО), главных источников метана в водоемах, происходит тремя основными путями: молекулярной диффузией, пузырьками и через аэренхиму растений. Наряду с эмиссией в водоемах происходит потребление метана метанотрофными бактериями, эти два процесса влияют на суммарное поступление газа в воду и далее в атмосферу. Для создания теории эмиссии метана в водоемах требуется проведение большого количества натуральных экспериментов. Нами предложено устройство камер-ловушек для отбора метана на границе дно – вода и вода – атмосфера.

Для определения диффузионной эмиссии метана из ДО камеру-ловушку устанавливают на поверхность дна на заданное время, используя якорь и поплавок. Донные камеры-ловушки метана представляют собой пластиковые (поликарбонатные) емкости с открытым основанием и накопительным резервуаром для сбора газа (стеклянная виала (v 35 мл) или пластиковая пробирка (v 50 мл)) (рис., а–в).



Внешний вид камер-ловушек метана:

а – донная накопительная полусферическая v 7,6 л, S основания 660 см<sup>2</sup>; б – донная накопительная полусферическая v 11,7 л, S основания 660 см<sup>2</sup>; в – донная накопительная пирамидальная v 20 л, S основания 2500 см<sup>2</sup>; г – поверхностная накопительная v 9,1 л, S основания 661 см<sup>2</sup>; 1 – резервуар для сбора газа, 2 – камера-ловушка, 3 – утяжелитель, 4 – отверстие для отбора газа шприцем

По окончании времени экспозиции ловушку медленно поднимают и под водой, не переворачивая ловушку, выкручивают накопительный резервуар («горлом вниз») и завинчивают крышкой. Плавающую камеру-ловушку устанавливают на поверхность воды (рис., г). Для предотвращения переворачивания и придания большей плавучести камеру помещают в круг из пенопласта. Пробы газа из ловушки отбирают шприцем. Боковые отверстия каждый раз после прокалывания иглой шприца заклеивают скотчем. Самым информативным способом расчета эмиссии метана является метод плавучих камер. Предложенные камеры-ловушки для улавливания метана являются необходимым инструментом для решения вопроса о транспорте метана и других газов из донных отложений на границе разных сред.

Работа выполнена за счет средств ВИП ГЗ/24-10.2 на выполнение научно-исследовательских работ в рамках Соглашения № 169-15-2023-004 от 01.03.2023 г.

## ОЦЕНКА УГЛЕРОДНОГО И МЕТАНОВОГО СЛЕДА ПОСТАВОК СПГ

**Романовская К.С.**

*ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Московская обл., Россия  
K\_Romanovskaya@vniigaz.gazprom.ru*

В современном мире проблематика изменения климата и глобального потепления стоит особенно остро, вызывая активные дискуссии и поиск решений на международном уровне. Одним из ключевых направлений в борьбе с данными вызовами является снижение объемов выбросов парниковых газов (ПГ), прежде всего  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ . В мировом и научном сообществе иницируются исследования не только углеродного (УС), но и метанового следа (МС) продукции, так как  $\text{CH}_4$  является вторым по величине фактором глобального потепления, вызванным деятельностью человека, после  $\text{CO}_2$ .

Амбициозные цели по достижению углеродной нейтральности к середине столетия и стремление к достижению энергетической безопасности порождают ежегодный рост спроса на сжиженный природный газ (СПГ) со стороны стран-импортеров. С ростом индустрии СПГ рынок газа перестал быть локальным и привязанным к трубопроводу, что позволяет говорить о газе как о действительно переходном топливе. В этой связи международная торговля СПГ обладает высоким потенциалом к дальнейшему росту.

Таким образом, учет УС и МС, связанного с транспортировкой СПГ, со временем будет играть все более весомую роль в связи с ужесточением требований к учету выбросов ПГ. Для снижения рисков компаниям необходимо не только оценивать УС и МС, но и обеспечивать прозрачность расчетов, а также полное раскрытие информации, делая весь процесс общедоступным в соответствии с рекомендациями международных стандартов.

Целью данной научной работы является комплексное исследование и анализ УС и МС, связанного с различными маршрутами поставок СПГ, начиная от его добычи и заканчивая конечным потребителем.

В рамках работы проведен анализ доступной научной литературы, статистических данных, а также проведены собственные расчеты и моделирование. В ходе исследования использованы различные методы и инструменты для оценки УС и МС каждого маршрута транспортировки.

В результате исследовательской работы разработана расчетная модель оценки УС и МС различных маршрутов поставок природного газа, а также матрица данных расчетной модели выбросов ПГ для всех этапов жизненного цикла природного газа и маршрутов его поставки.

Также разработана математическая модель расчета УС и МС по всей цепочке поставок природного газа от скважины до конечной точки поставки, включая отдельные модули для различных способов транспортировки и для производства СПГ.

При апробации разработанной математической модели выполнен расчет УС и МС поставок СПГ из России (Сахалин – 2), Австралии (APLNG, Gorgon LNG), Катара (North Field East Project) и США (Sabine Pass Liquefaction). В результате исследования проведено сравнение данных расчетов с исследованиями ANL и Aramco, а также ранжирование маршрутов поставок СПГ в Азиатско-Тихоокеанский регион. Отмечено, что наименьший УС характерен для поставок СПГ из России, Австралии и Катара, наибольший – для поставок из США. При этом поставки СПГ из России составляют наименьший МС.

Результаты исследования имеют важное значение для принятия решений в области энергетической политики и стратегии. Они помогут определить наиболее экологически устойчивые маршруты поставок природного газа, что позволит снизить негативное воздействие на окружающую среду и способствовать достижению целей по сокращению выбросов ПГ. Полученные результаты исследования могут быть использованы для разработки рекомендаций по оптимизации логистических схем поставок природного газа, снижению УС и МС и повышению экологической эффективности энергетической отрасли.

## **ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ НА РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ КИТАЯ ДО 2050 г.**

**Садртинов К.Д.**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия  
sadrtinov.kirill@yandex.ru*

Китай является мировым лидером по генерации электроэнергии на основе возобновляемых источников (ВИЭ). Интенсивный прирост мощностей особенно ветровых и фотоэлектрических электростанций происходит последние десять лет. По данным Национального центра возобновляемой энергетики Китая (CNREC), к 2050 г. в первичном энергопотреблении доля ВИЭ составит 58 %, что сделает их основным энергоресурсом страны. Успех дальнейшей реструктуризации энергетического сектора Китая во многом будет определяться инвестиционными вложениями в энергетический переход, размеры которых оцениваются величиной в \$16 трлн, при этом подразумевается «идеальный» случай полной замены традиционных энергоносителей безуглеродными источниками, в основном ВИЭ.

В данной работе оценка необходимых инвестиционных затрат опирается на сценарий CNREC развития возобновляемой энергетики Китая до 2050 г., с допущениями, что валовое энергопотребление в стране продолжит увеличиваться и, по прогнозным моделям, в середине века достигнет 62495 ТВтч в год; вся электроэнергия на ВИЭ вырабатывается только солнечными сетевыми (СЭС) и ветровыми электростанциями наземного базирования (ВЭС) в годовом объеме 36247 ТВтч; удельные затраты на строительство электростанций не будут превышать уровень 2022 г., т.е. \$1103/кВт для ВЭС и \$715/кВт для СЭС.

С использованием статистических данных IRENA установленных мощностей и годовой производительности электроэнергии на СЭС и ВЭС с 2013 по 2023 г., для каждого типа электростанций рассчитаны: 1) средний коэффициент используемой мощности (КИУМ, %), с помощью которого затем вычислены требуемые дополнительные мощности СЭС и ВЭС для выработки 36247 ТВтч электроэнергии в год, при условии, что в энергобалансе в 2050 г. доля

ветровой или солнечной генерации будет занимать не менее 10% и не более 48%; 2) затраты на установку дополнительных и полную замену установленных к 2023 г. мощностей СЭС и ВЭС; 3) себестоимость электроэнергии на ВИЭ, как отношение капитальных затрат к объему выработанной электроэнергии за весь срок службы электростанции. Отдельно рассчитана себестоимость с поправкой на дополнительные расходы (оплата труда и др.), что увеличивает в 1,5 раза капитальные затраты на строительство станций.

На основе проделанных расчетов установлено: средний КИУМ китайских наземных ВЭС – 22%, сетевых СЭС – 13%, что немного ниже среднемировых значений. Поскольку КИУМ солнечных модулей меньше, чем КИУМ ветряков, то для выработки одинакового количества энергии потребуется в 1,7 раза больше мощностей СЭС, из-за чего капитальные затраты на них выше, несмотря на более высокую стоимость ветроэнергетических установок. Суммарные затраты на строительство новых СЭС и ВЭС варьируют от \$20,2 до \$21,4 трлн. На замену существующих мощностей СЭС и ВЭС необходимо еще \$0,8 трлн. С учетом дополнительных расходов совокупные затраты увеличатся до \$31,5–\$33,5 трлн, что в два раза больше прогнозных оценок \$16 трлн. К 2050 г. общая себестоимость электроэнергии на ВИЭ составит 0,026–0,028 долл./кВтч, с учетом дополнительных затрат 0,038–0,042 долл./кВтч, что сопоставимо с современными среднемировыми значениями LCOE СЭС и ВЭС и однозначно ниже нынешнего уровня цен на электроэнергию в Китае. Солнечная энергия станет дешевле ветровой, их общая себестоимость снижается при увеличении доли СЭС, что компенсируется более длительной эксплуатацией солнечных панелей. Однако максимум инвестиционных затрат в гелиоэнергетику имеет определенные риски и может оказаться нецелесообразным в долгосрочной перспективе энергоперехода. Поэтому для Китая наиболее оптимальный вариант – инвестирование в ветроэнергетику, пока требуемые мощности ВЭС превышают требуемые мощности СЭС, что выполняется, когда на долю энергии ветра приходится 37–48% всего энергобаланса и солнечную энергию до 10–21%.

## ОЦЕНКА ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ПОЧВОЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

**Тимофеев Е.П.**

*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций  
и защитного лесоразведения Российской академии наук,  
г. Волгоград, Россия  
timofeev-e@vafanc.ru*

Проблема изучения и оценки потоков парниковых газов становится все более актуальной вследствие нарастающей антропогенной нагрузки и нарушения баланса парниковых газов в экосистемах (Сергиенко, 2018). В сухостепной зоне на настоящий момент недостаточно исследований в области оценки потоков парниковых газов, что также актуализирует и проблему изучения дыхания почвы (Бурукина, 2023).

Цель данной работы – оценка потоков парниковых газов в почвозащитных лесных насаждениях сухостепной зоны Волгоградской области за вегетационный период.

Измерения проводили на территории тестового полигона интенсивного уровня 2 типа «Камышин» в Волгоградской области в сухостепной зоне в весенне-летний период 2024 г. с использованием автоматической камерной системы измерения газообмена почв.

Результаты показали значительную временную вариабельность данных. С увеличением средней температуры воздуха показатели эмиссии  $\text{CO}_2$  увеличиваются, вариабельность снижается. В марте поток углекислого газа составлял от 0,0002 г  $\text{CO}_2$  до 0,26 г  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$  (коэффициент вариации – 131 %); в апреле показатели скорости выделения углекислого газа варьировались от 0,13 до 0,94 г  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$  (коэффициент вариации – 45 %). Наибольшие величины зафиксированы в мае, где показатели скорости варьировали в пределах от 0,32 до 1,21 г  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$  (коэффициент вариации – 26 %). Среднее выборочное значение эмиссии  $\text{CO}_2$  в марте составляло  $0,05 \pm 0,004$  г  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ , в апреле –  $0,43 \pm 0,01$  г  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ , в мае –  $0,63 \pm 0,01$  г  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ . Подобное постепенное увеличение эмиссии  $\text{CO}_2$  за исследуемый период было также связано с активным ростом и развитием растительного покрова.

Исследование эмиссии метана из почвы показало меньшую вариацию данных по сравнению с  $\text{CO}_2$ . Эмиссия метана с марта по май имеет наибольшее значение в апреле ( $0,28$  мг  $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ ), минимальное (сток) приходится на март ( $-0,27$  мг  $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ ). Вариация данных за весенний период составила в марте от  $-0,27$  до  $0,22$  мг  $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$  (коэффициент вариации – 194 %), в апреле от  $-0,05$  до  $0,28$  мг  $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$  (коэффициент вариации – 373 %) и в мае от  $-0,08$  до  $-0,02$  мг  $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$  (коэффициент вариации – 30 %). Среднее выборочное значение обусловливается поглощением метана почвой, так, в марте оно составляло  $-0,03 \pm 0,004$  мг  $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ , в апреле  $-0,01 \pm 0,002$  мг  $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ , в мае  $-0,04 \pm 0,001$  мг  $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ .

Работа выполнена в рамках реализации ВИП ГЗ «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6).

### Список литературы:

Бурукина О.А. Экономические последствия эмиссии  $\text{CO}_2$  и депонирования углерода // Право, экономика и управление: состояние, проблемы и перспективы. Чебоксары, 2023. С. 85–91.

Сергиенко В.Г. Влияние ожидаемого изменения климата на баланс углерода и продуктивность экосистем в лесном секторе Российской Федерации // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2018. № 1. С. 74–90.

## АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА СТРАН БРИКС

Чжан Ю.<sup>1</sup>, Ерёмин Д.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», г. Мытищи, Россия  
d.ereimin@eipc.center

За последнее десятилетие страны БРИКС добились выдающихся успехов в обеспечении устойчивого развития и переходе к низкоуглеродной энергетике. Несмотря на то что в некоторых странах БРИКС+ наблюдается рост эмиссий парниковых газов, в Бразилии и Южной Африке появилась тенденция к снижению выбросов углерода, а в России и Китае они в основном стабилизировались, в том числе за счет повышения ресурсной эффективности производства и применения возобновляемых источников энергии (Бобылев и др., 2020).

Продуманная система нормативных правовых актов – основа для достижения целей устойчивого развития (ЦУР) ЦУР 7 «Недорогостоящая и чистая энергия» и ЦУР 13 «Борьба с изменением климата». Страны БРИКС должны руководствоваться этими целями устойчивого развития, продолжать совершенствовать законодательство, активно проводить соответствующие просветительские и образовательные мероприятия, а также создавать и улучшать условия для участия общественности в достижении ЦУР (Волосатова и др., 2023).

Представляется, что основное внимание при развитии взаимодействия стран БРИКС+ должно быть сосредоточено на укреплении научно-технического сотрудничества и обмене лучшими практиками в области энергетики и управления выбросами парниковых газов.

Например, странам БРИКС+, использующим угольную генерацию, следует сфокусировать внимание на повышении эффективности сжигания угля, возможности перехода к сжиганию более экологичных видов топлива, использовании энергии воды, а также на разработке совместных проектов в области улавливания, использования и хранения углерода.

В части управления выбросами парниковых газов целесообразно рассмотреть возможность торговли квотами в рамках создания новой платформы БРИКС+ и механизма регионального сотрудничества (Steblyanskaya et al., 2022). Такая платформа позволит укрепить сотрудничество в области технологий сокращения выбросов парниковых газов между странами БРИКС+.

Перспективным направлением сотрудничества для достижения ЦУР 7 и ЦУР 13 могут стать ключевые прорывные технологии (например, взаимодействие между Россией и Китаем в области технологий ядерного синтеза), более чистые и низкоуглеродные технологии (известен опыт Бразилии в сфере возобновляемых источников энергии, особенно в области энергии биомассы, Индии – в области производства биотоплива, а также технологий термической переработки отходов – Waste to Energy).

### Список литературы:

Бобылев С.Н., Барабошкина А.В., Джу Сюан. Приоритеты низкоуглеродного развития для Китая // Государственное управление. Электронный вестник. 2020. № 82. С. 114–139.

Волосатова А.А., Гусева Т.В., Скобелев Д.О. Повышение ресурсной эффективности экономики как приоритет и стратегическая область научно-технологического сотрудничества стран БРИКС // Научно-технологическое и инновационное сотрудничество стран БРИКС. Материалы международной научно-практической конференции. М., 2023. С. 53–58.

Steblyanskaya A., Denisov A., Bobilev S., Razmanova S. How Russia's Trade with China Influences Carbon Dioxide Emissions in Russian Regions // BRICS Journal of Economics. 2022. Vol. 3 (4): 271–298.

## ИЗУЧЕНИЕ СРЕДООБРАЗУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ В СТЕПНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ В СРАВНЕНИИ С ИСХОДНЫМИ

Щавелев А.Н., Мячина К.В., Дубровская С.А., Ряхов Р.В.

Институт степи УрО РАН ОФИЦ УрО РАН, г. Оренбург, Россия  
ditmark12rus@gmail.com

Цель исследования – получить количественные характеристики и выявить динамику некоторых средообразующих параметров степных геосистем, находящихся под влиянием нефтедобычи. Территория исследования – Волго-Уральский степной регион, где выбраны пять пар ключевых участков по принципу «находящийся в условиях техногенного воздействия – эталонный».

В ходе полевых исследований 2023 г. выполнялись инструментальные замеры температуры воздуха и почвы, относительной влажности воздуха и почвы, уровня шума. С помощью снимков спутников Ландсат за период с 2013 по 2023 г. определялись температура поверхности ландшафта, индекс содержания влаги в растительности (NDMI), альbedo поверхности. Результаты полевых и дистанционных исследований показали, что на участках с техногенным воздействием наблюдаются изменения главных составляющих функционирования исходных.

Выявлено, что температура поверхности на участках с техногенным воздействием в среднем выше, чем на парных им эталонных; увлажненность поверхности на участках с техногенным воздействием в среднем ниже, чем на парных им эталонных; альbedo поверхности на участках с техногенным воздействием в среднем ниже, чем на парных им эталонных; уровень шума на участках с техногенным воздействием значительно выше по сравнению с эталонными.

В исследовании в четырех случаях из пяти рассматривались природно-техногенные геосистемы месторождений низшего иерархического уровня – геосистемы скважин. Распространение таких элементарных единиц глобальной природно-техногенной геосистемы месторождения (или сети месторождений) носит диффузный характер, образуя сеть очагов трансформации на обширных территориях. Формируется специфическое пространство техногенного влияния, характеризующееся наложением, пересечением, совмещением зон воздействия объектов нефтегазодобывающего производства. А как известно, локальные изменения климатообразующих параметров и биоразнообразия способны выстраиваться в цепочку, вызывая более масштабные последствия на более высоких геосистемных уровнях.

Безусловно, предполагаемые исследования – лишь часть оценки (в аспекте регулирования климата и атмосферы) текущего состояния средообразующих функций трансформированных степных геосистем. Однако даже выполненная в таком формате, она предоставляет полезную первичную информацию для принятия решений по планированию хозяйственной деятельности на нефтегазоносных территориях. Необходимо осознавать, что имеет место экологический конфликт, связанный с регулирующими средообразующими функциями окружающей среды, – вид экологических конфликтов, набирающих остроту в последнее время, наряду с ресурсными экологическими конфликтами. Учитывая масштабность и длительность разработки российских месторождений углеводородного сырья, предлагаемые исследования призваны помочь органам и лицам, принимающим решения, в решении этого конфликта.

Для минимизации рисков формирования новых региональных и глобальных эколого-экономических конфликтов, связанных со средообразующими функциями геосистем, необходимы регулярный и импактный мониторинг ситуации в природно-техногенных геосистемах и разработка научно обоснованных оптимизационных решений.

## **VII. Материалы круглых столов**

**Proceedings of roundtable sessions**



## ОБ ОПЫТЕ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ ПРОГРАММ ПРИГРАНИЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА РОССИЯ – ЕС ПЕРИОДА 2014–2020 ГГ. (НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ «КАРЕЛИЯ») И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

**Базегский Д.В., Васильева А.В.**

*Отдел комплексных научных исследований Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия  
vasnask@gmail.com*

Программы приграничного сотрудничества Россия – ЕС выступали в качестве одной из наиболее эффективных форм взаимодействия между регионами Северо-Запада России и странами Европейского Союза в области охраны окружающей среды, развития особо охраняемых территорий, циркулярной экономики, экологического туризма и сохранения биоразнообразия. Реализация программ была приостановлена Брюсселем на неопределенное время в марте 2022 г., когда после начала СВО на Украине все контакты с Россией, в том числе и приграничное сотрудничество, были заморожены. При этом полученные результаты и опыт реализации совместных проектов требуют осмысления с точки зрения возможности дальнейшего его использования и тиражирования.

В работе анализируются результаты экологических проектов ППС «Карелия» на российской территории (Республика Карелия). Выявлены наиболее успешные примеры применения «зеленых» решений и технологий для решения локальных экологических проблем. Часть проектов была реализована в районах края, относящихся к Арктической зоне России, что позволяет говорить об успешной апробации наработок в арктических условиях. Для достижения поставленной цели в работе сформирован подход, включающий в себя гармонизированный набор научных методов: сравнительный и контент анализ, статистический анализ и картографический метод, социологический опрос и интервьюирование. Информационной базой исследования стали данные Росстата, ведомственные данные Минприроды и Росприроднадзора, результаты опросов и интервью. При этом анализ статистических данных подтвердил существующие негативные тренды для арктических территорий по таким показателям, как динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников и автомобильного транспорта, динамика показателей по сбросу сточных вод, а также показатель по количеству несанкционированных свалок отходов. Анализ отчетов, представленных в открытых источниках информации, и результаты опроса российских организаций, участвовавших в реализации экологических проектов программы «Карелия», позволили сформулировать некоторые значимые для настоящего исследования выводы:

1. Участие в ППС «Карелия» для российских организаций стало хорошей «школой» проектного управления, знакомства с экологической повесткой северных соседей и успешной попыткой применения передового опыта для решения местных экологических проблем.

2. Наиболее активно новые технологии и инженерно-технические решения применялись в области ресурсосбережения, энергоэффективности, водоснабжения и водоотведения, улучшения системы утилизации твердых бытовых отходов, развития экологического просвещения.

3. Полученные в ходе реализации проектов «зеленые» технологические наработки были успешно внедрены и, что немаловажно, апробированы в условиях карельской Арктики, а значит, могут быть тиражированы и на других территориях Арктической зоны России.

4. Использование «зеленых» наработок корреспондируется с задачами по освоению и развитию территорий Арктики в рамках стратегических документов Российской Федерации и может ускорить выполнение поставленных задач по переходу на новые виды топлива, внедрению энергоэффективных технологий и поможет сохранить уязвимую северную природу.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Тема № FMEN-2024-0013 «Вопросы обеспечения экологической безопасности в Арктике»).

### Список литературы:

Commission suspends cross-border cooperation and transnational cooperation with Russia and Belarus. 4 March 2022. Press-release. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_22\\_1526](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1526).

## ПЕРСПЕКТИВЫ МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В АРКТИКЕ НА ПРЕДСТОЯЩЕЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ

**Заика Ю.В.**

*Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского научного центра РАН,  
г. Апатиты, Россия*

*Секретариат Международного арктического научного комитета (представительство РФ)  
y.zaika@ksc.ru*

Геополитические события текущего десятилетия активно изменяют существовавший длительное время ландшафт международного сотрудничества в глобальном контексте и в Арктике в частности. Сменяющиеся форматы, виды, географии, институты, акторы сотрудничества создают разнонаправленный спектр возможностей взаимодействия, которые могут очертить векторы сотрудничества не только на короткие временные перспективы, но затрагивают и более долгие горизонты планирования.

Предстоящее десятилетие для арктических исследований наполнено расширением географического и политического аспектов в архитектуре международного сотрудничества, где они всегда носили обостренный, но взаимодополняющий характер.

Наблюдаемая в настоящее время политическая поляризация научного пространства в арктическом регионе влияет не только на краткосрочные связи и сотрудничество, но и на процессы стратегического планирования научных исследований для региона в будущем. Глобальное научное сообщество в настоящий момент находится в важном историческом моменте обсуждения приоритетов научных исследований в полярных регионах планеты, в центре пути от четвертого Международного полярного года 2007–2008 (МППГ4) с его завершающей конференцией в г. Монреале в 2012 г. к пятому Международному полярному году 2032–2033 (МППГ5). Подготовка и проведение МППГ4 охарактеризовались глубоким организационным самоанализом происходящих процессов в научном пространстве, а также более концептуальным видением научной повестки всего МППГ как глобального процесса исторической значимости, начиная с 1882–1883 гг. (МППГ1).

Подготовка и обсуждение программ и планов научных изысканий МППГ4 обозначились активным вовлечением всех географий и акторов в научное сотрудничество, а завершился Год декларированием наследия полярных исследований, которые актуализировали важность непрерывности и преемственности научного знания и наблюдений, а также неразрывной холистической природы происходящих процессов в полярных регионах Земли. Несмотря на это, текущие этапы подготовки к МППГ5 в арктическом научном пространстве обусловлены усиленной политизацией, которая зачастую идет в разрез заявленному наследию и опыту МППГ4, а также обнажает эпистемологический кризис и противоречие Глобального Севера и Глобального Юга в системе международных отношений. При активном участии в обсуждении приоритетов

полярных исследований стран Глобального Севера такие важные игроки, как Россия и страны Глобального Юга, практически исключены из процесса стратегического планирования будущего исследований арктического региона на мировой арене.

Как позиционируется действующими участниками процесса разработки плана, приоритетов и стратегий подготовки к МПГ5, предстоящая программа будет носить еще более масштабный, глобальный характер, что подразумевает участие в ней всех заинтересованных сторон. Такое положение дел предопределяет необходимость самоорганизации наибольшего в количественном отношении сообщества стейкхолдеров в планирование арктического научного сотрудничества, а также для совместной подготовки и реализации научных проектов в Арктике в рамках собственных интересов и долгосрочных крупномасштабных инициатив глобального характера.

## **КЛИМАТ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОТРУДНИЧЕСТВА РАСШИРЕННОГО СОСТАВА СТРАН БРИКС В АРКТИКЕ И КЛЮЧ К ОБЩЕЙ ПОЛЯРНОЙ ПОВЕСТКЕ**

**Стрельникова И.А.**

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия  
istrelnikova@hse.ru*

1. Предпосылки к становлению БРИКС как одного из форумов для развития сотрудничества в Арктике:

- политическая турбулентность;
- необходимость наличия формата сотрудничества, который будет долгосрочным и будет функционировать в кризисные периоды;
- серьезный экономический интерес Китая и Индии в Арктике и большой научный интерес Бразилии и ЮАР в Арктике;
- гибкий механизм и политический вес БРИКС на международной арене;
- разворот в сторону сотрудничества с дружественными неарктическими странами.

2. Специфика арктической политики новых стран-членов БРИКС в области климата.

Иран. Концентрирует усилия на развитии транспортного коридора «Север – Юг», науке и образовании и охране окружающей среды. Иран поддерживает развитие океанографических исследований. В 1992 г. создан Иранский институт океанографии и атмосферных наук.

ОАЭ. Подчеркивают актуальность кооперации в области борьбы с изменением климата, энергетики, логистики и науки. В 2022 г. запущена программа «Третьего полюса».

Саудовская Аравия. Возможные сферы взаимодействия в полярных регионах: климат, энергетика, зеленая экономика, особый акцент на охране окружающей среды и природных ресурсов. Принят основной документ Saudi Vision 2030, определяющий ключевые приоритеты.

Египет. В качестве возможного направления сотрудничества вопросы изменения климата – Egypt’s National Strategy for Adaptation to Climate Change And Disaster Risk Reduction.

Эфиопия. Демонстрирует особый интерес к расширению возможностей по борьбе с изменениями климата, преодолением экологических кризисов.

3. Многостороннее сотрудничество стран БРИКС в области защиты окружающей среды.

Взаимодействие в основном сводится к совместным научным исследованиям.

Для укрепления арктического сотрудничества в рамках БРИКС возможен запуск инициативы, направленной на борьбу с загрязнением, по аналогии с инициативой «Чистые реки». При этом

географический охват в данном случае должен быть расширен и включать в себя территории, расположенные в регионах трех полюсов: Северного, Южного и третьего полюса – Гималаи.

#### Меры по развитию сотрудничества

Анализ арктических стратегий и официальных документов стран БРИКС показывает, что ключевым и общим интересом для всего расширенного состава БРИКС является сотрудничество в области климата и охраны окружающей среды. Проблема изменения климата особо остро стоит именно в Арктике, при этом оказывая влияние на другие регионы, поэтому необходима реализация совместных проектов, в первую очередь через развитие технологий наблюдения и создание совместной системы мониторинга в Арктике.

#### 4. Общая Полярная повестка стран БРИКС.

Принимая во внимание расширение БРИКС с января 2024 г., на повестку дня выходят вопросы международного сотрудничества стран БРИКС уже не только в разрезе одного Арктического региона, но и в разрезе сотрудничества в рамках Южного полюса – Антарктического региона, а равно набирающего в настоящее время актуальность взаимодействия стран в регионе Третьего полюса – Гималаев, что в перспективе может привести к формированию общей Полярной повестки БРИКС.

## РОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ДИПЛОМАТИЯ: ВОСТОЧНЫЙ ВЕКТОР

**Шлапеко Е.А., Кондратьева С.В.**

*Институт экономики Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия  
shlapenko\_kate@mail.ru; svkorka@mail.ru*

Ситуация в международных и межрегиональных транснациональных отношениях претерпевает радикальные перемены, и в изменившихся условиях резко возрастает значимость восточного вектора внешней политики России не только на национальном, но и на региональном уровне. В настоящее время широкое распространение получили практики участия российских некоммерческих организаций (НКО) в поддержании международных контактов как с отдельными зарубежными организациями, так и с общественностью других стран.

Эксперты склонны рассматривать общественную дипломатию как одно из направлений публичной дипломатии государства (Васильева, Антончева, 2019). Субъектами общественной дипломатии выступают общественные организации, экспертные сообщества, частные лица и др. Публичная дипломатия рассматривается как система именно государственных институтов, механизмов и программ. Однако объект и цели общественной и публичной дипломатии совпадают: «объект – это общественное мнение за рубежом, а цель – создание позитивного имиджа и налаживание долговременных добрососедских взаимоотношений» (Шлапеко и др., 2023, с. 565).

Грантовая деятельность крупнейшего российского фонда – Фонда Президентских грантов (ФПГ) – по направлению «развитие общественной дипломатии и поддержка соотечественников» служит ярким примером государственной поддержки международных общественных инициатив, демонстрирует тенденции и перспективы развития данного направления. За исследуемый период 2017–2023 гг. было поддержано и реализовано 554 гранта по развитию общественной дипломатии. Анализ проектов с учетом количественных, географических, экономических, тематических и целевых аспектов в рамках ФПГ позволил выделить несколько основных тенденций развития общественной дипломатии:

- усиливающаяся роль направления в политике ФПГ исходя из национальных интересов в сфере международных отношений;

- устойчивый тренд поддержки проектов с географическим вектором на страны СНГ и Азии.

Кроме того, выделяется ряд регионов-лидеров по количеству проектов-победителей (Москва, Свердловская область), при этом география участвующих в реализации поддержанных проектов регионов значительно шире.

Следует подчеркнуть, что в эпоху международной турбулентности проекты общественной дипломатии приобретают особую значимость и актуальность, открывая новые возможности для развития контактов между регионами России и странами мира. Опыт общественной дипломатии может быть применен для стабилизации международного общения на федеральном, региональном и локальном уровнях.

### Список литературы:

*Васильева О.С., Антончева О.А.* Концепт общественной дипломатии // Научные труды Северо-Западного института управления РАНХиГС. 2019. Т. 10, № 4 (41). С. 196–205.

*Шлапко Е.А., Артеев С.П., Кондратьева С.В.* Динамика развития общественной дипломатии в качестве инструмента «мягкой силы» в современных международно-политических реалиях: кейс Республики Карелия // *Ars Administrandi* (Искусство управления). 2023. Т. 15, № 4. С. 560–579. doi: 10.17072/2218-9173-2023-4-560-579.

## RESOLUTION

### **2<sup>nd</sup> International Conference „Regional cooperation within the BRICS: modern environmental and nature management issues“**

*September 18–20, 2024,*

*11 Pushkinskaya St., Petrozavodsk, Russia*

The 2<sup>nd</sup> International Conference „Regional cooperation within the BRICS: modern environmental and nature management issues“ organized by the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences with support from the Russian National Committee on BRICS Research took place in Petrozavodsk (Republic of Karelia, Russia) on September 18–20. Thematically, the conference focused on discussing regional cooperation within the BRICS and identifying prospective avenues for future interactions between the participants in the fields of science, nature management and environmental safety.

The conference gathered more than 200 participants from 30 Russian regions and from seven other countries: Belarus, Brazil, China, Egypt, Ethiopia, India, South Africa. Representatives of the Russian Academy of Sciences, Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation, Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation, Civic Chamber of the Russian Federation, Government of the Republic of Karelia, scientific centers, higher educational institutions, business community, NGOs participated in the plenary and thematic sessions.

Over 100 presentations on global and regional climate change, carbon balance monitoring, study of water bodies and terrestrial ecosystems under global warming and human impact were delivered during the plenary and thematic sessions; topical issues of protected area designation and nature conservation, as well as development of industrial ecology and green economy were discussed. Some of the presentations were in poster format, available also on KarRC RAS website.

The conference framework included three associated events:

- Workshop for young scientists and specialists „Monitoring carbon pools and fluxes in natural ecosystems“, organized with support from the Key Innovative Project of National Importance „Unified national system for monitoring climate-active substances“;
- Roundtable for experts in social and political sciences „BRICS+ as a platform for scientific cooperation in the Arctic: challenges and prospects of joint research“;
- Thematic session „NGO potential and international activities in addressing sustainable development tasks in the current situation“.

The opinions and proposals expressed during the conference highlight the need to unite efforts of BRICS+ countries in shaping a common understanding of current environmental problems and forging unified approaches to sound and safe environmental management, envisaging assessment of the state of man-modified natural systems, identification of ecological and socio-cultural factors and possible consequences (both positive and negative) of proposed strategies, plans and programs for the development of these systems, and taking them into account in decision-making related both directly and indirectly to these strategies, plans and programs.

Conference participants deem it necessary to:

1. Support the establishment of a BRICS+ environmental platform intended to boost multilateral international collaboration between the partner countries in the scientific and practical sphere. Create a BRICS+ unified information system (knowledge base), accessible to all the participants, aimed at combining efforts and improving the quality of existing and emerging models for forecasting the environmental situation to facilitate decision-making in the event of possible catastrophic events. Support the initiative of horizontal thematic networking among BRICS+ scientists and specialists interested in doing joint research and sharing information on environmental and nature management issues.

2. Inventory the existing methodological approaches to environmental assessment used in BRICS+ countries. Based on the results of the analysis and additional research, work out common methodological approaches recommended for use by all participating countries in assessing the state of the environment, greenhouse gas emissions, development and adoption of mitigation plans for terrestrial and aquatic ecosystems to provide the background for environmental management decision-making.

3. Consider regions of BRICS+ countries as possible pilot areas for developing ad hoc programs aimed at enhancing the performance of the evaluation methods proposed by the scientific community and implementation of the proposed solutions.

4. Promote networking among members of the expert community in order to forge common approaches to reducing the environmental burden, and to jointly develop and implement conservation techniques within the BRICS+ Green Agenda.

5. Join efforts in the conservation of biodiversity, unique natural systems, water resources, as well as in environmental remediation.

6. Recognize the potential value of cross-border cooperation on environmental assessment and use of common methodological approaches to environmental management in these territories.

7. Channel efforts to enhancing the environmental culture of the BRICS+ population, involving citizens, organizations and business communities in the practical activities that build awareness of scientific research related to the environmental agenda.

8. Aspiring to create a favorable environment for joint scientific research and strengthen coordination in financing, to propose to the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation to discuss with foreign partners the possibility of creating a common financial instrument within the BRICS+ that would support scientific and practical projects of significance for the participating countries, including the facilitation of mobility of specialists in ecology and sustainable environmental management.

9. For the purposes of Arctic development, recommend that Russian participants collaborate with partners from BRICS+ countries in securing a balance between economic development of the Arctic and nature conservation;

10. Seeking to implement the proposals for boosting BRICS+ collaboration, consider the possibility of setting up within the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences of an office of the National Committee on BRICS Research, to be in charge of promoting regional cooperation in environmental and nature management issues.

11. In the framework of the decisions made by the conference previously, affirm that the forms of interactions in the period between conferences will be joint workshops, roundtables, online events for discussing relevant lines of cooperation, as well as the development of joint task-specific projects.

12. Seeking to facilitate streamlined interactions, recommend that the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences considers the possibility of creating a web resource containing information on BRICS regional scientific cooperation networks. Inquire about possible funding sources for this project, including via the National Committee on BRICS Research.

# РЕЗОЛЮЦИЯ

## второй международной научно-практической конференции «Региональное сотрудничество БРИКС: современные проблемы экологии и природопользования»

18–20 сентября 2024 г.,  
ул. Пушкинская, д. 11, г. Петрозаводск, Россия

18–20 сентября 2024 г. в г. Петрозаводске (Республика Карелия, Российская Федерация) состоялась вторая международная научно-практическая конференция «Региональное сотрудничество БРИКС: современные проблемы экологии и природопользования», организованная Карельским научным центром Российской академии наук при поддержке российского Национального комитета по исследованию БРИКС. Основной тематикой конференции стало обсуждение регионального сотрудничества в рамках БРИКС и определение направлений будущего взаимодействия участников в сфере науки, природопользования и экологической безопасности.

В работе конференции приняли участие более 200 человек, в том числе представители 30 регионов Российской Федерации, а также семи иностранных государств: Беларуси, Бразилии, Египта, Индии, Китая, Эфиопии, ЮАР. Участниками пленарной и тематических сессий стали представители Российской академии наук, Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации, Министерства иностранных дел Российской Федерации, Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Общественной палаты Российской Федерации, Правительства Республики Карелия, научно-исследовательских центров, высших учебных заведений, бизнес-сообщества, общественных организаций.

В рамках пленарного заседания и секций было заслушано более 100 докладов о глобальном и региональном изменении климата, мониторинге углеродного баланса, изучении водных объектов и наземных экосистем в условиях глобального потепления и антропогенного воздействия, обсуждены актуальные вопросы создания особо охраняемых природных территорий и охраны природы, а также развития промышленной экологии и зеленой экономики. Часть докладов была представлена на стендовой сессии, в том числе на сайте КарНЦ РАН.

На полях конференции прошли три ассоциированных мероприятия:

- Семинар для молодых ученых и специалистов «Мониторинг пулов и потоков углерода в природных экосистемах», организованный при поддержке проекта «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (ВИП ГЗ);
- Круглый стол для экспертов общественно-политических наук «БРИКС+ как площадка для научного сотрудничества в Арктике: проблемы и перспективы совместных исследований»;
- Тематическая сессия «Потенциал и международная деятельность НКО в современных условиях при решении задач устойчивого развития территорий».

Высказанные в рамках конференции мнения и предложения указывают на необходимость объединения усилий стран БРИКС+ в формировании единого понимания существующих экологических проблем и определении унифицированных подходов к рациональному и безопасному природопользованию, направленных на оценку состояния природно-антропогенных систем и выявление экологических и социокультурных факторов и возможных последствий (как положительных, так и отрицательных) предлагаемых стратегий, планов и программ развития этих систем и учета их в принятии решений, относящихся прямо и опосредованно к этим стратегиям, планам и программам.

Участники конференции считают необходимым:

1. Поддерживать формирование экологической платформы БРИКС+, направленной на активизацию многостороннего международного взаимодействия стран-партнеров в научно-практической сфере. Создать единую информационную систему стран БРИКС+ (базу знаний), доступную

для всех участников, направленную на объединение усилий и улучшение качества существующих и создаваемых моделей прогноза экологической ситуации, с целью принятия соответствующих управленческих решений при возможном возникновении катастрофических явлений. Поддержать инициативу создания горизонтальных тематических сетей ученых и специалистов из стран БРИКС+, заинтересованных в совместных исследованиях и обмене информацией по вопросам экологии и природопользования;

2. Провести инвентаризацию существующих методических подходов оценки состояния окружающей среды, используемых в странах БРИКС+. По результатам проведенного анализа и дополнительных исследований разработать единые методические подходы, рекомендованные в дальнейшем к использованию всеми странами-участниками в вопросах оценки состояния окружающей среды, выбросов парниковых газов, разработки и принятию планов по предотвращению негативных последствий для наземных и водных экосистем в целях принятия управленческих решений в сфере природопользования;

3. Для формирования целевых программ, направленных на повышение эффективности предлагаемых научным сообществом методов оценки и реализации предлагаемых решений, рассматривать регионы стран-участников БРИКС+ в качестве возможных пилотных территорий;

4. Развивать взаимодействие представителей экспертного сообщества в целях формирования единых подходов к уменьшению экологической нагрузки на окружающую среду, а также по совместной разработке и внедрению природоохранных технологий в рамках зеленой повестки БРИКС+;

5. Объединить усилия, направленные на сохранение биоразнообразия, уникальных природных комплексов, водных ресурсов, а также на решение вопросов природовосстановления;

6. Отметить потенциал трансграничного сотрудничества по оценке состояния окружающей среды и использования единых методических подходов к природопользованию на этих территориях;

7. Направить усилия на повышение экологической культуры населения стран БРИКС+, вовлечение граждан, организаций и бизнес-сообществ в практическую деятельность по популяризации научных исследований, связанных с экологической повесткой;

8. В целях создания благоприятных условий для проведения совместных научных исследований и усиления координации в вопросах финансирования предложить Министерству науки и высшего образования Российской Федерации, Министерству иностранных дел Российской Федерации проработать с зарубежными партнерами вопрос о создании единого финансового инструмента в рамках БРИКС+ по поддержке значимых для стран-участников научно-практических проектов, включая развитие мобильности специалистов в сфере экологии и рационального природопользования;

9. В целях развития арктических территорий рекомендовать российским участникам взаимодействовать с партнерами из стран-участников БРИКС+ для обеспечения сбалансированного решения задач хозяйственного развития Арктики и сохранения окружающей среды;

10. В целях реализации представленных предложений, направленных на активизацию совместной работы в рамках БРИКС+, рассмотреть возможность организации на базе Карельского научного центра Российской академии наук представительства Национального комитета по исследованию БРИКС, ответственное за развитие регионального сотрудничества по вопросам экологии и рационального природопользования;

11. В системе закрепленных ранее решений конференции определить, что в период между конференциями взаимодействие будет строиться на организации и проведении совместных семинаров, круглых столов, онлайн-мероприятий, направленных на обсуждение актуальных направлений сотрудничества, а также разработку совместных проектов по решению тех или иных задач;

12. В целях организации более эффективного взаимодействия рекомендовать Карельскому научному центру Российской академии наук рассмотреть возможность создания Интернет-ресурса, который будет содержать информацию о сетевом региональном научном сотрудничестве БРИКС. Проработать вопрос привлечения финансирования на реализацию проекта из различных источников, в том числе по линии НКИ БРИКС.