

ФГБНУ «Институт природно-технических систем»  
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»  
ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля»  
Севастопольское городское отделение ВОО «Русское географическое общество»  
ФГБУН «Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН»  
ФГБУН «Институт географии РАН»



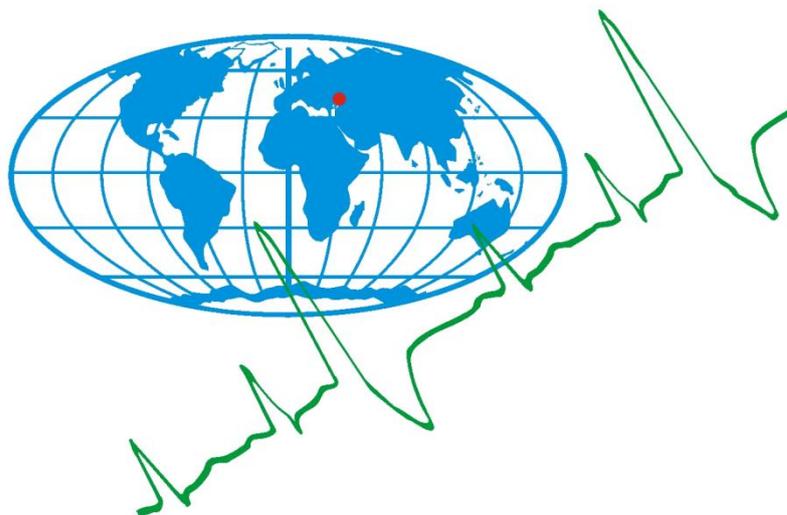
**ТЕЗИСЫ**

**ДОКЛАДОВ**

**Международной научно-практической конференции  
«Системы контроля окружающей среды – 2025»**

**CONFERENCE ABSTRACTS**

**International Scientific and Practical Conference  
"Environmental Control Systems – 2025"**



# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**Международной научно-практической конференции  
«Системы контроля окружающей среды – 2025»**

## **CONFERENCE ABSTRACTS**

**International Scientific and Practical Conference  
"Environmental Control Systems – 2025"**

*Конференция посвящена  
300-летию Российской академии наук,  
проводится в рамках научно-технического сотрудничества  
Россия-АСЕАН-БРИКС*

Севастополь  
2025 г.

УДК 55

**Системы контроля окружающей среды – 2025** / Тезисы докладов Международной научно-практической конференции. – Севастополь, 10 – 12 ноября 2025 г. – Севастополь: ИП Куликов А.С., 2025. – xxx с.

В сборнике представлены тезисы докладов Международной научно-практической конференции, посвященной обсуждению процессов, определяющих глобальные и региональные климатические аномалии и экологические условия в прошлом, настоящем и будущем; современных технических средств, информационных технологий и математических моделей для прогнозирования широкого спектра природно-техногенных процессов и комплексного научно-методического обеспечения рационального природопользования, безопасности жизнедеятельности и обороноспособности Российской Федерации.

**Редакционная коллегия:**

д.г.н., проф. Воскресенская Е.Н., д.г.н., проф., член-корр. РАН Полонский А.Б.,  
к.г.н. Маслова В.Н., д.ф.-м.н. проф., академик РАН, Семенов В.А.,  
д.б.н., член-корр. РАН Романовская А.А.,  
д.т.н., проф. Греков Н.А., д.т.н., проф. Краснодубец Л.А.,  
к.т.н., доцент Егоркин А.А.

Материалы опубликованы с сохранением авторской редакции.

*Конференция посвящена  
300-летию Российской академии наук,  
проводится в рамках научно-технического сотрудничества  
Россия-АСЕАН-БРИКС*

**ISBN 978-5-XXXXXXX-X-X**

©Авторы материалов

## Оглавление

АНТРОПОГЕННЫЕ ПОТОКИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ <i>Романовская А.А.</i> .....	14
ЦИКЛОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ В ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ <i>Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.</i> .....	16
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСНОВНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ <i>Переведенцев Ю.П.<sup>1</sup>, Гурьянов В.В.<sup>1</sup>, Мирсаева Н.А.<sup>1</sup>, Николаев А.А.<sup>1</sup>, Тагиров М.Ш.<sup>2</sup></i> .....	18
INNOVATIVE ENVIRONMENTAL GOVERNANCE AND POLICY FRAMEWORK THROUGH CLIMATE INTELLIGENCE AND THE INTERNET OF NATURE <i>Dr .Sumanta Bhattacharya PH.D scholar in Asian International University , and Policy Analyst , M.Tech ,MA in Development Studies, M.Sc in Environmental Science , LLB, MA in Security and Defence Law, MA in Economics, MBA, MPI(oxford University)</i> .....	20
МОНИТОРИНГ БИОМАССЫ ПЛАНКТОНА И МЕЛКОГО НЕКТОНА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АРАВИЙСКОГО МОРЯ <i>С.А. Пионтковский<sup>1,2*</sup> М.В.Чесалин<sup>2</sup>, Н. М. Ал-Абри<sup>3</sup></i> .....	22
СОЦИАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ СИБИРИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ <i>Корытный Л.М., Башалханова Л.Б., Веселова В.Н.</i> .....	23
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ГИПЕРСОЛЕННЫХ ВОДОЕМОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ <i><sup>1</sup>И.И. Руднева, <sup>1</sup>Е.А. Котельянец, <sup>2</sup>В.Г. Шайда, <sup>1</sup>О.В. Шайда</i> .....	25
ВЛИЯНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ГРАНИЦ КАРСТОВЫХ ВОДОСБОРОВ ГОРНОГО КРЫМА НА КАЧЕСТВО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА <i>Гарцман Б.И.<sup>1,2</sup></i> .....	26
ТОКСИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СОПОДЧИНЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ЛАНДШАФТОВ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ХМАО <i>Ляпина Е. Е.</i> .....	27
АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОГРАММЫ ФАО ГИАХС В СВЯЗИ С ГЛОБАЛЬНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА: НА ПРИМЕРЕ ТРАДИЦИОННОГО БАШКИРСКОГО БОРТЕВОГО ПЧЕЛОВОДСТВА <i>Середин Н.А., Рязанова Н.Е.</i> .....	28
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА ДЛЯ РЕГИОНОВ СО СЛОЖНОЙ ОРОГРАФИЕЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ <i>Нахаев М.И.</i> .....	29
МОДЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ И АЗОТА ИЗ АТМОСФЕРЫ НА БАЙКАЛЬСКУЮ ПРИРОДНУЮ ТЕРРИТОРИЮ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ В ВОЗДУХЕ И ОСАДКАХ <i>Ильин И.С., Галушин Д.А, Громов С. А., Жигачёва Е.С.</i> .....	30
АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ АВТОВОССТАНОВЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ КАК ОСНОВА ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА) <i>Алексеев И.А.</i> .....	31

СОВРЕМЕННЫЕ ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКВАТОРИИ БАЛАКЛАВСКОЙ БУХТЫ И ЗАЛИВА МЕГАЛО-ЯЛО (ИССЛЕДОВАНИЯ 2024 Г.) <i>Жидкова Л.Б., Дьяков Н.Н., Липченко А.Е., Полозок П.В., Еркушов В.Ю., Катунина Е.В.</i> .....	32
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАТФОРМЫ GOOGLE EARTH ENGINE ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАЧЕНИЙ ВАЛОВОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ПРЕДЕЛАХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА <i>Табуницик В.А.<sup>1,2</sup>, Никифорова А.А.<sup>1</sup></i> .....	33
ВОССТАНОВЛЕНИЕ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОБИОДЕСТРУКТОРОВ И ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ <i>Чердакова А.С., Гальченко С.В.</i> .....	34
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИМОРСКИХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ <sup>1, 2</sup> <i>Егоркин А.А.</i> .....	36
АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ АИС-ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ МОРСКИМИ СУДАМИ <i>Белухин А.И., Васильева Ж.В., Васеха М.В., Тришина А.С.</i> .....	37
СБРОС СТОЧНЫХ ВОД В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ, КАК СОБЛЮСТИ БАЛАНС ЭКОНОМИКИ И ЭКОЛОГИИ <i>Кладько Ю.В.</i> .....	38
ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПЛАВУЧИХ МАТОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В НЕБОЛЬШИХ ОЗЕРАХ <i>Д.Д. Гассиев<sup>1</sup>, Е.П. Щапова<sup>2</sup>, Я.А. Ржечицкий<sup>2</sup>, С.А. Черкашина<sup>2</sup>, Н.В. Шадрин<sup>1</sup>, Е.В. Ануфриева<sup>1</sup></i> .....	39
ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ ШТАММОВ МОРСКИХ ФОТОТРОФОВ <i>Андреева Н.А.<sup>1</sup>, Пеньков М.Н.<sup>1</sup>, Шупова Е.В.<sup>2</sup></i> .....	40
ODORELLA VENTHONICA SHALYGIN ET AL. 2019 – НОВЫЙ ВИД ЦИАНОБАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫЙ ИЗ ЭКОТОПОВ ЧЕРНОМОРСКОГО ПРИБРЕЖЬЯ КРЫМА <i>Андреева Н.А.<sup>1</sup>, Емельянова М.С.<sup>2</sup>, Снарская Д.Д.<sup>2</sup></i> .....	41
БАТИМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗЕРО МАЯК РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ <i>Ахсалба А.К.<sup>1,2</sup>, Кишмария Я.Ш.<sup>2</sup>, Ломия Р.Ф.<sup>1,2</sup>, Строчан Т. П.<sup>1,2</sup></i> .....	42
СТРУКТУРА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВАСТОПОЛЯ ЗА ПЕРИОД С КОНЦА XX В. ДО НАЧАЛА XXI В. <i>Васейкина Н.А.<sup>1,2</sup>, Агаркова-Лях И.В.<sup>3</sup>,</i> .....	43
ЛАНДШАФТНАЯ ПРОГРАММА НА ПРИМЕРЕ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Вахитова Р.Э.</i> .....	44
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ВЫПАДЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ ЗА ДЕСЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД (2014–2023 ГГ.) НА ОСНОВЕ ДАННЫХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЕМЕП <i>Галушин Д.А.<sup>1</sup>, Громов С.А.<sup>1,2</sup></i> .....	45
О ДЕПОНИРОВАНИИ НЕКОТОРЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ КОЛЬСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ <i>Кульнев В.В.<sup>1</sup>, Кизеев А.Н.<sup>2</sup>, Зайцева Д.В.<sup>3</sup></i> .....	46
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ <i>Мельникова Е.Б.</i> .....	48

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ДЕГРАДАЦИИ ИЗМЕЛЬЧЁННЫХ ПОЛИМЕРОВ В ВОДЕ ФОТИЧЕСКОГО И СЕРОВОДОРОДНОГО СЛОЁВ ЧЁРНОГО МОРЯ <i>Нехорошев М.В., Козинцев А.Ф., Кузнецов А.В.</i> .....	49
ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА И ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЕЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ <i>Нурмехамитова В.А., Шагидуллин А.Р., Шагидуллина Р.А.</i> .....	50
ВОЗМУЩЕННОСТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КНЧ-ФОНА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ПО ДАНЫМ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ТОМСКЕ <i>Проваренко И.Е., Родионов И. Е., Колмаков А.А.</i> .....	51
РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ОТБОРА АЭРОЗОЛЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЧЕРНОГО УГЛЕРОДА <i>А.В. Рябов, К.В. Цуркану, В. А. Безденежных</i> ....	53
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В НИЖНИХ СЛОЯХ ТРОПОСФЕРЫ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО ВЗМОРЬЯ (ЗАПАДНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ КРЫМА) <i>Смирнова Л.Л.<sup>1</sup>, Кошкарлов А.А.<sup>1</sup>, Катунина Е.А.<sup>2</sup>, Митюкова И.В.<sup>2</sup></i> .....	54
ОЦЕНКА ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СТОКА РЕКИ КУЧУК-УЗЕНБАШ МЕТОДОМ ЕММА <i>Тиранов С.С.<sup>1</sup>, Гарцман Б.И.<sup>2</sup></i> .....	55
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ИЗМЕРЕНИЮ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА СУДОВ В МОРСКОЙ АКВАТОРИИ И ИХ ПРИМЕНИМОСТЬ В АРКТИКЕ <i>Васильева Ж.В., Васеха М.В., Тришина А.С., Белухин А.И.</i> .....	56
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЛАГОНАСЫЩЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД <i>Ходырев Е.Д., Гордиенко М.В.</i> .....	57
БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ РЕКИ ОХТА (Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ) В 2024 Г. ПО МАКРОЗООБЕНТОСУ <i>Шерстобитова М.В.</i> .....	58
ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМАЛЬДЕГИДА И ДИОКСИДА АЗОТА В ТРОПОСФЕРЕ И СТРАТОСФЕРЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА <i>Шишкин Г.И., Гурьянов В.В.</i> .....	59
СВЯЗЬ ИНДЕКСА ПЛОТНОСТИ КЛЕТОЧНЫХ СТенок ТРАХЕИД С ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА <i>Силкин П.П.<sup>1</sup>, Екимова Н.В.<sup>2</sup></i> .....	61
ЛЕДНИКИ БОЛЬШОГО КАВКАЗА: ПРОГНОЗЫ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ <i>Постникова Т.Н.<sup>1</sup>, Рыбак О.О.<sup>1,2,3</sup>, Губанов А.С.<sup>4</sup>, Зеколлари Х.<sup>5,6</sup></i> .....	63
ЗАРОЖДЕНИЕ АЙСБЕРГОВ ОТ ЛЕДНИКОВ ПО ДАННЫМ СЕЙСМОМЕТРОВ <i>Кравцова К.В., Колабутин Н.В., Знаменский М.С.</i> .....	64
КОРРЕЛЯЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ В ЛЕТНЕЙ ПОЛЯРНОЙ МЕЗОСФЕРЕ <i>Соколов А.В., Савенкова Е.Н., Коваль А.В.</i> .....	65
ДИНАМИКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРИОДА АКТИВНОЙ ВЕГЕТАЦИИ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>Семенова К.А.</i> .....	66
ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ РЯДОВ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА <i>Губарева Т.С.<sup>1,2</sup></i> .....	67

ВЛИЯНИЕ МЕЖДУНАРОДНОГО СОГЛАШЕНИЯ ПО ТРОПИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕСНОЙ ПОЛИТИКИ СТРАН АФРИКИ <i>Маклеев Е.В., Хомяков В.П., Близнецкая Е.А.</i> .....	68
РЕЗУЛЬТАТЫ РЕТРОСПЕКТИВНОГО ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИЕЙ РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ИПТС <i>Лубков А.С.</i> .....	69
ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЧЕРНОГО МОРЯ В ЭПОХУ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА <i>Вишнев О.Г., Булыгин А.М., Воронцов А.А.</i> ....	70
ВКЛАД ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ В ФОРМИРОВАНИЕ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ <i>Акперов М.Г.<sup>1</sup>, Гнатюк Н.В.<sup>2</sup>, Радченко Ю.В.<sup>2</sup>, Семенов В.А.<sup>1</sup></i> .....	71
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КУСОЧНО-ЛИНЕЙНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА <i>Кутузова К.М., Добролюбов Н.Ю.</i>	72
ПЕРЕХОДНЫЙ РЕЖИМ ЭВОЛЮЦИИ СТРУЙНОГО ТЕЧЕНИЯ В ОКЕАНЕ ПРИ ОСЛАБЛЕНИИ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ <i>Федотов А.Б.</i> .....	73
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ЮГО-ЗАПАДНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ БАЙКАЛА: ТРЕНДЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ <i>Тюменцева Е.М.</i> .....	74
О ДЕФИЦИТЕ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ВОД СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ <i>Валле А.А., Полонский А.Б.</i> .....	75
ТЕЧЕНИЕ ЛЕДНИКОВ ЭЛЬБРУСА <i>Рыбак О.О.<sup>1,2,3</sup>, Рыбак Е.А.<sup>2</sup>, Постникова Т.Н.<sup>1</sup></i> .....	76
О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РАЗВИТИЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ФОНОВОГО МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ ПРЕДИКТОРОВ НА ТЕРРИТОРИИ КАМЧАТСКОГО КРАЯ. РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВИЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ <i>Ахметова Б.Р., Безденежных В.А., Саратовцева Е.Е., Рябов А.В.</i> .....	77
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ГРАДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ <i>Шишкина Т.Р.<sup>1,2</sup>, Анискина О.Г.<sup>1</sup></i> .....	78
ДАННЫЕ СО СПУТНИКОВ GRACE И GRACE-FO ПО РЕГИОНУ КАСПИЙСКОГО МОРЯ <i>Зотов Л.В.<sup>1,2</sup>, Орехова А.А.<sup>3</sup>, Фролова Н.Л.<sup>4</sup></i> .....	79
ТРАНСФОРМАЦИЯ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ ПО ДОСТИЖЕНИИ УМЕРЕННЫХ ШИРОТ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ <i>Колотова Т.В., Волобуева О.В.</i> .....	80
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРНЫХ ЦИКЛОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ <i>Щербакова Ю.Е., Анискина О.Г.</i> .....	82
ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ТРЕНДЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ И АНТИЦИКЛОНОВ В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ ПО ДАННЫМ РЕАНАЛИЗА ERA5 <i>Антипина У.И.<sup>1,2</sup>, Акперов М.Г.<sup>1,3</sup>, Голицын Г.С.<sup>1</sup>, Семенов В.А.<sup>1,3</sup></i> .....	84
ПОТЕПЛЕНИЕ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА В 1940–2009 ГОДЫ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ И МОДЕЛЯМ CMIP6 <i>Серых Илья Викторович<sup>1</sup>, Крашенинникова Светлана Борисовна<sup>2</sup></i> .....	85
КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТА МИТИГАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Тихомирова Е.И., Евдокимова А.А.</i> .....	86

МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО АРЕАЛА КЛЕЩА ПАВЛОВСКОГО <i>IXODES PAVLOVSKYI</i> И ЕГО ИЗМЕНЕНИЙ В КОНЦЕ XX - НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ <i>Попов И.О.<sup>1,2</sup>, Попова Е.Н.<sup>2</sup></i> .....	87
ПРОГНОЗ ОТЦА ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ М.И. БУДЫКО <i>Зимов С.А.</i> .....	88
МНОГОЛЕТНИЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ПАРЦИАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КИСЛОРОДА В ВОЗДУХЕ НА КРЫМСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ <i>Абазова С.В.<sup>1</sup>, Евстигнеев В.П.<sup>2</sup>, Власенко С.В.<sup>1</sup></i> .....	89
ПРОБЛЕМА ПРОВАЛОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА <i>Антипенко А. В.</i> .....	91
ДИНАМИКА ПОВТОРЯЕМОСТЕЙ ЗАМОРОЗКОВ И СКОЛЬЗКОСТИ ПО МЕСЯЦАМ В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ <i>Асыллова Д.Д.<sup>1,2</sup>, Мирсаева Н.А.<sup>1</sup></i> .....	92
МНОГОЛЕТНИЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВТОРЯЕМОСТИ ОПАСНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В КРЫМСКОМ РЕГИОНЕ В XXI ВЕКЕ <i>Бурлаку Виктория<sup>1</sup>, Евстигнеев Владислав Павлович<sup>2</sup>, Воскресенская Елена Николаевна<sup>2</sup></i> .....	94
ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЧЕРНОГО МОРЯ В ЭПОХУ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА <i>Вишнев О.Г., Булыгин А.М., Воронцов А.А.</i> ....	95
ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В РАЙОНЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «ВОСТОК» ЗА БОЛЕЕ ЧЕМ ПОЛУВЕКОВОЙ ПЕРИОД ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ) <i>Гайко Л.А.</i> .....	96
РОЛЬ СЕВЕРОАТЛАНТИЧЕСКОГО И ВОСТОЧНОАТЛАНТИЧЕСКОГО КОЛЕБАНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ pH ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЧЁРНОГО МОРЯ <i>Гребнева Е.А., Полонский А.Б.</i> .....	98
РАЗВИТИЕ БАНКА ДАННЫХ ИНСТИТУТА ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ <i>Губарев А.В., Валле А.А., Полонский А.Б.</i> .....	99
СОВРЕМЕННЫЙ РЕЖИМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Ормели Е.И., Ерова В.И.</i> .....	101
РЕЖИМ ВЕТРА, УРОВНИ ВОДЫ В РЕКАХ И ПЛОЩАДИ ОЗЁР КАК ФАКТОРЫ ПИРОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>Кузнецова В.П.</i> .....	103
СТРУКТУРА И ДИНАМИКА СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПРИКАЙКАЛЬЯ (УСТЬЕВАЯ ЧАСТЬ РЕКИ ГОЛОУСТНОЙ) <i>Купрякова А.В.</i> .....	105
МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ЧИЛИЙСКОГО АПВЕЛЛИНГОВ И ЕЕ СВЯЗЬ С СОБЫТИМИ ЭЛЬ-НИНЬО-ЮЖНАЯ ОСЦИЛЛЯЦИЯ <i>Курченко В. М.,<sup>1,2</sup> Полонский А.Б.<sup>2</sup></i> .....	107
РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ МЕЗОМАСШТАБНОЙ МОДЕЛИ WRF С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ПЛАНЕТАРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ДЛЯ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РЕГИОНА <i>Лубков А.С., Егоркин А.А., Журавский В.Ю., Логинова А.В.</i> .....	108
ОЗОНОВАЯ ДЫРА НАД АНТАРКТИДОЙ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА В КОНТЕКСТЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ <i>Малых А.В.</i> .....	110

ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ГОРНОМ АЛТАЕ В ПОСТСОВЕТСКИЙ ПЕРИОД И ЕГО СВЯЗЬ С ГЛОБАЛЬНЫМ ПОТЕПЛЕНИЕМ <i>Марчукова О.В.</i> <sup>1,2</sup> .....	111
ЛОКАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ГОРНЫХ РАЙОНАХ (НА ПРИМЕРЕ ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ) <sup>1</sup> <i>Маноле А.А.</i> , <sup>1,2</sup> <i>Воропай Н.Н.</i> .....	112
ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ РОССИИ <i>Маслова В.Н.</i> .....	114
АНИМАЦИОННОЕ КАРТИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ АРЕАЛОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ВИДОВ <i>Новикова Е.М.</i> <sup>1,2</sup> , <i>Богданович А.Ю.</i> <sup>1,2</sup> .....	115
РОЛЬ ГОСУДАРСТВ-ЭМИТЕНТОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ДОСТИЖЕНИИ ОДНОЙ ИЗ ОСНОВНЫХ ЦЕЛЕЙ ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ <i>М.Е.Пекарникова</i> .....	116
КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ГОДОВЫХ СУММ ОСАДКОВ В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ ПО ДАННЫМ ПРОЕКТА СМIP6 ДЛЯ СЦЕНАРИЯ SSP2-4.5 <i>Полонский А.Б.</i> , <i>Сухонос П.А.</i> .....	117
КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ЗИМНИХ ОСАДКОВ НАД ЧЕРНЫМ МОРЕМ ПО ДАННЫМ МОДЕЛЕЙ СМIP6 В РАМКАХ СЦЕНАРИЯ SSP2-4.5 <i>Полонский А.Б.</i> , <i>Сухонос П.А.</i> .....	118
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГРАНИЦ АРЕАЛА КОЛОРАДСКОГО ЖУКА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И СОСЕДНИХ СТРАН ПРИ НАБЛЮДАЕМЫХ И ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА В XXI ВЕКЕ <i>Попова Е.Н.</i> <sup>1</sup> , <i>Попов И.О.</i> <sup>1,2</sup> .....	119
ОСНОВНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ ОСЦИЛЛЯЦИИ МАДДЕНА – ДЖУЛИАНА С ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ <i>Сайфуллин Р.Р.</i> .....	120
ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И НИЗКОЧАСТОТНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ КАНАРСКОГО АПВЕЛЛИНГА <i>Серебренников А.Н.</i> , <i>Полонский А.Б.</i> .....	121
ВЛИЯНИЕ АНОМАЛЬНОЙ ЖАРЫ НА СМЕРТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ В ГОРОДЕ СЕВАСТОПОЛЕ <i>Стефанович А.А.</i> , <i>Воскресенка Е.Н.</i> .....	123
ОБ АНОМАЛИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА И ИХ ВЛИЯНИИ НА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗОНАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ ВЕКТОРА СКОРОСТИ ПРИЗЕМНОГО ВЕТРА В АФРИКАНСКО-ЕВРАЗИЙСКОМ РЕГИОНЕ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ЧАСТИ АТЛАНТИКИ <i>Торбинский А.В.</i> , <i>Полонский А.Б.</i> , <i>Губарев А.В.</i> .....	124
ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИМОРСКИХ РЕКРЕАЦИОННЫХ МЕСТНОСТЕЙ АЗОВСКОГО МОРЯ <sup>1</sup> <i>Шевчук Л.А.</i> , <sup>2</sup> <i>Воскресенская Е.Н.</i> , <sup>2</sup> <i>Стефанович А.А.</i> .....	126
ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ В ПЕРИОД 1966-2024 ГГ. И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ <i>Янгиров А.Д.</i>	127

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МОРСКИХ БЕРЕГОВЫХ ЛИНИЙ С УЧЕТОМ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ <i>Щодро А.Е., Неугомонов С.С. Божок И.Н.</i> .....	129
РАЗВИТИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА ДАННЫХ МОНИТОРИНГА МОРСКОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ И СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ LLM <i>Шушкин Ю.Е.</i> .....	130
ПОДВОДНЫЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В БУХТЕ АЛЕКСЕЕВА (О. ПОПОВА, АМУРСКИЙ ЗАЛИВ) <i>Фищенко В.К., Зимин П.С., Гончарова А.А., Машковский Д.А.</i> .....	132
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ОКЕАНСКОЙ ТОЛЩИ <i>Краснодубец Л.А.<sup>1,2</sup></i> .....	133
СИСТЕМА ПОГРУЖЕНИЯ-ВСПЛЫТИЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОГО ЗОНДА <i>Шановалов О.Ю.</i> .....	134
СТАЦИОНАРНЫЕ ПУНКТЫ НАБЛЮДЕНИЙ СОСТАВА АТМОСФЕРЫ ИФА ИМ. А.М.ОБУХОВА РАН В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ И В Г. КИСЛОВОДСКЕ <i>Белоусов В.А., Беликов И.Б., Моисеенко К.Б.</i> .....	135
ГИБРИДНЫЕ МИКРОГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ ФОКУСИРУЮЩИМ СОЛНЕЧНЫМ КОЛЛЕКТОРОМ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА <i>Дологлонян А.В., Матвеев В.Т., Клименко А.Г.</i> .....	136
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МОРСКИЕ СИСТЕМЫ ЗОНДИРОВАНИЯ, ОСНОВАННЫЕ НА МЕТОДЕ ИЗМЕРЕНИЯ С ЦИКЛИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЕМ ГЛУБИНЫ ГИДРОЗОНДОВ <i>Греков Н.А., Рязанов В.А., Пасынков М.А.</i> .....	137
ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ БУКСИРУЕМЫХ ЗОНДИРУЮЩИХ СИСТЕМ, ОСНАЩЕННЫХ ПЕРЕДОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ И ИНСТРУМЕНТАМИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ IN SITU ХАРАКТЕРИСТИК МОРСКОЙ ВОДЫ <i>Греков А.Н., Греков Н.А., Мишуков В.Ж., Трусевич В.В., Шмырева И.Г.</i> .....	139
ОБНАРУЖЕНИЕ АНОМАЛИЙ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ZERO-SHOT МОДЕЛИ MOIRA-MOE <i>Греков А.Н., Маврин А.С., Кузьмин К.А.</i> .....	141
ДИСТАНЦИОННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ВИБРАЦИИ СИСТЕМ ТРУБОПРОВОДОВ И ВОЗДУХОВОДОВ АЭС <i>Коренькова А.А., Рачицкая А.А., Нурзай В.А., Губарев Ф.А.</i> .....	143
ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ОТБОРА ПРОБ ФЛЮИДОВ ИЗ ХОЛОДНЫХ СИПОВ НА ПРИМЕРАХ БУХТЫ ЛАСПИ (ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА) <sup>1,2</sup> <i>Лысенко В.И.,</i> <sup>3</sup> <i>Шик Н.В.</i> ....	144
АНАЛИЗ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОНСТРУКТИВНОЙ КОНСТАНТЫ АВТОНОМНОГО ЗОНДА-ПРОФИЛОГРАФА ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПЛОТНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ <i>Семыкина И.Ю.</i> .....	145
О РАЗДЕЛЕНИИ ДИБЕНЗОПИРЕНОВ В МЕТОДЕ ВЭЖХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛОНКИ ОТ MACHEREY-NAGEL <i>Халиков И.С., Корунев А.О.</i> .....	147

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ПОСТРОЕНИЯ ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ <i>Писарев В. И.</i> .....	149
ЦИФРОВАЯ МЕДИЦИНСКАЯ КЛИМОТОТЕРАПИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РЕКРЕАЦИИ И САНАТОРНО-КУРОРТНОГО ЛЕЧЕНИЯ <i>Титов В.Ю.<sup>1</sup>, Евстигнеев В.П.<sup>2</sup>, Абазова С.В.<sup>3</sup></i> ..	151
СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ МАССИВОВ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ О СОДЕРЖАНИИ ХЛОРОФИЛЛА А НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ЧЕРНОГО МОРЯ <i>Евстигнеев В.П., Кириленко Н.Ф., Дегтяр И.В., Минский И.А.</i> .....	152
ГИБКИЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ МИКРОГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ХОЛОДА <i>Дологлонян А.В., Матвеевко В.Т., Клименко А.Г.</i> .....	153
ОБНАРУЖЕНИЕ ДОЖДЯ ПО ТЕЛЕВИЗИОННЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА <i>Иванов В. А., Михайлюк Ю. П., Начаров Д. В.</i> .....	154
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ПРИ РАСЧЕТЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ <i>Олейников А.М.<sup>1</sup>, Канов Л.Н.<sup>2 1</sup></i> .....	155
ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ <i>Гулин А.С., Тренкениу Р.П.</i> .....	157
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ СУДОВ: ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОГАЗОВОГО ЭЖЕКТОРА В СИСТЕМУ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ <i>Растихин П.С.<sup>1</sup>, Кириченко А.В.<sup>2</sup></i> .....	159
РАЗРАБОТКА НОВОГО МЕТОДА ВЫДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ВИХРЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАГРАНЖЕВА ПОДХОДА (LEBDA) <i>Новоселова Е.В.<sup>1,2,3,4</sup>, Будянский М.В.<sup>2,3</sup>, Улейский М.Ю.<sup>3</sup>, Удалов А.А.<sup>3</sup>, Файман П.А.<sup>2,3</sup>, Дидов А.А.<sup>2,3</sup>, Белоненко Т.В.<sup>2</sup></i> .....	160
ВЫЯВЛЕНИЕ КОМПОНЕНТ СМЕШАННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МОРСКОЙ СРЕДЫ <i>Шишкин Ю.Е., Скатков А.В.</i> .....	161
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВОЗДУХА <i>Самойлов С.Ю., Евстигнеев В.П.</i> .....	163
О СТРУКТУРЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭМПИРИЧЕСКИХ ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫХ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ <i>Сычев Е.Н., Греков А.Н., Греков Н.А.</i> .....	164
ГРАФИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭМПИРИЧЕСКИХ ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫХ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ <i>Сычев Е.Н., Кузьмин К.А., Греков Н.А.</i> .....	166
РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА НА БАЗЕ ГАЗОВЫХ ТУРБИН <i>Матвеевко В.Т., Дологлонян А.В., Клименко А.Г.</i> .....	168
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНО-ВОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА <i>Клюжсин А.В., Егорова Ю.А.</i> .....	170

ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА СОХРАНЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ ПРИМОРСКОЙ АТМОСФЕРЫ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ <i>Руднев В.П.</i> .....	171
О ТОЧНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ В МАТЛАВ ПРОЦЕССА ПОГРУЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ЗОНДА-ПРОФИЛОГРАФА <i>Семыкина И.Ю., Велиляев А.С.</i> .....	172
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИХ-ФИЛЬТРОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРОФИЛЯ ПЛОТНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ <i>Семыкина И.Ю., Смокталь Н.Н.</i> .....	173
МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБОСНОВАНИЯ ЗНАЧИМЫХ ФАКТОРОВ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОГО ЗАРЯДА В МОРСКОЙ ВОДЕ <i>Семыкина И.Ю.<sup>1</sup>, Велиляев А.С.<sup>1</sup>, Смокталь Н.Н.<sup>1</sup>, Завьялов В.М.<sup>2</sup></i> .....	174
ВАРИАНТЫ АЛГОРИТМОВ-КАНДИДАТОВ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ ВЗАИМНОЙ ИНДУКТИВНОСТИ МЕЖДУ КАТУШКАМИ СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОГО ЗАРЯДА <i>Семыкина И.Ю.</i> .....	176
КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ SM5651 <i>Клименко А.В.</i> .....	177

## **ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ**

## АНТРОПОГЕННЫЕ ПОТОКИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

*Романовская А.А.*

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля»,  
Москва, Российская Федерация  
an\_roman@igce.ru

Система расчетного мониторинга потоков парниковых газов (ПГ) в России является основой для подготовки ежегодного национального кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. В охват кадастра входят пять секторов экономики: энергетика, промышленные процессы и использование продукции (ППИП), сельское хозяйство (с.х.), землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство (ЗИЗЛХ), и отходы. Развитие и усовершенствование методологий расчетного мониторинга потоков ПГ предусмотрено в задачах важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) по климату, первый этап которого был завершен в 2024 году. Были усовершенствованы оценки и уточнены используемые пересчетные коэффициенты по следующим источникам (поглотителям) ПГ в секторе энергетика: коэффициенты выбросов диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) от сжигания жидких топлив; коэффициенты выбросов  $\text{CO}_2$  и метана ( $\text{CH}_4$ ) от утечек и испарений (фугитивные выбросы) при добыче нефти и природного газа; в секторе ППИП: коэффициенты выбросов  $\text{CO}_2$  в нефтехимической промышленности (производство этилена, метанола, технического углерода); в секторе с.х.: параметры переваримости кормов и соответствующие коэффициенты эмиссии  $\text{CH}_4$  при внутренней ферментации крупного рогатого скота (КРС); коэффициенты выброса  $\text{CH}_4$  и закиси азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ) от систем хранения и использования навоза КРС; в секторе ЗИЗЛХ: исходные данные по лесам (площади, запасы древесины, ежегодный прирост, площади гибели лесов от пожаров, объем заготовленной древесины); исходные данные по осушенным органогенным почвам; средние сроки службы различных видов заготовленных лесоматериалов; в секторе отходы: параметры, характеризующие региональные климатические условия, а также состав образуемых твердых коммунальных отходов.

В целом, большинство актуализированных в рамках ВИП ГЗ параметров и коэффициентов показывают значения в течение последних 10-12 лет ниже, чем предлагается в международных методологиях МГЭИК по умолчанию, что свидетельствует о происходящей в нашей стране модернизации производств и низкоуглеродной трансформации. До работ в рамках ВИП ГЗ оценки расчетного мониторинга антропогенных выбросов и поглощений ПГ не отражали результаты этого процесса в полной мере.

Актуализация методов, пересчетных параметров и коэффициентов расчетного мониторинга позволила не только уточнить абсолютные значения антропогенных потоков ПГ в России, но и более аккуратно установить их временную динамику с 1990 года.

Средние пересчеты нетто-выбросов ПГ с учетом ЗИЗЛХ в кадастре 2024 года составили -746,4 млн т  $\text{CO}_2$ -экв. для периода 1990-1999; -1035,1 млн т  $\text{CO}_2$ -экв. для 2000-2009; -660,8 млн т  $\text{CO}_2$ -экв. для 2010-2019 (Кадастр, 2024). В кадастре 2025 года временной ряд изменился в среднем на - 207,8 млн т  $\text{CO}_2$ -экв. для 1990-1999; 7,7 млн т  $\text{CO}_2$ -экв. для 2000-2009; 44,1 млн т  $\text{CO}_2$ -экв. для 2010-2019 (Кадастр, 2025) по сравнению с данными кадастра 2024 года. Основными причинами пересмотра динамики временного ряда между кадастрами 2024 и 2025 гг. стали уточнения расчетов по управляемым лесным землям: внедрение данных второго цикла государственной инвентаризации лесов для некоторых субъектов РФ, а также уточнение ежегодных данных по пожарным нарушениям в лесах в 90х гг. XX века. В целом, между кадастрами 2023 и 2025 года уточнения для базового 1990 года составили -661,9 млн т  $\text{CO}_2$ -экв. или -21%; для 2021 года -370,8 млн т  $\text{CO}_2$ -экв. или -22%.

Сокращение выбросов в последнем году временного ряда по сравнению с уровнем 1990 года в кадастре 2025 года оказалось на 16% выше, чем в кадастре 2023 г., и составило 62%. При этом для 2021 года соотношение нетто-выбросов с базовым годом в кадастрах,

представленных в 2023 и 2025 гг., оказалось почти одинаковым (53,4% и 52,7% соответственно).

Межгодовая динамика нетто-выбросов в 2021-2023 годах (Кадастр, 2025) показывает снижение выбросов ПГ за счет сокращения площадей лесных пожаров (- 366,6 млн т CO<sub>2</sub>-экв.), в результате сокращения объемов производства химической промышленности (- 6,7 млн т CO<sub>2</sub>-экв.), металлургии (-2,0 млн т CO<sub>2</sub>-экв.) и некоторых других производств, а также снижения поголовья с.х. животных (-1,5 млн т CO<sub>2</sub>-экв.).

Таким образом, в результате работ первого этапа ВИП ГЗ кумулятивные антропогенные нетто-выбросы Российской Федерации уточнены от величины 1650 млн т CO<sub>2</sub>-экв. (2021 год по кадастру, представленному в 2023 году) до 911 млн т CO<sub>2</sub>-экв. (2023 г. по кадастру, представленному в 2025 г.). В период с 2004 по 2010 гг. в Российской Федерации наблюдалось антропогенное нетто-поглощение CO<sub>2</sub>, т.е. была достигнута «углеродная нейтральность» (рис. 1). Высокая вариабельность нетто-выбросов CO<sub>2</sub> в течение всего временного ряда связана именно с динамикой пожарных нарушений управляемых лесов.

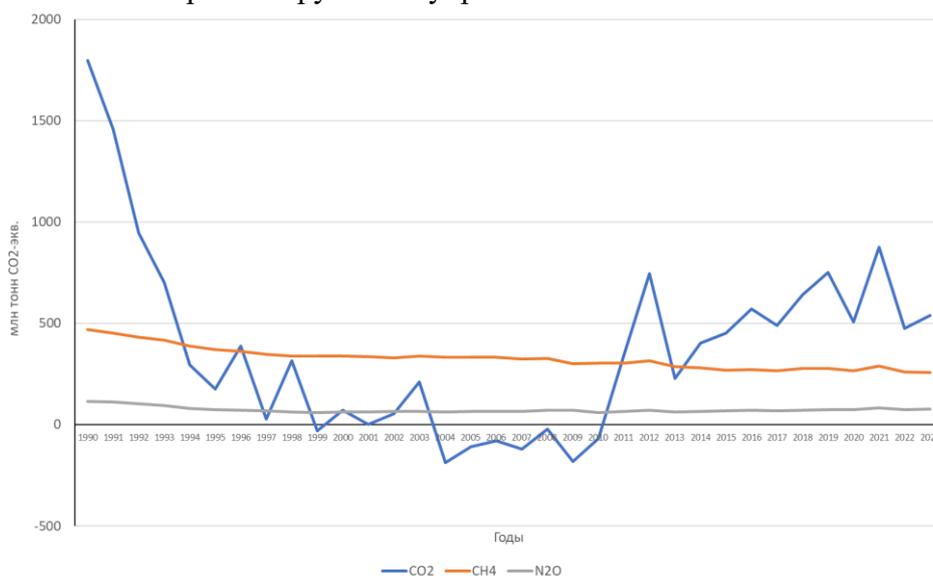


Рис. 1 Временные ряды нетто-выбросов по видам ПГ за период 1990-2023 гг. по данным кадастра 2025 года.

Развитие методологии кадастра парниковых газов необходимо для повышения его эффективности в рамках реализации климатической политики РФ. Это позволит точно оценивать результаты декарбонизации и на основе этих данных планировать новые меры.

#### Список использованной литературы

1. Кадастр 2024. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2022 гг. М., Росгидромет. ФГБУ «ИГКЭ». 2024. ч. 1. 406 с. <https://unfccc.int/documents/645136>
2. Кадастр 2025. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2023 гг. М., Росгидромет. ФГБУ «ИГКЭ». 2025. ч. 1. 422 с. <https://unfccc.int/documents/646536>

## **ЦИКЛОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ В ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

*Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», Севастополь, Россия  
veronika\_maslova@mail.ru

Неопределенность изменений природной среды и климата в современную эпоху является одной из главных проблем современности. Антропогенные и природные составляющие играют важную роль в наблюдаемой изменчивости климата. Данная проблема решалась в рамках крупнейших международных проектов РАЗРЕЗЫ, TOGA, WOCE, CLIVAR, а также проектов непосредственно для Европейского региона – EUROCLIVAR, EUROMED и многих других международных, национальных и региональных программ и проектов. Были получены следующие результаты. Глобальный и региональный климат характеризуется квазипериодическими колебаниями от нескольких лет до десятилетий, а также изменениями, которые могут быть связаны как с низкочастотной изменчивостью, так и с однонаправленными тенденциями. Межгодовая и междесятилетняя изменчивость климата связана с естественными процессами в системе взаимодействия атмосферы и океана, в то время как однонаправленные тенденции связаны с глобальным потеплением климата. Важным звеном в передаче влияния океана на региональные климатические аномалии являются циклоны. Циклоническая активность, в свою очередь, вызывает как аномалии, так и средние погодно-климатические условия. В умеренных широтах в холодное время года, когда происходит обострение межширотных градиентов температуры, именно циклоническая активность определяет характер общей циркуляции атмосферы. Будущие изменения циклонической активности важно оценивать, чтобы адаптироваться к изменению климата и смягчать его последствия. Таким образом, циклоническая активность в настоящем и будущем климате является комплексной характеристикой изменений гидрометеорологических параметров синоптического масштаба, особенно в холодное время года, и важной характеристикой климатической системы.

Несмотря на большое количество исследований внетропических циклонов, ранее не проводилось специальных исследований закономерностей изменчивости и будущих изменений циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе. В этом исследовании рассматриваются особенности изменчивости циклонической активности в стратегически важном Черноморско-Средиземноморском регионе с середины 20-го века и ее будущие изменения до конца 21-го века, полученные с использованием объективных методов идентификации и отслеживания циклонов по длительным данным реанализа NCEP/NCAR и более детализированным по пространству данным реанализов ERA5 и CR20.

Целью данного исследования является установление закономерностей пространственной и временной изменчивости аномалий циклонической активности различной интенсивности в Черноморско-Средиземноморском регионе под влиянием крупномасштабных климатических процессов межгодового-междесятилетнего масштабов и антропогенных факторов для последующего прогнозирования и использования полученных результатов для обеспечения долгосрочного планирования и устойчивого развития южных регионов России.

Получены новые знания о климатической изменчивости общей и интенсивной циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе. Максимальная частота циклонов в Западном и Восточном Средиземноморье наблюдается в зимние месяцы, а в Черноморском регионе – в весенние месяцы. В то же время наибольшая изменчивость многолетней частоты и глубины циклонов наблюдается в Черноморском регионе. Западное Средиземноморье характеризуется наибольшей циклонической активностью с наименьшей годовой амплитудой, в то время как Восточное Средиземноморье характеризуется наибольшей годовой амплитудой параметров циклонов. Значимые линейные тренды объясняют 5–10% дисперсии параметров циклонов. Частота общей циклонической активности

снижается весной во всем Черноморско-Средиземноморском регионе, в то время как площадь и глубина/интенсивность циклонов увеличиваются осенью.

Выявлены закономерности проявлений 15 основных межгодовых-междесятилетних климатических сигналов в аномалиях циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе и обобщены в виде схем, включающих расположение средних траекторий циклонов над Атлантико-Европейским сектором. Доля объясненной дисперсии частоты циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе, учитывающая только линейные синхронные проявления 15 рассмотренных климатических сигналов, достигает 60–75% в зимне-весенний период и ежегодно. В частности, было установлено, что основное влияние на циклоническую активность в Черноморском регионе оказывает Арктическое колебание, которое включает в себя изменчивость Североатлантического колебания. Средиземноморское колебание играет важную роль для обоих средиземноморских регионов. Впервые оценен вклад Эль-Ниньо–Южного колебания с учетом восточного и западного типов его событий. Интенсивная циклоническая активность усиливается во время восточных типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья в Черноморском регионе, а также во время обоих типов Ла-Нинья или центрального типа Эль-Ниньо в средиземноморских регионах.

Для междесятилетнего масштаба изменчивости показано, что циклоническая активность в январе-марте в центрах циклогенеза в Черноморско-Средиземноморском регионе возрастает на 30% во время положительной фазы АМО (Атлантической междесятилетней осцилляции) и на 50% во время отрицательной фазы ТДО (Тихоокеанской десятилетней осцилляции) в связи с перестройкой атмосферной циркуляции и крупномасштабных аномалий потоков тепла.

Впервые с использованием модели, основанной на методе искусственных нейронных сетей, выполнен успешный сезонный прогноз среднемесячной частоты интенсивных циклонов в исследуемом регионе с заблаговременностью от 2 до 6 месяцев с использованием комплекса индексов климатических сигналов в качестве предикторов. В то же время для холодных месяцев возможно дальнейшее улучшение набора предикторов, вероятно, за счет учета региональных климатических параметров.

Изменение климата к середине и концу XXI века по ансамблю моделей CMIP6 в сценариях умеренного (SSP2-4.5) и максимального (SSP5-8.5) уровней антропогенных выбросов проявляется в Черноморско-Средиземноморском регионе в преобладающем снижении зимней циклической активности, особенно в Восточном Средиземноморье – более чем на 50%. На фоне отмеченной тенденции в середине века возможно региональное усиление циклонической активности, что может быть связано с междесятилетней квазипериодической изменчивостью. Ожидается, что средние траектории циклонов сместятся на 1°–2° к северу вдоль северных границ Черноморско-Средиземноморского региона и на юг над Восточным Средиземноморьем.

Впервые выявлены особенности изменчивости региональных климатических аномалий, связанных с циклонической активностью, для решения прикладных задач. Определены условия формирования различных типов штормов в северной части Черного моря в зависимости от пространственного положения глубоких циклонов. Получены закономерности межгодовой-междесятилетней изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур в южных регионах России и биоклиматической привлекательности черноморских курортов, подтвержденные количественными оценками. В частности, показано, что ослабление циклонической активности в зимне-весенний период сопровождается снижением различных видов штормовой активности и, в целом, негативно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур, однако способствует расширению туристического сезона на месяцы холодного полугодия на курортах Южного берега Крыма и Черноморского побережья Кавказа.

Таким образом, проведенное исследование представляет собой решение комплексной научной проблемы установления закономерностей межгодовой-междесятилетней изменчивости общей и интенсивной циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе, обеспечивающих возможность последующего прогнозирования в связи с глобальными климатическими процессами и антропогенными изменениями с целью решения комплекса народнохозяйственных задач развития региона.

# ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСНОВНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

*Переведенцев Ю.П.<sup>1</sup>, Гурьянов В.В.<sup>1</sup>, Мирсаева Н.А.<sup>1</sup>, Николаев А.А.<sup>1</sup>, Тагиров М.Ш.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия

<sup>2</sup> ГНУ «Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

Россельхозакадемии, г. Казань, Россия

ypereved@kpfu.ru

Рассматриваются пространственно-временные изменения основных характеристик приземных полей температуры воздуха, атмосферного давления, суммарной солнечной радиации и общей облачности с учетом влияния атмосферной циркуляции на территории России в период 1976–2023 гг.

В качестве исходных данных в работе использовались ежемесячные данные о температуре воздуха, атмосферном давлении и общей облачности 179 метеостанций из фонда ВНИИГМИ-МЦД и суммарной радиации по всей территории России в период 1976–2023 гг.

Многолетние данные по температуре воздуха, атмосферному давлению, суммарной солнечной радиации и общей облачности подвергались статистической обработке.

В результате комплексного анализа пространственно-временной изменчивости метеорологических полей на территории России в период 1976–2023 гг. можно сделать следующие основные выводы:

1. В рассматриваемый период практически на всей территории России в течение года происходит потепление климата за исключением южных районов Западной и Средней Сибири в зимний период. Значения КНЛТ температуры воздуха свидетельствуют о неоднородном характере потепления в регионах России в различные сезоны года: наибольшая скорость потепления во все сезоны отмечается на арктическом побережье (зимой до  $1,3^{\circ}\text{C}/10$  лет), наименьшая на юге Западной Сибири летом ( $0,1 - 0,3^{\circ}\text{C}/10$  лет).

2. Влияние циркуляционных мод на термический режим России неоднородно как по знаку, так и по интенсивности. В зимний период осцилляции АО, NAO способствуют потеплению климата на территории ЕЧР и Западной Сибири, SCAND охлаждению, EA/WR понижает температуру в летний период.

3. Пространственно-временные изменения приходящей солнечной радиации зависят от состояния общей облачности. В местах роста количества облачности (КНЛТ $>0$ ), потоки суммарной радиации ослабевают и, наоборот, усиливаются, где величина КНЛТ облаков отрицательна, что особенно четко проявляется как в зимний, так и в летний сезоны на территории ЕЧР, что способствует дополнительному потеплению климата.

4. Выявлено возрастание количества облаков зимой на территории России со скоростью до 1 балла/10 лет за исключением центральной и северной частей Восточной Сибири. Летом изменения количества облаков минимальны, их наибольшая убыль отмечается на юге ЕЧР и в Восточной Сибири. Отмечаются высокие значения отрицательной корреляции между общей облачностью и суммарной радиацией, достигающей в летний период значения  $-0,9$  на севере ЕЧР и Западной Сибири, арктическом побережье.

5. В январе корреляция между температурой воздуха и количеством общей облачности на всей территории России положительная (максимум величины  $r=0,5\div 0,6$  достигается на юго-востоке ЕЧР и юге Западной Сибири). В июле знак корреляции становится отрицательным (на юге ЕЧР и Восточной Сибири  $r=-0,55$ ).

В заключение отметим, что полученные в статье оценки трендов изменения ряда климатических показателей на территории России в 1976–2023 гг. свидетельствуют о достаточно согласованном характере поведения метеорологических полей в условиях современного потепления климата, соответствуют физическим представлениям о природе этих изменений и подтверждаются результатами ранее выполненных исследований.

**СЕКЦИЯ 1**  
**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

## **INNOVATIVE ENVIRONMENTAL GOVERNANCE AND POLICY FRAMEWORK THROUGH CLIMATE INTELLIGENCE AND THE INTERNET OF NATURE**

*Dr .Sumanta Bhattacharya PH.D scholar in Asian International University , and Policy Analyst ,  
M.Tech ,MA in Development Studies, M.Sc in Environmental Science , LLB, MA in Security and  
Defence Law, MA in Economics, MBA, MPI(oxford University)*

*ORCID ID: 0000-0003-2563-2787, E-mail: sumanta.21394@gmail.com*

*Bhavneet Kaur Sachdev Political Science Hons MA in Development Studies, MA in Sociology –  
Suresh Gyan Vihar University , LLB , Post Graduate Diploma In Human Rights,*

*ORCID ID: 0000-0001-9156-0086, E-mail:bhavneet829@gmail.com*

### **Abstract**

The pressing environmental crises of the 21st century—climate chaos, biodiversity collapse, resource depletion—have revealed the structural shortcomings of conventional forms of governance and policy. Environmental governance has traditionally been based on reactive, piecemeal anthropocentric models that cannot represent ecological processes and technologies as parts of a systemic relationship with human behaviours. To address this deficit, in this article is suggested a framework of governance and policy incorporating Climate Intelligence (CI) and the growing paradigm of the Internet of Nature (IoN). Together, these domains reflect a transformative nexus of digital environmental sensing and artificial intelligence and nature-based analytics that can transform how societies monitor, control and heal the planet's ecological equilibrium. The practice of Climate Intelligence (CI) involves the use of advanced data-driven technologies such as machine learning, satellite analytics and predictive climate modeling for proactive environmental decision-making. Unlike traditional climate information systems that deal with individual variables, climate informatics (CI) examines cross-reading the multi-sourced datasets— the atmosphere, hydrology, biology and management of people -in an active governance system that can collectively anticipate and reduce environmental risks. At the same time, the Internet of Nature (IoN) expands this capacity across the biosphere to form sensor-based networks that measure ecosystem functions, carbon sequestration, and biodiversity resilience on the fly. Through IoN, trees, soil and waterbodies metabolize into literally nodes in an organism of digital health that endlessly calculates environmental health marks highly actionable to policy." This vision of sustainability governance is where the Innovative Environmental Governance and Policy Framework (IEGPF) aims to base its development on, using these technologies. "Behind it, an eco-digital architecture incorporates terrestrial and atmospheric sensors, remote sensing satellites and decentralized data nodes. This digital infrastructure allows for the co-production of environmental knowledge between policymakers, scientists and communities. A second layer adds algorithmic governance, whereby Climate Intelligence systems analyze the data of IoN networks to discern patterns in deforestation trends, pollution fluxes or microclimatic changes—and turn those into actionable regulatory insights. The third layer is policy co-design combining data-driven evidence with participatory governance involving local stakeholders, industries and civil society. This feedback loop of regulation makes it possible for policies to iteratively evolve based on real-time metrics such as ecological performance, rather than static legislative cycles. This contrasts the traditional technocentric vs eccentric dichotomy by offering a model for governance based on a techno-ecological strategy—using digital intelligence, not as an instrument to control nature, but rather using it to learn from and with nature. Climate Intelligence for instance may be used to support urban green infrastructure planning, simulating the impact of vegetative networks on thermal regulation, and IoN can keep track of the physiological condition of

urban tree systems for irrigation, air quality and carbon offset policy. Infrastructural networks that connect the two in terms of shared informatics further engender adaptive urban governance models, which accommodate human development within ecological limits. The end is a living policy ecosystem where environmental rules are no longer static pages but dynamic algorithms that can adapt to new realities. The paper is aiming to emphasize the innovative capability of Environmental Informatics as an intermediary organ for generation. Environmental Informatics offers the computational, ethical and interoperability frameworks to bring together a variety of data sets and governance organizations. Drawing upon open-data principles and transparent AI algorithms, Environmental Informatics provides accountability and inclusiveness for climate governance. It facilitates the combination of global data sources, local systems such as the Copernicus satellite network and community-driven IoT applications at a macro and micro-political level to coexist. In the process, it connects our global environmental monitoring to grassroots environmental justice. Policy-wise, the IEGPF recasts environmental governance as cyber-physical system – that operates in a digital, institutional and ecological multi-layers. Regulation is not a static compliance tool, but it becomes increasingly adaptive regime. Emissions caps, for example, might be made self-adjusting based on real-time atmospheric information; water-use regulations could change seasonally through the use of predictive hydrological models; and conservation policies could rely on IoN signals to monitor vitality of biodiversity down to species and habitat scales. The use of blockchain in the environmental Ledger can increase transparency for carbon markets, ecosystem service payments and compliance verification. In such innovations, governance turns anticipatory and autonomic; it is able to learn from feedback and constantly recalibrate its policy responses. A further core premise of this work is that economic incentives must be connected to ecological wisdom. Traditional policy-making has tended to segregate environmental policy from market mechanisms, with inefficiency and compliance problems as a frequent consequence. The framework is underpinned by climate-financial integration, using Climate Intelligence analytics to value ecosystem services and cost-in auctions and down-payments on ecological functions into policies and investments. It could allow new models like dynamic carbon pricing, AI-guided green bonds, or performance-based ecological subsidies — ways to translate environmental data into real-world economic incentives for sustainable activity. The paper also discusses the ethical and sociopolitical implications of such technological incorporations. Climate Intelligence and IoN purport precision, but with concerns of data ownership, surveillance behind it, as well as algorithmic bias. Thus, the IEGPF promotes governance pluralism— that the use of digital environmental data should be transparent, inclusive and democratically accountable. It promotes multi-stakeholder oversight institutions, open access to environmental data flows, and the fair transfer of technology to poor countries. In this way, the framework strengthens ecological resilience and fosters environmental justice and epistemic equity in the governance of digital ecosystems. Case studies and simulations cited in this paper suggest that CI and IoN can potentially improve the environmental consequences of policy.

**Keywords:** Climate intelligence, climate modeling, Environmental justice, biodiversity.

# МОНИТОРИНГ БИОМАССЫ ПЛАНКТОНА И МЕЛКОГО НЕКТОНА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АРАВИЙСКОГО МОРЯ

С.А. Пионтковский<sup>1,2\*</sup>, М.В. Чесалин<sup>2</sup>, Н. М. Ал-Абри<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Севастопольский государственный университет, Россия

<sup>2</sup>Институт биологии южных морей им А.О. Ковалевского РАН, Россия

<sup>3</sup>Министерство сельского хозяйства, рыболовства и водных ресурсов, Оман

[\\*spiontkovski@mail.ru](mailto:*spiontkovski@mail.ru)

Одним из направлений в деятельности научно-поисковых организаций Российской Федерации является восстановление рыболовного промысла в удаленных районах Мирового океана и мониторинг его промысловых ресурсов. К таковым, в частности, относят оценки запаса и динамики биомассы мелких пелагических рыб семейства Mусторhidae, которых считают важным перспективным источником животного белка. Вылов миктофид в Мировом океане может составить около 30 млн. тонн в год. Значительная часть запаса (около 260 млн. т.) сосредоточена в западной части Индийского океана.

На основе анализа данных многолетних исследований в северо-западной части Аравийского моря, включающих дистанционное зондирование (со спутников), контактные измерения (с борта научно-поисковых судов) и численное моделирование оценены характеристики межгодовой изменчивости концентрации хлорофилла-*a* (индикатора биомассы фитопланктона), биомассы зоопланктона и миктофид. В траловых уловах на шельфе Омана и за его пределами доминировали особи *Benthoosema pterotum* (Alcock, 1890) с характерным размером 2-6 см. Сопоставляются суточные измерения в 30-месячных временных сериях силы обратного объемного рассеяния звука на частоте 76.8 кГц, полученные разнесенными датчиками (ADCP) установленными на заякоренном на глубине 2953 м буе. Анализируется положение мигрирующих слоев миктофид в дневное время, находящихся на глубине около 300 м, и в ночное, у поверхности. Помимо анализа дистанционных и контактных измерений использовались многолетние временные серии суммарной биомассы мелких пелагических рыб полученные в рамках численной модели SEAPODYM с пространственным разрешением 0.08° x 0.08° (рис.1).

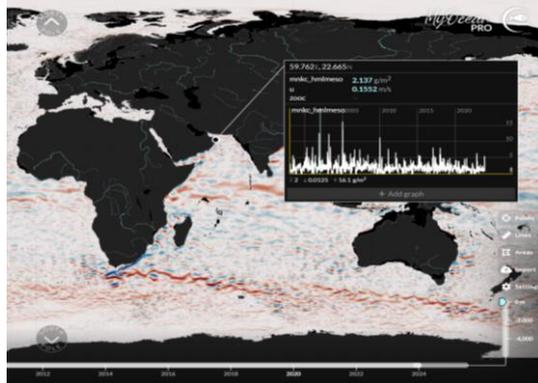


Рисунок 1. Фрагмент временной серии суммарной биомассы мелких пелагических рыб на фоне вертикальной составляющей скорости течений

Входные параметры модели представлены температурой поверхности моря, фотосинтетически активной радиацией, скоростью течения, концентрацией хлорофилла-*a*, чистой первичной продукцией, биомассой зоопланктона и др. В рамках интерактивной базы данных CMEMS выполнен анализ сезонной и межгодовой изменчивости суммарной биомассы мелкого нектона в эпипелагиали северо-западной части Аравийского моря за период с 1998 по 2023 гг. Даны оценки соотношения биомасс фитопланктона, зоопланктона и мелкого нектона (миктофид), показывающие наличие перевернутой пирамиды биомасс в этом регионе.

## СОЦИАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ СИБИРИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*Корытный Л.М., Башалханова Л.Б., Веселова В.Н.*

Институт географии им. В.Б.Сочавы, г. Иркутск, Россия  
[kor@irgs.irk.ru](mailto:kor@irgs.irk.ru)

Жизнедеятельность населения Сибири в современных условиях подвержена влиянию усиления колебаний климата. В связи с этим был проведен анализ их влияния на масштабы изменения зон дискомфорта в отдельных местоположениях, выявлена устойчивость границ последних (Maksyutova et al., 2021). Показано, что продолжительность числа дней с низкими температурами в совокупности с особенностями гелиогеофизических факторов представляют угрозу жизни и деятельности человека на открытом воздухе. Градиент усиления суровости климата направлен к северу и северо-востоку макрорегиона, с возможным режимом ограничения пребывания на открытом воздухе от 5 до более 45 % дней в год.

Жизнеобеспечение в таких условиях выступает гарантом сохранения здоровья населения. Дифференцированные нормативы питания, прожиточного минимума призваны способствовать благополучию и сохранению здоровья населения. Однако поэтапный анализ наиболее контрастных по степени дискомфорта климата территорий Ямало-Ненецкого (с ограничением пребывания на открытом воздухе от 15 до 45% в год) и Ханты-Мансийского (до 15% в год) автономных округов (ЯНАО и ХМАО), Республики Саха (Якутия) (РС(Я)) (от 15 до 45% в год) выявил следующее.

Имеет место несоответствие продовольственной безопасности суровости климата, что наглядно отражено в динамике социально-экономического положения населения. Так, прожиточный минимум (ПМ) трудоспособного населения в регионах по отношению к ПМ РФ в 1997 г. был выше в РС(Я) в 2,2 раза, в ЯНАО – в 1,9 раза, в ХМАО – в 1,6 раза; к 2020 г. произошло снижение соотношений, и разница уже составила в РС(Я) 1,5 раза, в ЯНАО и ХМАО – 1,4 раза (Экономические, 2023). Аналогичная ситуация наблюдается как с величиной прожиточного минимума пенсионера (1997 г. – в РС(Я) превышение составляло 2,0 раза, в ЯНАО – 1,8 раза, ХМАО – 1,5 раза; в 2020 г. – 1,5 раза в РС(Я) и 1,4 раза в ЯНАО и ХМАО), так и со средним размером назначенных пенсий (1997 г. – РС(Я) превышение составляло 1,8 раза, в ЯНАО – 1,6 раза, ХМАО – 1,5 раза; в 2020 г. – 1,3 раза в РС(Я) и 1,5 раза в ЯНАО и ХМАО). Кроме того, и сами нормативы не отвечают сформулированному Л.Е. Паниным «принципу адекватности питания состоянию энергетического обмена» в условиях холода (Панин, 1978).

Хронически низкое жизнеобеспечение на протяжении длительного периода приводит к существенным экономическим потерям – снижению ресурсов здоровья, вызванных не только переохлаждением организма человека (болезни органов дыхания, обморожения, травмы), но и к алиментарно-зависимыми болезнями (заболеваемость органов системы кровообращения и эндокринной системы). Заболеваемость населения болезнями системы кровообращения превысила в 2019–2022 гг. уровень заболеваемости 2000 г. в РС(Я) в 1,9 раза, в ЯНАО – в 1,6 раза, в ХМАО – в 1,3 раза; болезнями эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ превышения составили в ЯНАО 1,8 раза, в ХМАО – 1,4 раза. В РС(Я) отмечается тенденция снижения, которая объяснима ростом смертности от болезней эндокринной системы в 3,2 раза.

Для обеспечения социальной безопасности населения Севера необходимо внесение поправок на суровость климата в рекомендуемые Минздравом РФ удельные нормы потребления пищевых продуктов до уровня, отвечающего современным требованиям здорового питания в условиях холода.

**Список использованной литературы:**

1. Maksyutova E.V. and Bashalkhanova L.B. The effects of modern temperature fluctuations on building heating modes in the Republic of Sakha (Yakutia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – V. 629 (1):012048. DOI:[10.1088/1755-1315/629/1/012048](https://doi.org/10.1088/1755-1315/629/1/012048).
2. Экономические и социальные показатели районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей в 2000-2022 годах. – Федеральная служба государственной статистики. Главный межрегиональный центр обработки и распространения статистической информации, Москва, 2023. – 195 с.
3. Панин Л.Е. Энергетические аспекты адаптации. – Л., 1978. – 190 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ГИПЕРСОЛЕННЫХ ВОДОЕМОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

<sup>1</sup>И.И. Руднева, <sup>1</sup>Е.А. Котельянец, <sup>2</sup>В.Г. Шайда, <sup>1</sup>О.В. Шайда

<sup>1</sup>Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Российская Федерация

<sup>2</sup>ООО «ЭкоСервис-А», Москва, Российская Федерация

e-mail: [svg1841@mail.ru](mailto:svg1841@mail.ru)

Многие соленые водоемы на Крымском полуострове расположены в зоне населенных пунктов, промышленных предприятий, интенсивной сельскохозяйственной и строительной деятельности, а также активной рекреации и туризма. Будучи бессточными водоемами, эти водные объекты способны в течение длительного времени накапливать значительные количества загрязнителей, поступающих в них с атмосферными осадками, грунтовыми, паводковыми и сточными водами с сельхозугодий, коммунальных и промышленных предприятий. Целью настоящей работы явилась оценка содержания некоторых токсичных элементов в донных осадках бассейнов системы Сакского озера, которое около 200 лет в результате хозяйственной деятельности человека не является единым природным водоемом. Он разделен дамбами на семь бассейнов, два из которых, лечебные (Восточный и Западный), а пять остальных защищают их от паводковых и сточных вод, а также служат для приема послепроцедурных вод санаторно-курортных учреждений города. К защитным водоемам относятся: Михайловское водохранилище (пресноводный пруд), Буферный бассейн, озеро Чокрак и технологические бассейны бывшего Сакского химического завода Испаритель (Накопитель) и примыкающий к нему Ковш. Определение содержания тяжелых металлов в водоемах Сакского озера проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа М-049-ПДО/18. Результаты исследования показали значительное увеличение содержания свинца, цинка и хрома в озере Чокрак (Рис.), что обусловлено долговременными сбросами отходов химического производства в этот водоем. Несмотря на то, что в настоящее время предприятия не функционируют, уровень токсичных элементов в грунтах оз. Чокрак остается достаточно высоким, что представляет реальную опасность для экосистемы, биоты и здоровья людей на близлежащих территориях.

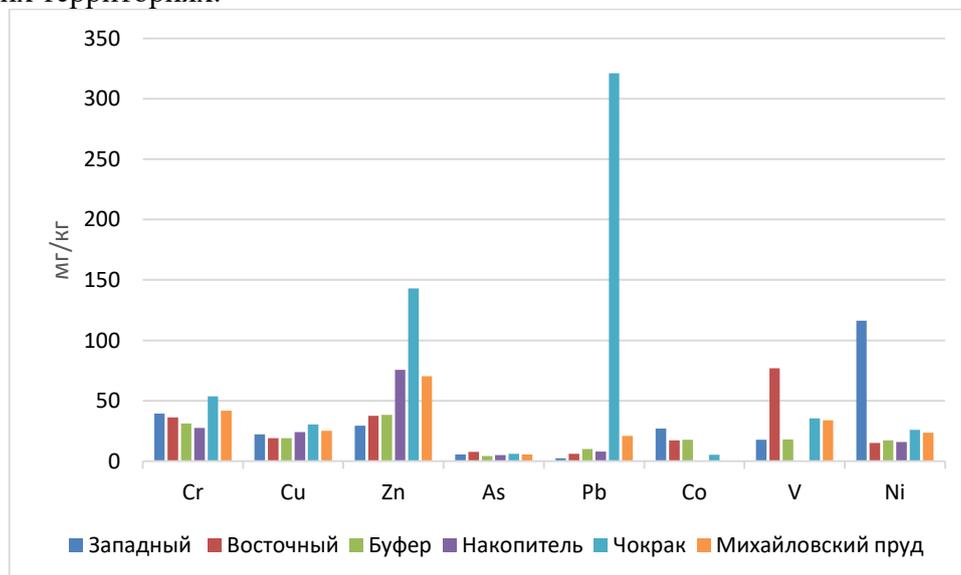


Рис. Содержание токсичных элементов в водоемах Сакского озера

Анализ донных осадков сакских водоемов важен для понимания процессов накопления, миграции и распределения токсичных элементов в замкнутых гиперсоленых водоемах и для оценки экологического риска для экосистемы и населения близлежащих территорий.

# ВЛИЯНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ГРАНИЦ КАРСТОВЫХ ВОДОСБОРОВ ГОРНОГО КРЫМА НА КАЧЕСТВО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА

Гарцман Б.И.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Институт водных проблем Российской академии наук», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

[gartsman@inbox.ru](mailto:gartsman@inbox.ru)

Эксперименты по имитационному моделированию стока рек и карстовых водоносных систем (КВС) Крыма выполняются с использованием модели FCM. Модель паводкового цикла (Flood Cycle Model, FCM) – концептуальная воднобалансовая модель с сосредоточенными параметрами, разработанная для имитации дождевого стока теплого периода года в масштабе малого речного бассейна. Выполнено обоснование применения FCM для имитационного моделирования стока рек Крыма, основанное на анализе соответствия концептуальных положений и физических гипотез модели природным условиям и особенностям гидрологического режима. Разработаны модели нескольких водных объектов, включая речные бассейны и КВС (источники): р. Кучук-Узенбаш - с.Многоречье, источник Карстовый – с. Многоречье, р. Ангара – с. Перевальная, источник Красной пещеры (р.Краснопещерная) – ур. Кизил-Коба, р. Черная – с.Родниковское.

Установлено, что концепция и расчетные алгоритмы модели FCM достаточно адекватны условиям формирования стока в Горном Крыму, причем это относится как к стоку малых рек, так и КВС. Оценки результатов за многолетний период показывают удовлетворительное, иногда хорошее, качество имитационного моделирования гидрографа стока. Эта закономерность нарушается преимущественно при наличии явных грубых ошибок в данных наблюдений за стоком. Специфической чертой результатов моделирования стала погодичная неустойчивость таких параметров модели, как критический расход и показатель истощения стока, что явно связано с развитием карстовых процессов на всех исследуемых водосборах, и проявляется значительно сильнее в режиме стока КВС, чем речных бассейнов.

Специально внимание уделено особой проблеме речных водосборов, сформировавшихся в карстовых массивах Горного Крыма. Для них характерно значительное несовпадение поверхностного водосбора, оцениваемого по рельефу земной поверхности, и подземного водосбора, определяемого гидрогеологическими структурами. Из-за этого площади речных бассейнов определяются с большими погрешностями, как правило – со значительным занижением, что критическим образом сказывается на достоверности расчетных параметров гидрологического режима, а также на качестве работы гидрологических моделей. Впервые предпринята попытка оценки реальной площади водосбора на основе имитационного гидрологического моделирования на примере бассейна р. Черная – с. Родниковское.

Река Черная – основной водоток, питающий Чернореченское водохранилище. Справочная площадь её водосбора в створе у с. Родниковское составляет 47 км<sup>2</sup> и явно занижена, т.к. приводит к нереалистичным величинам модулей речного стока. Специальный структурно-геоморфологический анализ, выполненный специалистами Института спелеологии и карстологии КФУ, дали оценку реального водосбора в размере 78.5 км<sup>2</sup>. С использованием гидрологической модели FCM выполнены аналитические и имитационные расчеты, позволившие установить зависимости её параметров и качества моделирования от принятой площади водосбора. Обоснована гипотеза, что реалистичная оценка площади данного водосбора составляет более 100 км<sup>2</sup>. Для подтверждения данной гипотезы необходимо выполнить дополнительный структурно-геоморфологический анализ и специальные натурные эксперименты с искусственными трассерами.

*Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института природно-технических систем (№ госрегистрации 124013000609-2).*

## ТОКСИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СОПОДЧИНЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ЛАНДШАФТОВ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ХМАО

*Ляпина Е. Е.*

ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем» СО РАН,  
Томск, Россия  
[eeldv@mail.ru](mailto:eeldv@mail.ru)

Торф является природным фильтром-накопителем химических элементов, поступающих как с атмосферным переносом (антропогенное поступление), так и грунтовыми и поверхностными водами (геохимическая специфика). Верховые болотные экосистемы отражают атмосферное поступление поллютантов. Низинные торфа формируются при преобладающем питании растений грунтовыми или поверхностными водами и отражают влияние преимущественно эдафических параметров ландшафтов. Исследования предполагают, что такие факторы, как скорость разложения, миграция химических элементов и тип растительности, влияют на способность торфяных кернов аккумулировать химические элементы. Торф, как естественный многолетний архив, позволяет проследить характер и динамику поступления, накопления и трансформации элементов-примесей в результате действия природных и антропогенных факторов.

Объект исследования – торф, отобранный на ключевых участках торфяного месторождения «Мухрино» Ханты-Мансийского автономного округа. Предмет исследования – содержание токсичных элементов (Cr, Fe, Co, Zn, Sb, As, Br, Hg) в торфах ключевых участков торфяного месторождения.

В результате исследования выявили содержание и геохимические особенности распределения токсичных элементов в торфяных залежах ключевых участков торфяного месторождения «Мухрино» (ХМАО). Определили концентрации токсичных элементов и их распределение по глубине торфяной залежи. Выявили особенности накопления в зависимости от степени разложения, pH торфа, группового состава органического вещества торфа. Определили формы нахождения элементов в торфяных залежах.

Рассчитали основные геохимические показатели (коэффициенты концентрации относительно среднего по региону, Кларка в верхней части континентальной земной коры, фактора обогащения, суммарного показателя загрязнения).

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск).

# АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОГРАММЫ ФАО ГИАХС В СВЯЗИ С ГЛОБАЛЬНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА: НА ПРИМЕРЕ ТРАДИЦИОННОГО БАШКИРСКОГО БОРТЕВОГО ПЧЕЛОВОДСТВА

*Середин Н.А., Рязанова Н.Е.*

Московский государственный институт международных отношений (университет) МИД  
Российской Федерации, г. Москва, Россия  
seredin\_n\_a@my.mgimo.ru

С 2002 году Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) реализует программу «Системы сельскохозяйственного наследия мирового значения» (ГИАХС), направленную на выявление и сохранение традиционных агроэкосистем, поддерживающих рост биоразнообразия, продовольственной безопасности и сохранение культурной идентичности. Инициатива родилась в ответ на глобальные вызовы, с которыми сталкиваются фермерские хозяйства, в том числе изменение климата.

Российская Федерация имеет многие уникальные сельскохозяйственные системы, первым кандидатом в рассматриваемый проект стало «Традиционное башкирское бортевое пчеловодство». Эта практика сочетает в себе производство меда, сохранение природных ландшафтов и поддержку нематериального культурного наследия в границах биосферного резервата «Башкирский Урал (заповедник «Шульган-Таш»)» – единственное место обитания популяции бурзянской бортовой пчелы (*Apis mellifera mellifera* L.).

Ключевой угрозой для данного объекта является изменение климата, в связи с чем необходимость незамедлительного включения данного объекта в ГИАХС возрастает. Анализ данных показывает повышение среднемесячных зимних температур в Бурзянском регионе (табл. 1), что приводит к нарушению жизненных циклов пчел и их массовой гибели в периоды зимних оттепелей. (Шарипов, 2010)

Таблица 1 - Среднемесячные зимние температуры в Бурзянском районе в 1960-е и 2000-е годы

Метеорологический период	Среднемесячные зимние температуры, °С	
	1960-е	2000-е
Декабрь	-12,9	-11,1
Январь	-15,7	-13,5
Февраль	-14,3	-9,7

Косвенными последствиями климатических изменения являются учащение лесных пожаров, приводящих к сокращению липовых лесов, где обитают пчелы, а также распространение болезней (варроатоз, нозематоз) из-за ослабления иммунитета насекомых. Эти факторы создают серьезные препятствия для восстановления и увеличения популяции бурзянской пчелы.

Несмотря на меры, предпринимаемые правительством республики, однако их эффективность может быть нивелирована глобальными климатическими трендами. В результате резко возрастает значение включения данной агроэкологической системы в проект ГИАХС.

## Список использованной литературы:

1. Шарипов А.Я. Влияние изменений климата на состояние Бурзянских бортовых пчел, 2010 // <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-izmeneniy-klimata-na-sostoyanie-burzyanskih-bortevyh-pchel/viewer>

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА ДЛЯ РЕГИОНОВ СО СЛОЖНОЙ ОРОГРАФИЕЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

*Нахаев М.И.*

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*

В условиях роста антропогенной нагрузки и изменения климата точный прогноз и оценка региональных экологических изменений, связанных с качеством воздуха, становятся критически важными. Особую сложность представляют регионы со сложной орографией, где рельеф существенно модифицирует атмосферные процессы, процессы переноса и рассеивания загрязняющих веществ. Стандартные модели требуют адаптации для таких условий. В работе использован модельный комплекс WRF-CHIMERE с высоким пространственным разрешением (1 км) для периода с января по март 2025 года. Результаты модельных расчетов концентрации оксида углерода верифицированы по данным высокоточных инструментальных измерений на Высокогорной научной станции ИФА РАН в Кисловодске. Применен метод коррекции эмиссий на основе данных о плотности и типе дорожной сети. Это позволило получить более реалистичное пространственное распределение выбросов от автотранспорта. Эксперимент по «обнулению» рельефа позволил получить количественные оценки вклада орографических факторов в формирование полей концентрации загрязняющих веществ. Модель адекватно воспроизводит концентрации CO в условиях интенсивного вертикального перемешивания (RMSE = 76-94), однако в периоды приземных инверсий наблюдается систематическое занижение концентраций (BIAS до -133 ppb), что указывает на необходимость более детального учета локальных точечных источников в застойных условиях.

Экспериментально установлено, что орографические эффекты определяют от 20% до 50% среднего уровня концентрации CO в приземном слое атмосферы региона. Выявлены зоны аккумуляции загрязнений, обусловленные особенностями рельефа.

# МОДЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ И АЗОТА ИЗ АТМОСФЕРЫ НА БАЙКАЛЬСКУЮ ПРИРОДНУЮ ТЕРРИТОРИЮ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ В ВОЗДУХЕ И ОСАДКАХ

Ильин И.С., Галушин Д.А, Громов С. А., Жигачёва Е.С.

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля»  
(ФГБУ «ИГКЭ»), г. Москва, Россия

[i.ilyin@igce.ru](mailto:i.ilyin@igce.ru)

Была произведена оценка суммарных (суммы сухих и влажных) атмосферных выпадений  $SO_x$ ,  $NO_x$  и  $NH_x$  на станции ЕАНЕТ Листвянка за 2004-2023 г, а также на Байкальскую природную территорию (БПТ), включая Центральную экологическую зону (ЦЭЗ), Буферную экологическую зону (БЭЗ) и Зону атмосферного влияния (ЗАВ) [<https://rpn.gov.ru/activity/baikal/>], в 2020 г. Оценки сухих выпадений базировались на данных мониторинга концентраций в воздухе сети ЕАНЕТ (станция Листвянка) и применении моделей сухого осаждения для газов и частиц, рекомендованных Руководством ЕАНЕТ [<https://www.eanet.asia/wp-content/uploads/2019/04/techdry.pdf>]. Потоки влажных выпадений оценивались с использованием данных измерений сети наблюдений за химическим составом осадков, курируемой ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория».

Было показано, что вклады сухих выпадений в суммарный поток выпадений серы составляют 50%, 67% и 85% на водные поверхности, луга и хвойные леса, соответственно, в окрестностях станции Листвянка. Вклады в сухие выпадения окисленного азота составляют 5%, 20% и 50% для водной поверхности, лугов и хвойных лесов. Вклады сухих выпадений восстановленного азота в суммарные сопоставимы на уровне 50% для этих трёх типов подстилающей поверхности.

Пространственное распределение потоков суммарных выпадений по БПТ определяется пространственным распределением измеренных концентраций в осадках, метеорологических параметров и типами подстилающей поверхности. Наиболее высокие значения потоков отмечались для северо-восточной, западной и юго-восточной частей БПТ (Рисунок 1). Наименьшие потоки были получены для акватории озера Байкал.

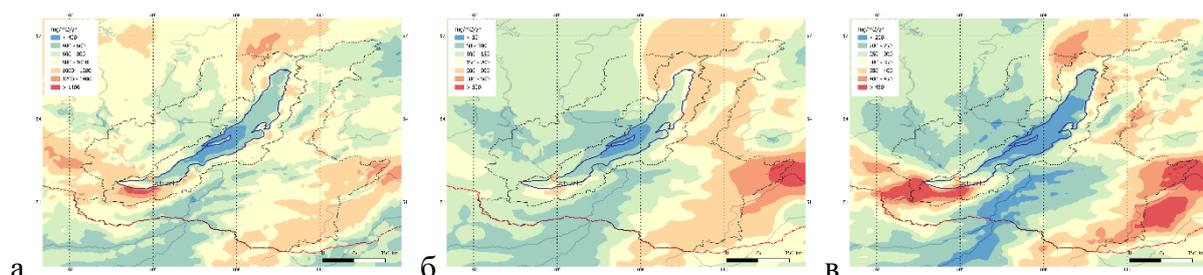


Рисунок 1. Потоки суммарных выпадений окисленной серы(а), окисленного азота (б) и восстановленного азота (в) в БПТ в 2020 г.

Средние по площади потоки суммарных выпадений серы на акваторию озера Байкал составили около  $700 \text{ мг/м}^2/\text{год}$ , что примерно вдвое меньше, чем на территории ЦЭЗ, БЭЗ и ЗАВ ( $1300 - 1400 \text{ мг/м}^2/\text{год}$ ). Средний поток окисленного азота на поверхности Байкала ( $100 \text{ мг/м}^2/\text{год}$ ) примерно в 2 – 3 раза ниже, чем на территорию ЗАВ ( $200 \text{ мг/м}^2/\text{год}$ ), БЭЗ ( $270 \text{ мг/м}^2/\text{год}$ ) и ЦЭЗ ( $240 \text{ мг/м}^2/\text{год}$ ). Потоки выпадений восстановленного азота составили  $250 \text{ мг/м}^2/\text{год}$  (акватория Байкала),  $360 \text{ мг/м}^2/\text{год}$  (ЦЭЗ),  $340 \text{ мг/м}^2/\text{год}$  (БЭЗ) и  $300 \text{ мг/м}^2/\text{год}$  (ЗАВ).

Исследование выполнено в рамках темы «Развитие методов и технологий мониторинга и оценки загрязнения природной среды вследствие трансграничного атмосферного переноса загрязняющих веществ и кислотных выпадений (ЕЭК ООН: ЕМЕП, МСП КМ; ЕАНЕТ)» плана НИТР Росгидромета, регистрационный номер 125031703847-1.

# АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ АВТОВОССТАНОВЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ КАК ОСНОВА ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА)

*Алексеев И.А.*

ФГБУН Институт географии СО РАН имени В.Б. Сочавы, г. Иркутск, Россия,  
ФГБОУ ВО «Благовещенский государственный педагогический университет»,  
г. Благовещенск, Россия  
alekseev.ia@bgru.ru

Анализ процессов автовосстановления антропогенно нарушенной структуры компонентов и пространственной структуры ландшафтных комплексов позволяет осуществить переход к формированию систем управляемого человеком постантропогенного автовосстановления ландшафтных комплексов (с определением оптимальных периодов, моментов прекращения антропогенных воздействий с целью экономии ресурсов на восстановление свойств и показателей нарушенных антропогенной деятельностью ландшафтов) с требуемыми свойствами и качествами для формирования комфортной для проживания человека среды. Под «автовосстановлением структуры антропогенно нарушенного ландшафтного комплекса» при этом понимаются имеющие универсальный характер только естественные процессы самопроизвольного воссоздания структуры компонентов, элементов, внутриландшафтных комплексов, ландшафтов, находящихся в постантропогенной стадии развития, по принципу «самосборки» в пределах лимитирующего воздействия сочетаний зонально-азональных условий и факторов (Алексеев, 2024). Следует отличать общее понятие «процессы восстановления» структуры ландшафтных комплексов от процессов их «автовосстановления». Автовосстановление формируется в ландшафтно-биоценотической структуре комплекса во время или после прекращения действия антропогенных факторов, до начала процессов формирования полнофункциональных компонентов (подразумевается способность биокосных компонентов обеспечить, а биологических компонентов осуществить вегетативное или генеративное размножение).

В результате многолетних стационарных наблюдений (комплексный ландшафтный анализ, ДЗЗ) и анализа процессов автовосстановления антропогенно нарушенных ландшафтов, внутриландшафтных комплексов и их компонентов на основе применения геосистемного и синергетического подходов с учетом всех типов и видов антропогенных изменений и типов автовосстановления ландшафтов установлены закономерности и региональная специфика формирования стадий развития процессов антропогенных изменений и постантропогенного автовосстановления структуры различных групп природных, природно-антропогенных и антропогенных ландшафтных комплексов (Алексеев, 2024).

Установленные и обоснованные закономерности и специфика взаимосвязей между формированием вариантов результатов, типов процессов автовосстановления антропогенно нарушенной структуры ландшафтов позволяют достоверно определять потенциальный уровень устойчивости ландшафтов к антропогенным воздействиям, и в последующем более обоснованно формировать подходы к нормированию антропогенных нагрузок на природные компоненты, ландшафты и разработке актуальных схем рационального природопользования, природообустройства и охраны окружающей среды. Именно эти аспекты позволяют пересмотреть и упростить подходы к оценке воздействий хозяйственной деятельности на окружающую среду и планированию природоохранных, природовосстановительных мероприятий.

## **Список использованной литературы:**

1. Алексеев И.А. Региональная специфика автовосстановления структуры антропогенно нарушенных лесных ландшафтов северо-восточной окраины Евразии: Диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук по специальности... ЗАТО Циолковский, 2024. 603 с.

*Исследование выполнено за счёт средств государственного задания (№ гос. регистрации темы АААА-А21-121012190059-5)*

## СОВРЕМЕННЫЕ ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКВАТОРИИ БАЛАКЛАВСКОЙ БУХТЫ И ЗАЛИВА МЕГАЛО-ЯЛО (ИССЛЕДОВАНИЯ 2024 Г.)

*Жидкова Л.Б., Дьяков Н.Н., Липченко А.Е., Полозок П.В., Еркушов В.Ю., Катунина Е.В.*  
ФГБУ «Государственный океанографический институт», г. Севастополь, Россия  
zhidkovamila@mail.ru

Балаклавская бухта и залив Мегало-Яло в настоящее время формируются как рекреационный ресурс здоровой экосистемы. Длительный период времени морская акватория испытывала техногенное воздействие военно-морской базы Черноморского флота и сопутствующего ей судоремонтного завода, а также антропогенное воздействие непрерывного производства Балаклавского рудодобывающего комбината. Эти факторы явились значимым источником бесконтрольного локального загрязнения морской среды нефтяными углеводородами, синтетическими поверхностно-активными веществами, тяжелыми металлами, биогенными элементами. Всё это привело к изменению уровня стандартных гидролого-гидрохимических показателей во всей исследуемой акватории [Овсяный, 2009; Мухаметов, 2018].

Экологические съемки по исследованию вод Балаклавской бухты осуществлялись с 1991 г. по настоящее время. При этом в регулярном режиме экспедиционные работы проводились в период с 2000 по 2007 гг. За указанный период была исследована пространственно-временная изменчивость гидрохимических показателей в водах Балаклавской бухты на примере распределения растворенного кислорода, величин солёности, рН, БПК<sub>5</sub> и биогенных элементов [Ковригина, 2010].

Нашей задачей явилась организация комплексного гидролого-гидрохимического мониторинга вод Балаклавской бухты и залива Мегало-Яло. Также мы исследовали межсезонную изменчивость термohалинных условий, динамику современного гидрохимического режима показателей морских вод, биогенных элементов, загрязняющих веществ. Были предприняты попытки оценить их зависимость от антропогенных факторов и интенсивности периодов рекреационной нагрузки.

С февраля по октябрь 2024 г. были проведены три сезонные съемки, отобрано 376 проб морской воды и выполнено 7896 элемент-определений. В результате проведенных исследований получены уникальные данные:

- по гидролого-гидрохимическим показателям (температура, солёность, условная плотность, массовая концентрация кислорода, растворенный в воде кислород, БПК<sub>5</sub>, водородный показатель, карбонатная щёлочность);
- биогенным веществам (нитриты, нитраты, аммонийный азот, общий азот, фосфор фосфатный, общий фосфор, кремний);
- загрязняющим веществам (нефтяные углеводороды, анионные синтетические поверхностно-активные вещества, металлы: медь, железо, свинец, марганец, хром).

В результате гидролого-гидрохимического мониторинга установлено, что наибольшее влияние на качество вод Балаклавской бухты оказывают следующие факторы: содержание растворенного кислорода, величина БПК<sub>5</sub>, фосфора фосфатного, общего фосфора, нитратов, общего азота, нефтяных углеводородов, меди и железа. Концентрации поллютантов изменялись в ряду  $Cu > Fe > Pb > Cr > Mn$ .

Работа выполнена в рамках государственной тематики «Росгидромет».

Список использованной литературы:

Овсяный Е.И., Котельянец Е.А., Орехова Н.А. Мышьяк и тяжелые металлы в донных отложениях Балаклавской бухты (Черное море). // Морской гидрофизический журнал. – 2009. – С. 67–80.

Мухаметов С.С., Кондратьев С.И. Экстремальные значения гидрохимических параметров в водах Балаклавской бухты в феврале 2015 г. // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2018. № 5. С. 1–21.

Ковригина Н.П., Попов М.Г., Лесицкая Е.В., Куфтаркова Е.А., Губанов В.И. Комплексный мониторинг вод Балаклавской бухты (Черное море) в период 2000-2007 гг. // Морской экологический журнал. 2010. № 4. С. 62–75.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАТФОРМЫ GOOGLE EARTH ENGINE ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАЧЕНИЙ ВАЛОВОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ПРЕДЕЛАХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА

Табуницкий В.А.<sup>1,2</sup>, Никифорова А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского - природный заповедник РАН, пос. Курортное, г. Феодосия, Россия

<sup>2</sup> ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», г. Севастополь, Россия  
tabunshchik@ya.ru

Martínez et al. [1] отмечают, что для полного описания углеродного цикла требуется подробная информация о пространственно-временных закономерностях потоков углерода между поверхностью Земли и атмосферой. Признанными инструментами для получения информации о состоянии растительного покрова – наземной фитомассы являются спектральные индексы, рассчитываемые по данным дистанционного зондирования Земли [2].

Валовая первичная продуктивность (Gross Primary Productivity, GPP) – это важный показатель, который отражает особенности производства органического вещества (углерода) растениями за счёт фотосинтеза. Для расчетов данных о среднегодовых значениях валовой первичной продуктивности (Gross Primary Productivity, GPP), с 2001 по 2023 гг. использовались данные космического спутника MODIS продукта «MOD17A3HGF.061». Границы района исследования проведены по [3]. В результате исследования получены ежегодные значения валовой первичной продуктивности (GPP) за период с 2001 по 2023 гг. для территории Юго-Восточного Крыма. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

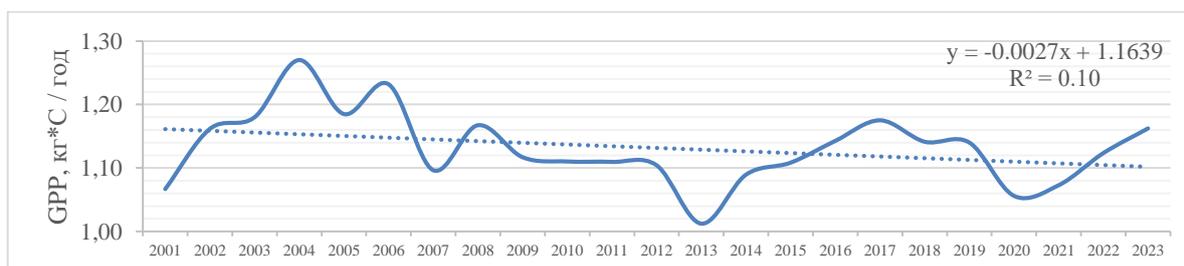


Рис. 1. Значения валовой первичной продуктивности за период с 2001 по 2023 гг. для территории Юго-Восточного Крыма

Средние показатели валовой первичной продуктивности варьировали от 1.01 до 1.27 кг\*С/м². Наибольшее значение наблюдалось в 2004 г., тогда как наименьшее – в 2013 г. 2004 г. характеризуется наибольшим средним уровнем продуктивности, 2013 г. – минимальным, а 2020 г. – экстремально низким минимумом. В целом динамика средних значений отражает умеренные колебания без выраженной долгосрочной тенденции к увеличению или снижению.

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания №125061006869-4.

## Список использованной литературы

1. Exploring Ecosystem Functioning in Spain with Gross and Net Primary Production Time Series / В. Martínez, S. Sánchez-Ruiz, M. Campos-Taberner [et al.] // Remote Sensing. – 2022. – Vol. 14, No. 6. – P. 1310. – DOI 10.3390/rs14061310. – EDN LTPPWT.
2. Анализ закономерностей поглощения углерода горно-лесными, горно-степными и степными ландшафтами России на основе спутниковых данных и метеорологических наблюдений / К. В. Мячина, Р. В. Ряхов, А. Н. Щавелев [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2024. – № 4. – С. 192-200. – DOI 10.25750/1995-4301-2024-4-192-200. – EDN BLMDEA.
3. Функционирование низкогорных субсредиземноморских лесных ландшафтов (на примере Юго-Восточного Крыма) / Р. В. Горбунов, М. С. Сафонова, В. А. Табуницкий, Т. Ю. Горбунова. – Симферополь: Ариал, 2023. – 148 с. – EDN OKSVHR.

# ВОССТАНОВЛЕНИЕ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОБИОДЕСТРУКТОРОВ И ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ

*Чердакова А.С., Гальченко С.В.*

Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, г. Рязань, Россия

[cerdakova@yandex.ru](mailto:cerdakova@yandex.ru)

Среди методов восстановления нефтезагрязненных почв наиболее экологически безопасны биологические методы, основанные на использовании микробиологических биодеструкторов, использующих нефтяные углеводороды в качестве питательного субстрата. Однако их эффективность зачастую ограничивается высокими уровнями загрязнения и физико-химическими свойствами почвы. Ввиду чего возникает необходимость научного поиска способов стимуляции нефтеокисляющей активности микроорганизмов. Считаем, что в данном аспекте весьма перспективны гуминовые вещества и промышленные препараты на их основе (Grechishcheva, 2024). На территории РФ одним из наиболее распространенных нефтепродуктов-загрязнителей почв является дизельное топливо (Приемская, 2020). В связи с чем исследование процессов микробиоремедиации почв, загрязненных дизельным топливом, имеет особую значимость и актуальность.

Цель работы: оценить эффективность совместного применения гуминовых препаратов и промышленных биодеструкторов на процессы ремедиации серой лесной почвы, загрязненной дизельным топливом (в условиях эксперимента).

Исследования проводились в условиях вегетационного эксперимента, в рамках которого искусственно моделировались процессы микробиоремедиации серой лесной среднесуглинистой почвы, загрязненной дизельным топливом в количестве 50 г/кг и 100 г/кг. В качестве биодеструкторов использовались консорциумы нефтеокисляющих микроорганизмов в составе промышленных биопрепаратов «Глаукойл» и «МД». Для их стимуляции применялись промышленные гуминовые препараты «Экорост» и «Гуми», которые вносили в загрязненную почву в виде 0,01 % водного раствора. Контролем служили загрязненные дизельным топливом почвенные образцы, без обработки нефтедеструкторами и гуминовыми препаратами. Время экспозиции – четыре месяца. Повторность – 4-х кратная. Критерием оценки выступала степень деградации дизельного топлива в почве. Концентрация дизельного топлива в почве определялась методом инфракрасной спектроскопии.

На контроле деструкция дизельного топлива протекала только в результате естественных процессов почвенной трансформации, ее уровень был минимальным и не превышал 10 %. Под влиянием биодеструкторов «Глаукойл» и «МД» степень деградации дизельного выросла до 20-25 %. В присутствии гуминовых препаратов эффективность относимых в загрязненную почву биодеструкторов значительно возрастала, что выражалось в увеличении уровня разложения дизельного топлива до более чем 30%. Максимальную эффективность продемонстрировал препарат «Экорост». Так, его сочетание с препаратом «МД» позволило увеличить интенсивность биодеградации загрязнителя до 50-60 %.

Таким образом, установлено, что препараты микробиодеструкторы «Глаукойл» и «МД» способствуют ликвидации нефтеуглеводородного загрязнения, в несколько раз увеличивая степень деструкции дизельного топлива. Их совместное применение с гуминовыми препаратами позволяет достичь еще более глубокой деградации загрязнителя.

**Список использованной литературы:**

1. Приемская Е. Что приводит к авариям с нефтепродуктами в России // Известия: ежедневная общественно-политическая газета. – 2020. – № 153 (30632).
2. Grechishcheva N.Yu., Dmitrieva E.D., Starodubtseva K.A. Remediation of oil-contaminated soils with compositions based on humic acids // ChemChemTech. – 2024. – N 67 (7). – P. 136–143. DOI: 10.6060/ivkkt.20246707.6927.

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИМОРСКИХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

<sup>1, 2</sup>Егоркин А.А.

<sup>1</sup>ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

<sup>2</sup>ФГКВБОУ ВПО «Черноморское высшее военно-морское ордена Красной Звезды училище им. П.С. Нахимова», РФ, г. Севастополь, ул. Дыбенко, 1а

Оценка качества атмосферного воздуха - одна из наиболее важных задач, решаемых при проведении экологического мониторинга приморских природно-технических систем, которая решается с помощью проведения инструментального и расчетного мониторинга.

В настоящее время в методов инструментального мониторинга применяются автоматические станции экологического мониторинга атмосферного воздуха, которые обладают рядом недостатков, одним из которых является недостаточное количество точек отбора проб, не позволяющее с достаточной точностью оценить пространственное загрязнение исследуемой территории.

Расчетные методы, позволяют проводить корректный анализ текущей, ретроспективной и перспективной ситуации с требуемой пространственной детальностью и отвечают задачам риск-ориентированных технологий санитарного и природоохранного надзора [1]. Результаты расчетного мониторинга позволяют получить детальную картину загрязнения воздуха по каждому загрязняющему веществу на всей исследуемой территории, а также определить величину влияния каждого загрязняющего вещества в любой точке территории и спрогнозировать изменение загрязнения воздуха на перспективу с учетом планов развития исследуемой природно-технической системы. После проведения сводных расчетов полей загрязнения с использованием расчетного мониторинга определяются районы наблюдений за качеством атмосферного воздуха с выбором точек, в которых формируются наибольшие уровни концентраций каждого загрязняющего вещества.

Перспективным направлением по расширению возможностей инструментального экологического мониторинга атмосферного воздуха является применение беспилотных платформ наземного, воздушного и морского базирования с использованием недорогих сенсорных систем измерения параметров окружающей среды (направление и скорость ветра, температура, влажность, а также концентраций загрязняющих веществ) с целью построения интерактивных карт состояния и оценки экологической обстановки исследуемой территории для визуализации потенциальных рисков [2].

Преимуществом таких систем будет большой пространственный охват исследуемой территории, получение вертикальных профилей метеорологических величин, используемых для исследования влияния их на распространение загрязняющих веществ, возможность отслеживания движения загрязненных воздушных масс в режиме реального времени.

## Литература

1. Егоркин А. А. Оценка негативного воздействия на окружающую среду приморской территории с использованием данных анализа сводных расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе / А. А. Егоркин, С. Ю. Самойлов, В. П. Евстигнеев // Системы контроля окружающей среды. – 2025. – № 1(59). – С. 120-128.

2. Егоркин А.А. Шишкин Ю.Е. Разработка прототипа автономной мобильной системы контроля качества атмосферного воздуха для территорий со сложным рельефом и комплексом метеорологических условий. // Системы контроля окружающей среды. – 2025. – № 3(60). – С. 59-67.

# АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ АИС-ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ МОРСКИМИ СУДАМИ

Белухин А.И., Васильева Ж.В., Васеха М.В., Тришина А.С.

ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», г. Мурманск, Россия

[belukhinai@mauniver.ru](mailto:belukhinai@mauniver.ru)

В современном мире глобальные изменения климата являются одной из основных проблем, требующих немедленных действия от человечества. На текущий момент одним из основным видом загрязнения окружающей среды являются выбросы большого количества углекислого газа в процессе эксплуатации различных видов транспорта [1]. При этом, в большинстве регионов планеты наблюдается тенденция к увеличению объемов перевозок. Особое внимание стоит уделить увеличению грузопотока, транспортируемого морским транспортом.

Целью работы является разработка методики обработки АИС-сигналов грузовых судов и проведение расчета выброса парниковых газов.

За основу расчета были взяты данные, получаемые с каждого судна в виде сигналов Автоматической идентификационной системы (АИС). В них содержатся сведения о текущем местоположения судна, его скорости и направлении движения (рисунок 1). После проведения фильтрации АИС-данных, были определены расстояния между соседними навигационными сигналами с помощью формулы гаверсинусов, учитывающей кривизну планеты [2]. Затем определялась скорость судна на каждом из участков между двумя АИС сигналами на протяжении всего маршрута.

Точки трека												
Выгружено из КИИС "МоРе". Дата выгрузки - 03.02.2025 11:54:52 UTC												
3	Название	Дата, UTC	Широта	Долгота	Курс, °	Скорость, узл.	Источник	ИМО	MMSI	Позывной	Номер РМРС	Номер РРР
4	ШТУРМАН ЩЕРБИНИН	31.12.2023 23:44:00	69.44933	73.73867	187.0	10.2	ОСДР	9759927	273385570	UEXZ	150068	
5	ШТУРМАН ЩЕРБИНИН	31.12.2023 23:32:00	69.484665	73.728	156.0	10.6	ОСДР	9759927	273385570	UEXZ	150068	
6	ШТУРМАН ЩЕРБИНИН	31.12.2023 23:24:00	69.50467	73.698	151.0	10.2	ОСДР	9759927	273385570	UEXZ	150068	
7	ШТУРМАН ЩЕРБИНИН	31.12.2023 22:44:00	69.599335	73.512665	149.0	10.2	ОСДР	9759927	273385570	UEXZ	150068	

Рисунок 1 – Вид данных АИС-сигнала

Для оценки эмиссии парниковых газов при движении судна использовался мощностно-скоростной подход. Для этого определялся показатель, учитывающий нагрузку на главный двигатель при определенной скорости, выраженный в киловаттах. Расчет количества парниковых выбросов производился с учетом потребленного топлива и коэффициентов эмиссии для каждого парникового газа, рекомендованных Резолюцией ИМО МЕРС.376(80).

Алгоритм по оценке выбросов парниковых газов судов с использованием АИС-сигналов позволяет точно оценить нагрузку как в пределах всего маршрута судна, так и его конкретных участков в пределах акватории. Использование разработанного алгоритма позволяет оценить степень экологической нагрузки на акваторию и предложить меры по ее сокращению.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 25-27-20102.

## Список использованной литературы:

1. Васильева, Ж. В. Методология оценки выбросов парниковых газов от судоходства в Арктике / Ж. В. Васильева, С. А. Дзапаров, М. В. Васеха // Арктика: экология и экономика. – 2024. – Т. 14, № 4(56). – С. 596-604. – DOI 10.25283/2223-4594-2024-4-596-604. – EDN ORPIIR.

## СБРОС СТОЧНЫХ ВОД В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ, КАК СОБЛЮСТИ БАЛАНС ЭКОНОМИКИ И ЭКОЛОГИИ

*Кладько Ю.В.*

ООО «Эколуч», г. Москва, Россия

email: [yu.bobareva@yandex.ru](mailto:yu.bobareva@yandex.ru)

Вода – основа жизни человека, ценный ресурс, имеющий решающее значения для устойчивого развития страны. Согласно докладу ООН уже к 2050 году половина населения может остаться без безопасного доступа к воде. Проблема усугубляется не только недостаточным количеством воды, но и постоянным ухудшением ее качества. Рост промышленности ведет к загрязнению водоемов, делая имеющиеся запасы воды непригодными к использованию.

В последние годы проблема сброса сточных вод набирает все большую актуальность не только в России, но и во всем мире. Сброс сточных вод в водные объекты один из самых значимых факторов современного антропогенного воздействия.

В России для осуществления сброса сточных вод в водные объекты необходимо получать специальное разрешение, а в некоторых случаях необходимо разрабатывать проект нормативов допустимых сбросов. Согласно Российскому законодательству, сброс неочищенных сточных вод в водные объекты запрещен. После получения необходимых разрешительных документов необходимо вести постоянный лабораторный контроль сточной воды после очистки и природной воды в водном объекте. Этот механизм позволяет минимизировать негативное воздействие на водные объекты и водные биологические ресурсы.

Кроме того, все водопользователи обязаны сдавать ежеквартальную отчетность, направляя показатели качества и количества сбрасываемой воды в органы государственной власти.

Однако, далеко не все предприятия являются добросовестными водопользователями, часто выявляются случаи сброса сточных вод с превышением предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ, сброса сточных вод при отсутствии разрешительных документов, сброса сточных вод с превышением допустимого объема и другие нарушения водного законодательства.

Для решения этой проблемы в долгосрочной перспективе можно использовать системы автоматического контроля качества сбрасываемых вод.

### **Заключение:**

1. Сброс сточных вод в водные объекты - один из самых значимых факторов современного антропогенного воздействия.

2. Внедрение системы автоматического контроля качества сточных вод в водные объекты поможет сохранить чистую воду для будущих поколений.

## ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПЛАВУЧИХ МАТОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В НЕБОЛЬШИХ ОЗЕРАХ

Д.Д. Гассиев<sup>1</sup>, Е.П. Шапова<sup>2</sup>, Я.А. Ржечицкий<sup>2</sup>, С.А. Черкашина<sup>2</sup>, Н.В. Шадрин<sup>1</sup>, Е.В. Ануфриева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»,  
г. Севастополь, Россия

<sup>2</sup>НИИ биологии Иркутского государственного университета, г. Иркутск  
d.gassiev@ibss-ras.ru

Температура влияет на все процессы в водоемах. Обычно учитывают ее влияние на биологические процессы, но игнорируют влияние биоты на температуру. Растительные маты могут влиять на физико-химические показатели в озерах, включая температуру (Prazukin et al., 2025). Эксперименты показывают существенную теплопродукцию матов (Mukhanov et al., 2004), это в водоемах не изучено. Проведены исследования по влиянию растительных матов на распределение температуры в разнотипных водоемах региона Байкала. Измерения температуры проводили в верхнем слое мата и под ним на глубине 0,5 м. Модельные озера: 1. Техногенное озеро на реке Большая Котинка (Прибайкальский национальный парк) с плавучими матами водяного мха *Fontinalis antipyretica* Hedw. и 2. Содовое озеро Малое (Забайкальский национальный парк) с матами зеленой нитчатой водоросли *Cladophora* sp. Результаты этих измерений даны в Таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений температуры в мате и под матом

Дата	Название водоема	Точка измерения температуры	t воды, °C	Комментарий к освещенности
31.07.24	Озеро с матами водного мха	В мате	16,3	Ясно
		Под матом, 0,5 м	8,0	
02.08.24	Озеро с матами водного мха	В мате	12,5	В тени
		Под матом, 0,5 м	10,5	
11.07.25	Озеро Малое с матами кладофоры	В мате	27,5	Переменная облачность
		Под матом 0,5 м	27	

Полученные данные свидетельствуют, что маты влияют на термический градиент в водной толще. Влияние матов на поле температуры обусловлено несколькими причинами. 1. Маты поглощают большую часть теплового потока от солнца, чем участки открытой воды. 2. Существует скрытая теплота испарению, вода при испарении теряет тепло, маты уменьшая испарение, уменьшают и потери тепла. 3. Метаболическая теплопродукция самого мата, которая, как показана может увеличивать температуру не более, чем 0,5-1 °C (Mukhanov et al., 2004).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-66-00001.

### Список использованной литературы:

- Prazukin A., Shadrin N., Latushkin A., Anufrieva E. Mats of green filamentous alga *Cladophora* in the hypersaline Bay Sivash: distribution, structure, environment-forming role and resource potential // Regional Studies in Marine Science. 2025. Vol. 82. Art. no. 104031 (12 p.).
- Mukhanov VS, Naidanova OG, Shadrin NV, Kemp RB. The spring energy budget of the algal mat community in a Crimean hypersaline lake determined by microcalorimetry. Aquatic Ecology. 2004 ;38(3):375-85.

# ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ ШТАММОВ МОРСКИХ ФОТОТРОФОВ

Андреева Н.А.<sup>1</sup>, Пеньков М.Н.<sup>1</sup>, Шупова Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия,

[andreeva.54@list.ru](mailto:andreeva.54@list.ru),

<sup>2</sup>Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия

Напряженность магнитного поля Земли сравнительно невелика. Однако, с развитием техники окружающая среда оказывается насыщенной полями, которые могут влиять на живые организмы непредсказуемым образом. Ученые пришли к выводу, что отрицательное действие электромагнитного поля на различные биологические объекты вызвано электрическим полем, в то время как магнитное поле производит незначительное биологическое действие. В зависимости от его параметров можно получать как стимулирующее, так и угнетающее воздействие на организмы.

В работе были использованы три альгологически чистых культуры фототрофов: цианобактерий *Pseudoanabaena* (штамм 10Г), зелёных водорослей *Chlorococcutum* (штамм 249) и красных водорослей рода *Porphyridium* (штамм 130). В эксперименте исследовались недельные культуры одинаковой плотности опытного и контрольного образцов (по 6 мл в каждой пробирке). Пробирки с опытными образцами помещали в установку (катушку), создающую электромагнитное поле частотой 300 Гц. Электрическое напряжение, подаваемое на катушку во время экспозиции колебалась в пределах 400–500 мВ. Время экспозиции культур – три месяца. Оценка воздействия ЭМП осуществлялась по изменению количества пигментов в опытной культуре по сравнению с контрольным образцом. Количество пигментов рассчитывалось по относительной оптической плотности культур с использованием спектрофотометра ультрафиолетового и видимого диапазонов «Lambda 365» фирмы PerkinElmer. Работали в диапазоне длин волн 400–800 нм.

В результате проведенных исследований были получены спектрограммы опытных и контрольных образцов (рисунки 1).

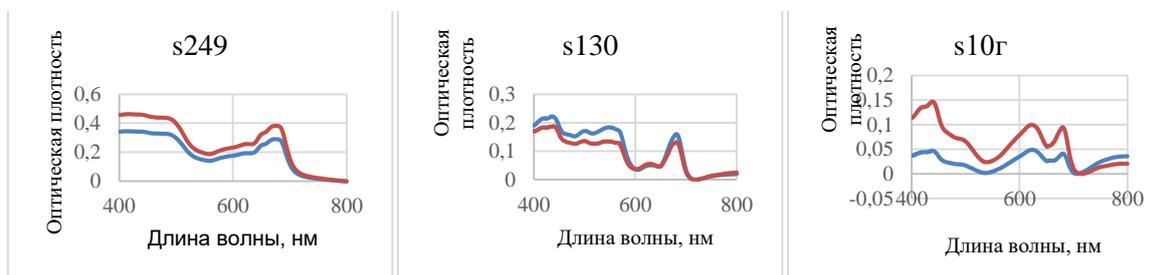


Рисунок 1 – Спектральный состав опытных и контрольных образцов исследуемых штаммов фототрофов

— — контроль — — ОПЫТ

Максимумы поглощения пигментов наблюдались в следующих диапазонах: хлорофилла а – при 430–440 нм, других хлорофиллов – около 680 нм, каротиноиды давали плечо в районе 500 нм, фикоэритрин – при 560–575 нм, а фикоцианин – 615–630 нм.

Было показано, что при длительной экспозиции культур в электромагнитном поле с заданными параметрами у штаммов 249 и 10Г (зелёные водоросли и цианобактерии соответственно) наблюдалось увеличение количества всех основных пигментов, особенно заметно у цианобактерий. Для красных водорослей (штамм 130), напротив, отмечалось небольшое снижение этого показателя. Зелёные водоросли (штамм 249) характеризовались ярко выраженными пиками хлорофилла а, каротиноидов и других хлорофиллов, а также отсутствием фикобилиновых пигментов (фикоцианина и фикоэритрина). У красных водорослей пик фикоэритрина значительно превышал пик фикоцианина. У исследуемого штамма цианобактерий фикоэритрин практически отсутствовал, но хорошо был выражен пик фикоцианина.

Данные исследования являются ещё одним шагом к пониманию механизмов воздействия ЭМП на живые организмы и способности их адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды, что может способствовать развитию различных биотехнологий в области экологии.

Работа выполнена в рамках государственных заданий Института природно-технических систем (№ госрегистрации 124013000609-2 и №124012700512-1)

**ODORELLA BENTHONICA SHALYGIN ET AL. 2019 – НОВЫЙ ВИД  
ЦИАНОБАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫЙ ИЗ ЭКОТОПОВ ЧЕРНОМОРСКОГО  
ПРИБРЕЖЬЯ КРЫМА**

*Андреева Н.А.<sup>1</sup>, Емельянова М.С.<sup>2</sup>, Снарская Д.Д.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия,  
andreeva.54@list.ru,

<sup>2</sup>Научный парк СПбГУ, Ресурсный центр «Культивирование микроорганизмов», Санкт-Петербург, Россия

Морские цианобактерии в настоящее время считаются одной из наиболее перспективных групп организмов, которые могут являться продуцентами новых биохимически активных натуральных продуктов с потенциальным противораковым действием (Costa et al., 2012).

Как показали исследования, у Крымского побережья выявлено 124 вида цианобактерий из 54 родов, из них 14 видов из 10 родов указываются для планктона, а 117 видов из 51 рода найдены в бентосе (Vinogradova, Bryantseva, 2017).

Основой для проведения прикладных и фундаментальных работ являются коллекции штаммов исследуемых микроорганизмов. Для её пополнения новыми штаммами необходимо постоянно проводить работы по их выделению и селекции. Кроме того, для успешного культивирования необходимы также знания таксономии, основанной на надежном филогенетическом анализе доступных геномных данных в сочетании с широко выборочной филогенией гена 16S рРНК. Особое внимание уделяется недавно описанным таксонам.

Начальным этапом выделения любого штамма цианобактерий является получение накопительной культуры из природного образца. Для этого нативный материал (вода, соскобы перифитона и эпилимниона, пробы бентоса) культивировали в течение 30–120 суток на жидкой модифицированной среде Громова № 6 (приготовленной на морской воде). Процедура очистки культур включала несколько методов. Морфологию цианобактерий изучали на прижизненных препаратах с использованием световых микроскопов Levenhuk 740T и Leica DM2500 при увеличении  $\times 400$ . Секвенирование полученных и очищенных фрагментов гена 16S рРНК осуществляли методом капиллярного электрофореза.

В процессе исследований из различных экотопов крымского побережья (фитопланктона, эпилимниона и бентоса) выделено пять штаммов одноклеточных цианобактерий, которые существовали в виде одиночных клеток или скоплений, состоящих из нескольких клеток. Причем скопления могли иметь кубическую или неправильную форму. В процессе секвенирования и согласно уточненной классификации они были отнесены к порядку Chroococcales Schaffner 1922, семейству Pleurocapsaceae (Shalygin et al., 2019). Авторы указывают, что это – одна из наименее изученных групп цианобактерий с точки зрения молекулярной систематики и биохимии. Используя полифазный подход было предложено создать род *Odorella* с новым видом *O. benthonica* Shalygin et al. 2019, первоначально выделенным из материала Калифорнийского акведука, собранного недалеко от Лос-Анджелеса. Относительно крымского побережья в литературных источниках упоминания о данном виде цианобактерий нет. Выделенные штаммы депонированы в коллекцию CALU Ресурсного центра «Культивирование микроорганизмов» Научного парка СПбГУ. Более детальное исследование новых черноморских культивируемых цианобактерий *O. benthonica* позволит в дальнейшем использовать их в качестве перспективных объектов биотехнологии.

Список использованной литературы:

Costa M., Costa-Rodrigues J., Fernandes M.H., Barros P., Vasconcelos V., Martins R. Marine Cyanobacteria Compounds with Anticancer Properties: A Review on the Implication of Apoptosis // *Mar. Drugs*. – 2012. – Vol. 10. – P. 2181–2207. <https://doi.org/10.3390/md10102181>

Vinogradova O., Bryantseva Yu. Taxonomic revision of the species composition of Cyanobacteria/Cyanoprokaryota of the Ukrainian coast of the Black Sea // *Algologia*. – 2017. – Vol. 27. – No 4. – P. 436–457. <https://doi.org/10.15407/alg27.04.436>

Shalygin, S., Huang, I.S., Allen, E.H., Burkholder, J.M. and Zimba, P.V. *Odorella benthonica* gen. & sp. nov. (Pleurocapsales, Cyanobacteria): an odor and prolific toxin producer isolated from a California aqueduct // *J Phycol.* – 2019 – Vol. 55 (3). – P. 509–520. <https://doi.org/10.1111/jpy.12834>

Работа выполнена в рамках государственного задания Института природно-технических систем (№ госрегистрации 124013000609-2) и при поддержке СПбГУ (регистрационный № ЕГИСУ НИОКТР: 124032000041-1)

## БАТИМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗЕРО МАЯК РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ

*Ахсалба А.К.<sup>1,2</sup>, Кишмария Я.Ш.<sup>2</sup>, Ломия Р.Ф.<sup>1,2</sup>, Строчан Т. П.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Институт экологии Академии Наук Абхазии, г. Сухум, Республика Абхазия

<sup>2</sup>Абхазский Государственный Университет, г. Сухум, Республика Абхазия

[Asida\\_cen@mail.ru](mailto:Asida_cen@mail.ru), [Yamze.kishmariya@mail.ru](mailto:Yamze.kishmariya@mail.ru), [Renolomiya12@mail.ru](mailto:Renolomiya12@mail.ru),

[Strochan.timur@rambler.ru](mailto:Strochan.timur@rambler.ru)

Озеро Маяк находится в западной части г. Сухум. Озеро антропогенного происхождения, в котором живые и неживые его элементы взаимодействуют, как единое функциональное целое и связаны между собой обменом вещества и энергии. В советские годы здесь велась добыча инертных материалов, вследствие чего и образовалось озеро. Проведенные нами исследования в июле 2025 года свидетельствуют о том, что дно песчаное, глубина 8-10,9 м., максимальная глубина в центральной части 10,9 м, минимальная глубина – 0,4м, средняя глубина - 5,6 м. (рис.1).

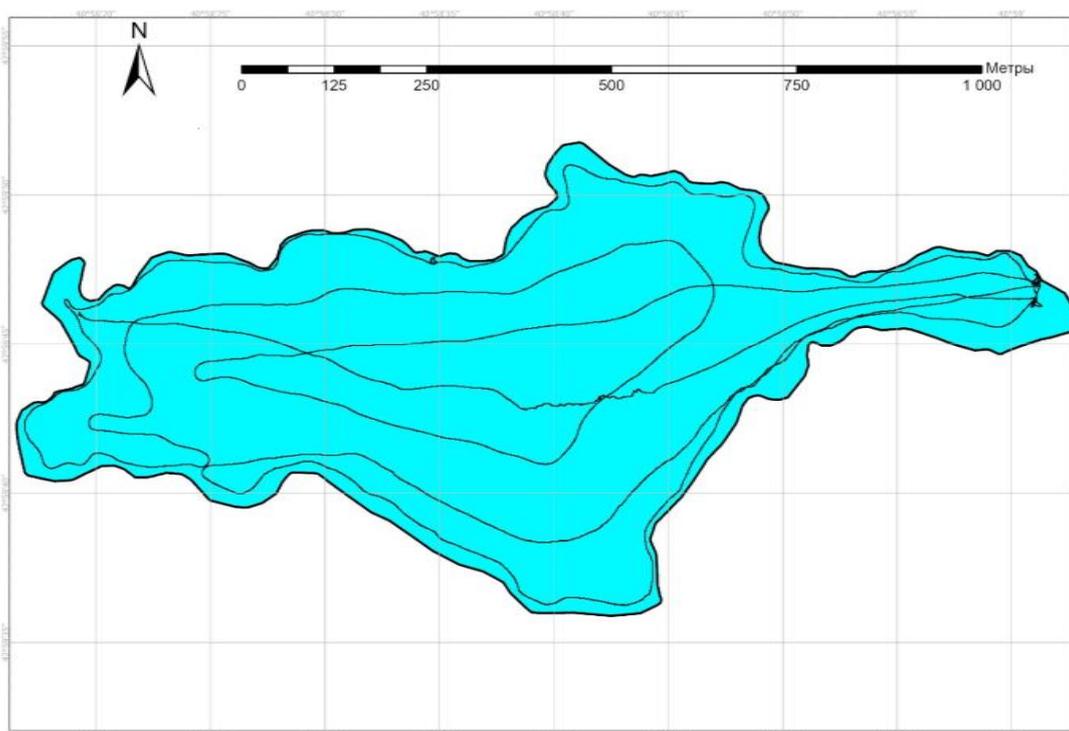


Рисунок 1 - Озеро Маяк, линиями выделаны треки при определении глубины.

Длина в направлении север - юг 496 м., запад - восток 1039 м. Длина трека 8 572 м. Высота над уровнем моря 0,5 м. Температура воды озеро Маяк изменяется в пределах 26-11,8 °С.

## СТРУКТУРА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВАСТОПОЛЯ ЗА ПЕРИОД С КОНЦА XX В. ДО НАЧАЛА XXI В.

*Васейкина Н.А.<sup>1,2</sup>, Агаркова-Лях И.В.<sup>3</sup>,*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск», Россия

<sup>3</sup>ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
nata.vaseykina@mail.ru

Структура природопользования характеризует гармоничность взаимоотношений между обществом и природной средой, обеспечивая устойчивое социально-экономическое развитие территории.

Цель работы – оценить изменения в территориальной структуре природопользования Севастополя за период с 1987 по 2020 гг. по спутниковым данным. Основными источниками информации выступили снимки Landsat 5,7 и Google Earth (Google maps, EarthExplorer). Для уточнения характера и границ природопользования применялись тематические карты, Генеральные планы Севастополя, публичный кадастр и др. Исследования проводились с использованием методов дешифрирования, геоинформационного анализа и синтеза информации, картографирования и пр.

В настоящее время структура природопользования на территории Севастополя характеризуется доминированием сельскохозяйственного, лесохозяйственного, селитебного и природоохранного видов природопользования. За рассматриваемый период произошло уменьшение роли производственного природопользования (с 80,2 % до 47,9 %), рост коммунального (с 11,3 % до 20,9 %) и средоохранного (с 8,3 % до 31,0 %). Эти изменения были вызваны значительным сокращением площадей лесохозяйственного (с 51,3 % до 17,5 %), увеличением селитебного (с 10,3 % до 19,9 %) и природоохранного (1,4 % до 28,1 %) видов природопользования (Рисунок 1).

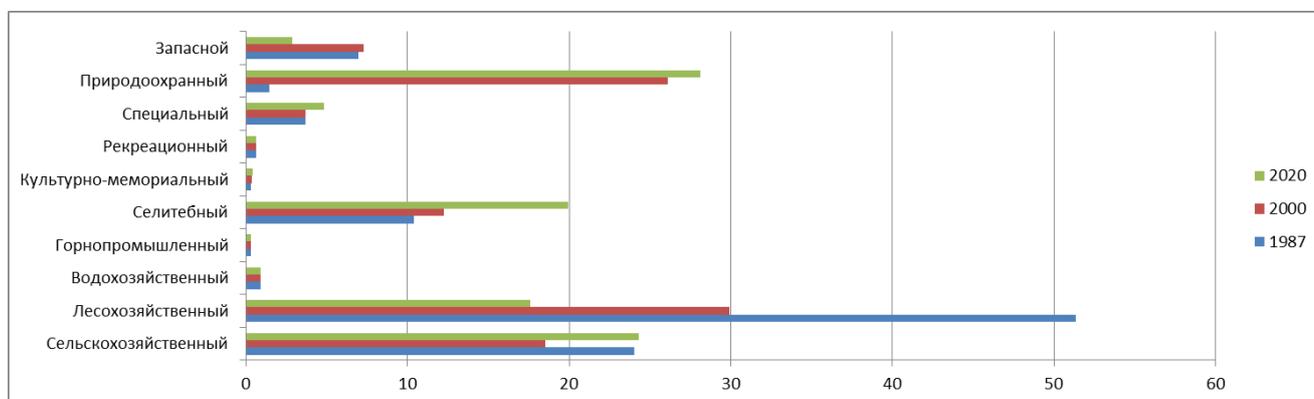


Рисунок 1 – Структура природопользования в 1987, 2000 и 2020 гг.

Небольшой рост отмечен в динамике культурно-мемориального (+0,1 %), сельскохозяйственного (+0,2 %) и специального (+1,1 %) видов природопользования. У запасного вида природопользования произошло более значимое уменьшение доли (-4,0 %). Доли водохозяйственного, горнопромышленного и рекреационного видов в структуре природопользования Севастополя за исследуемый период почти не изменились.

Работа выполнена в рамках гос.задания ФГБНУ ИПТС (№ госрегистрации 124013000609-2).

### Список использованной литературы:

1. Google maps, URL: <https://www.google.ru/maps/>
2. United States Geological Survey, EarthExplorer, URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

# ЛАНДШАФТНАЯ ПРОГРАММА НА ПРИМЕРЕ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Вахитова Р.Э.

Научный руководитель: кандидат географических наук, доцент Закиров И.В.

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г.Уфа, Россия

[vakhitovaregina7@gmail.com](mailto:vakhitovaregina7@gmail.com)

Ландшафтно-планировочным работам в нашей стране уделяется всё больше внимания. По А.В. Дроздову ландшафтная программа – это обзорный плановый документ регионального уровня, который определяет главные направления природопользования и соответствующие им основные функциональные зоны на территории планирования [1]. Актуальность составления ландшафтной программы заключается в значительном влиянии на решение современных экологических, социальных и экономических проблем [2, 3]. Устойчивое развитие ландшафтной программы состоит в сохранении основных функций ландшафта как системы поддержания жизни.

Ландшафтная программа Ульяновской области

1:1 450 000

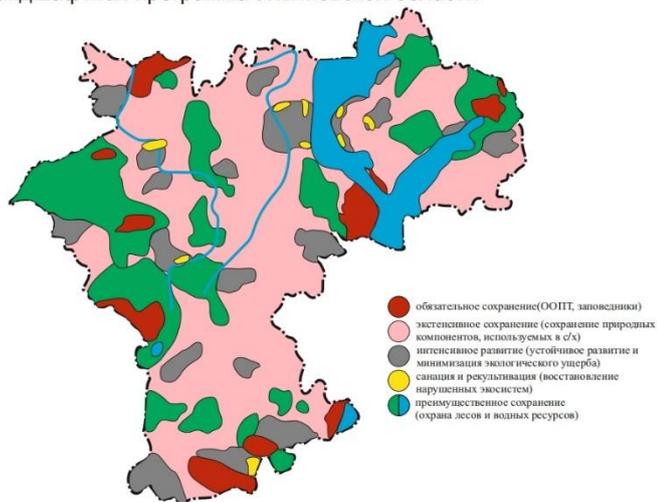


Рисунок 1 - Ландшафтная программа Ульяновской области (составлен автором).

Ландшафтная программа Ульяновской области представляет собой систему пространственного зонирования, направленную на рациональное использование природных ресурсов региона с учётом экологических, хозяйственных и охранных приоритетов. Север и центр области характеризуются высоким природоохранным потенциалом. Запад и юг ориентированы на устойчивое развитие. Ресурсные зоны сосредоточены в периферийных частях, ближе к границам области. Водная сеть, включая реку Волгу, структурирует природный ландшафт и влияет на зонирование.

Дифференциация территорий позволяет эффективно планировать хозяйственную деятельность, минимизируя ущерб экосистемам и поддерживая природный потенциал региона.

Таким образом, реализация ландшафтной программы позволит обеспечить устойчивое развитие территории и сберечь ландшафты региона, что влечет за собой сохранение благоприятной окружающей среды.

## Список использованной литературы:

1. Дроздов А.В. Ландшафтное мышление и обустройство территорий // Энергия, экономика, техника, экология. — 2010. — № 3. — С. 54–60.
2. Голованов А.И. Ландшафтоведение: учебник. – Москва: Лань, 2015. - 224 с. 5.
3. Закиров И.В., Саттарова Г.А. Общественно-географические аспекты устойчивого развития // Современная Евразия: общественно-географический анализ: матер. межд. науч. конф. — Улан-Удэ: изд-во Бурятского НЦ СО РАН, 2023. – С. 153-155.

# АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ВЫПАДЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ ЗА ДЕСЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД (2014–2023 ГГ.) НА ОСНОВЕ ДАННЫХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЕМЕП

Галушин Д.А.<sup>1</sup>, Громов С.А.<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup>Институт глобального климата и экологии им. ак. Ю.А. Израэля, Москва, Россия.

<sup>2</sup>ФГБУН Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия  
galushin2012@yandex.ru

Исследование атмосферных процессов, связанных с выпадением загрязняющих веществ, важно для экологических оценок загрязнения природных сред. В Европейской части России загрязнение атмосферы значительно вызвано антропогенными факторами. Для анализа динамики выпадения загрязняющих веществ оптимально использовать результаты моделирования в ЕМЕП дальнего и трансграничного переноса атмосферных примесей [1].

Цель исследования — анализ изменений плотности выпадения из атмосферы окисленной серы, окисленного и восстановленного азота в субъектах РФ на Европейской части России с 2014 по 2023 год по данным моделирования ЕМЕП.

Для анализа использованы данные о суммарных выпадениях сульфатов и нитратов из модели ЕМЕП с разрешением  $0,5 \times 0,5^\circ$ . Данные были обработаны для привязки к административным границам регионов Европейской части России. Значения из ячеек модельного региона были агрегированы в пределах субъектов РФ (рис. 1).

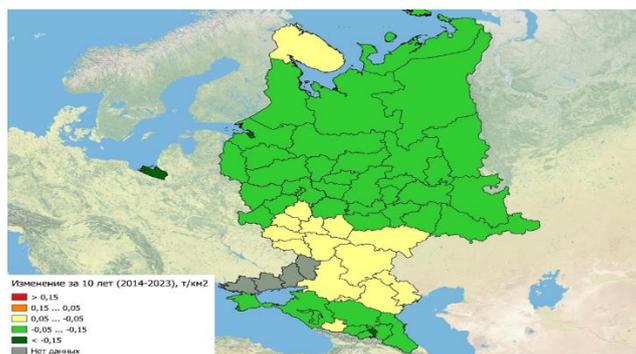


Рис.1 Изменение плотности выпадения общей окисленной серы ( $\text{т/км}^2$ ) в 2023 году по отношению к 2014 году.

С 2014 по 2023 годы в большинстве регионов России значения плотности выпадения окисленной серы снизились, особенно в Санкт-Петербурге, Калининградской области, Ингушетии и Чечне (до  $-0,15 \text{ т/км}^2$ ). В Белгородской области она немного возросла. Плотность выпадения суммарного окисленного азота оставалась стабильной, кроме регионов СЗФО и СКФО, где произошло значимое снижение потоков. Плотность восстановленного азота не изменилась в целом, но значительно снизилась в Калининградской области и возросла в Краснодарском крае и Воронежской области.

Исследование выполнено в рамках темы «Развитие методов и технологий мониторинга и оценки загрязнения природной среды вследствие трансграничного атмосферного переноса загрязняющих веществ и кислотных выпадений (ЕЭК ООН: ЕМЕП, МСП КМ; ЕАНЕТ)» плана НИТР Росгидромета, рег. номер 125031703847-1. Оценка данных моделирования сделана в работах по Госзаданию FMWS-2024-0009 №1023032700199-9 Института географии РАН.

## Список использованной литературы:

1. Брускина И.М., Громов С.А., Конькова Е.С. и др. Загрязнение воздуха и осадков по данным станций ЕМЕП// Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2024 год/М.: ФГБУ «ИГКЭ», 2025. – С.67-69

## О ДЕПОНИРОВАНИИ НЕКОТОРЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ КОЛЬСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Кульнев В.В.<sup>1</sup>, Кизеев А.Н.<sup>2</sup>, Зайцева Д.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Центрально-Черноземное межрегиональное управление  
Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, г. Воронеж, Россия  
kulneff.vadim@yandex.ru

<sup>2</sup>ФГБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья»  
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека,  
г. Санкт-Петербург, Россия  
a.kizeev@s-znc.ru

<sup>3</sup>Центрально-Черноземное межрегиональное управление  
Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, г. Воронеж, Россия  
zaitseva.dariy2003@yandex.ru

Мурманская область уникальна по концентрации экологически опасных объектов ядерной энергетики (Клюкина, 2018, Кизеев, 2023). В процессе функционирования Кольской АЭС периодически происходят выбросы радиоактивных инертных газов, характеризующихся периодом полураспада в пределах нескольких минут (Антохина, 2025). Поэтому КоАЭС является потенциальным источником радиационной опасности (Игловский, 2024). В этой связи, исследования почвенно-растительного покрова в зоне действующего ядерного объекта являются важнейшей геоэкологической задачей (Калдыбаев, 2023).

Объектами изучения послужили почвенный покров и компоненты растительности – ветви и ассимиляционные органы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), гибридных форм березы повислой и березы пушистой (*Betula pendula* Roth. X *Betula pubescens* Ehrh.), побеги черники (*Vaccinium myrtillus* L.), ягель (*Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar & Wezda), сфагнум (*Sphagnum* L.) и др.

В ходе проведенных исследований было установлено, что изучаемые подзолы – очень сильно кислые или сильно кислые почвы, имеющие легкий супесчаный гранулометрический состав, характеризовались высоким содержанием органики в подстилке и низким содержанием гумуса в минеральной толще при его элювиально-иллювиальном распределении по профилю (Кизеев, 2025).

В почвенном покрове были обнаружены естественные радионуклиды <sup>232</sup>Th и <sup>40</sup>K, а также <sup>137</sup>Cs техногенного происхождения. Распределение <sup>232</sup>Th характеризовалось элювиально-иллювиальным или прогрессивно-элювиальным характером, чаще всего его удельная активность возрастала вниз по профилю, что может быть обусловлено литогенным происхождением данного изотопа (Кизеев, 2025а). Распределение <sup>40</sup>K имело элювиально-иллювиальный характер с остаточным накоплением в подзолистом горизонте. Содержание <sup>137</sup>Cs в почвах не превышало фоновых значений. Его распределение имело регрессивно-аккумулятивный характер. В некоторых случаях для него наблюдалась элювиально-иллювиальная дифференциация. При этом отмечалось, что даже при низком (фоновом) уровне <sup>137</sup>Cs в исследованных почвах, коэффициенты его перехода в изучаемые растения были очень высокими. Это может быть обусловлено чрезвычайной бедностью очень сильнокислых почв обменным кальцием и доступным калием, что повышает биологическую доступность <sup>137</sup>Cs растениям (Кизеев, 2022). Поэтому лесные биогеоценозы, сформированные на иллювиально-железистых подзолах, могут характеризоваться очень низкой устойчивостью к загрязнению техногенными радионуклидами.

Результаты данного исследования, наряду с иными (Кульнев, 2023; Механтьева, 2023, Цветнова, 2025), чрезвычайно актуальны с точки зрения обеспечения экологической

безопасности населения, поскольку здоровье человека прямо или косвенно связано с состоянием окружающей природной среды, особенно в условиях Крайнего Севера России.

#### Список использованной литературы:

1. Клюкина Э.С. Экологические угрозы здоровью населения промышленных территорий Арктического региона // Труды Кольского научного центра РАН. 2018. Т. 9, № 2-13. С. 91-103. <https://doi.org/10.25702/KSC.2307-5252.2018.9.2.91-103>.
2. Кизеев А.Н., Кульнев В.В., Кульнева Е.М. Роль радиобиологических исследований в реализации эколого-геохимической функции литосферы // Материалы восьмой научно-практической конференции «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы», Воронеж, 10–13 сентября 2023 года. – Воронеж: ООО РИФ «Кварта», 2023. С. 28-32.
3. Антохина В.А., Максимова О.А. Вторичное радиоактивное загрязнение населённых пунктов, пострадавших от радиационных аварий // Вестник Калужского университета. 2025. – № 1(66). С. 52-54. [https://doi.org/10.54072/18192173\\_2025\\_1\\_52](https://doi.org/10.54072/18192173_2025_1_52).
4. Игловский С.А., Баженов А.В., Яковлев Е.Ю. Закономерности пространственного распределения естественных и техногенных радионуклидов в городских почвах и донных отложениях озер г. Мончегорска // Труды Карельского научного центра РАН. 2024. № 8. С. 27-41. <https://doi.org/10.17076/eco1900>.
5. Калдыбаев Б.К., Кадырова Г.Б., Жолболдиев Б.Т. Радиоэкологические исследования природно-техногенных экосистем // Вестник Иссык-Кульского университета. 2023. № 55. С. 30-38.
6. Кизеев А.Н., Кульнев В.В. Природно-технические системы Кольского Заполярья: радиационно-экологические исследования на примере сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Сборник статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции «Гражданская оборона и природно-технические системы», Воронеж, 20 марта 2025 года. – Воронеж: ВГТУ, 2025. С. 68-74.
7. Кизеев А.Н., Кульнев В.В. Об аккумуляции тория и актиния ассимиляционными органами сосны обыкновенной на Кольском полуострове // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы естествознания и естественно-научного образования», Калуга, 18 марта 2025 года. Калуга: КГУ им. К.Э. Циолковского, 2025а. С. 98-100.
8. Кизеев А.Н., Сюрин С.А., Кульнев В.В. Аккумуляция естественных и техногенных радионуклидов природными объектами в Арктическом регионе России // Сборник научных трудов IV Всероссийской научно-практической конференции «Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения», в рамках IV Всероссийского научно-общественного форума «Экологический форсайт», Саратов, 26–28 октября 2022 года. – Саратов: ООО «Амирит», 2022. С. 182-186.
9. Кульнев В.В. Использование фрактальных характеристик листьев березы пушистой (*Betula pubescens*) при биоиндикации в зоне влияния металлургического комбината // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции в рамках научно-технического сотрудничества Россия-АСЕАН «Системы контроля окружающей среды – 2023», посвященной 300-летию Российской академии наук, Севастополь, 07–10 ноября 2023 года. – Севастополь: ИП Куликов А.С., 2023. С. 101.
10. Механтьева Л.Е., Перфильева М.В., Раскина Е.А. и др. Оценка экологической обстановки и пути совершенствования радиационной безопасности в районе расположения Нововоронежской атомной электростанции // Материалы VII Межрегиональной научно-практической конференции «Безопасность – 2023» Волгоград. Издательство Волгоградского государственного медицинского университета. 2023. – С. 145-149.
11. Цветнова О.Б., Ломако С.Д., Щеглов А.И. Радиоэкологическое состояние наземных экосистем Тебердинского национального парка // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2025. Т. 80, № 2. С. 96-105. <https://doi.org/10.55959/MSU0137-0944-17-2025-80-2-96-105>.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ

Мельникова Е.Б.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

[helena\\_melnikova@mail.ru](mailto:helena_melnikova@mail.ru)

Негативные последствия антропогенной нагрузки в современных условиях оказывают значительное разрушающее воздействие на состояние окружающей среды, в том числе на водные ресурсы. При этом одной из распространенных групп загрязнителей в Черном море являются тяжёлые металлы. Опасность загрязнения морской среды тяжёлыми металлами заключается в том, что нарушается сбалансированность процессов новообразования и разрушения органического вещества и, вследствие этого, возникает реальный риск снижения устойчивости экосистемы.

Среди важнейших параметров, характеризующих функционирование фитопланктонного сообщества, является интенсивность биолюминесцентного излучения. Интенсивность биолюминесцентного излучения может быть измерена с помощью быстродействующих гидробиофизических приборов в природных условиях без нарушения структуры сообщества и поэтому является перспективным методом оценки влияния загрязнения морских акваторий на функционирование гидробионтных сообществ (Токарев и др., 2016; Mel'nikova, et al., 2022).

Отмечено, что *Noctiluca scintillans* широко распространена в Чёрном море, и в значительной степени определяет интенсивность биолюминесценции пелагиали. На основании данных по амплитуде и длительности биолюминесцентной вспышки *N. scintillans* (Токарев и др., 2016), было рассчитано изменение по сравнению с контрольной группой интенсивности биолюминесцентного излучения в зависимости от времени при концентрации солей тяжелых металлов 10 мкг/л (рис. 1), а также при концентрации 1 мг/л. Проведен анализ полученных результатов.

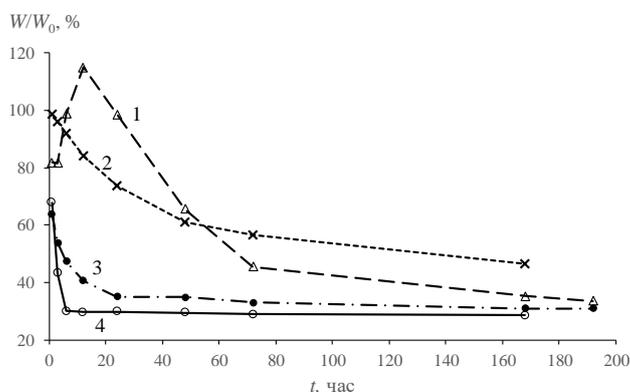


Рисунок 1 – Изменение относительной (% от контроля) интенсивности биолюминесцентного излучения *N. scintillans* при воздействии солей металлов с концентрацией 10 мкг/л: (1 — PbCl<sub>2</sub>, 2 — CuSO<sub>4</sub>, 3 — HgCl<sub>2</sub>, 4 — ZnCl<sub>2</sub>)

Получено, что длительное воздействие отдельными тяжёлыми металлами приводит к снижению интенсивности излучения гидробионтного сообщества на 30–60%.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124020100120-9.

## Список использованной литературы:

1. Токарев Ю. Н., Евстигнеев П. В., Машукова О. В. Планктонные биолюминесцентные мирового океана: видовое разнообразие, характеристики светоизлучения в норме и при антропогенном воздействии. – Симферополь: Нижняя Орпанда, 2016. – 340 с.
2. Mel'nikova Ye. B., Serebrennikov A. N., Melnikov A. V. Comparative Assessment of the Integral Intensity of Bioluminescence, Which Characterizes the Total Biomass and Number of Plankton, in Different Regions of the Black Sea // *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*. – 2022. V. 38, No 1. – P. 345–354.

## ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ДЕГРАДАЦИИ ИЗМЕЛЬЧЁННЫХ ПОЛИМЕРОВ В ВОДЕ ФОТИЧЕСКОГО И СЕРОВОДОРОДНОГО СЛОЁВ ЧЁРНОГО МОРЯ

*Нехорошев М.В., Козинцев А.Ф., Кузнецов А.В.*

ФГБНУ ФИЦ Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь  
[mnekhroshev@ibss-ras.ru](mailto:mnekhroshev@ibss-ras.ru)

Микропластик (МП) в морской среде представляет экологическую угрозу [Thompson et al., 2004]. Озабоченность вызывает судьба МП в условиях Чёрного моря с бескислородным сероводородным слоем, начинающимся с глубин ~150-200 м [Karl, Knauer, 1991]. В то время как поведение МП в поверхностных (фотических) водах описано лучше, процессы его трансформации в анаэробных, богатых сероводородом глубинных горизонтах остаются малоисследованными. Цель работы: изучение деградации частиц полимеров в лабораторных условиях, моделирующих фотический и сероводородный слои Чёрного моря.

Изучали три типа искусственных полимеров PET, HDPE и PVC с акцентом на PET. Крупные пластиковые изделия прессовали и измельчали, вращающейся на низких оборотах фрезой с высотой зубьев 2 мм, до размера частиц менее 1-2 мм, получая фракцию МП. Порошки добавляли до концентрации 5 мг/л в герметичные стеклянные сосуды объёмом 250 и 500 мл с дистиллятом или морской водой из фотического (поверхность) или сероводородного (глубина 500 м) горизонтов Чёрного моря. Экспозиция длилась в течение 1 месяца на свету или в темноте при 25 или 4 °С. Наблюдали за «поведением» частиц в стеклянных ёмкостях, как изменение плавучести, размер и цвет.

Прозрачные частицы PET, имеющие плотность выше плотности воды, но развитую гидрофобную поверхность, первоначально оставались на поверхности, однако по прошествии времени начинали оседать на дно, причём интенсивность этого процесса зависела от освещённости, температуры, солёности и присутствия кислорода или сероводорода. Так частицы PET оставались в течение 3 недель на поверхности дистиллированной воды (dist) в открытых сосудах объёмом 250 мл, постепенно опускаясь на дно. К концу месяца все частицы PET собирались на дне не изменяя при этом размер и цвет. В морской воде из фотической зоны (sw) процесс оседания частиц PET ускорялся при 25 °С – все частицы оседали уже на второй неделе исследования, причём к концу месяца в исследуемом материале заметно увеличилась доля мелких потемневших частиц. В отличие от этого, в экспериментальных сосудах с морской водой и сероводородом (sw-H<sub>2</sub>S) объёмом 500 мл, частицы PET чернели, агрегировали и опускались на дно по прошествии 4 недель экспозиции при 4 °С в темноте. Доля частиц HDPE, плотность которых ниже плотности воды, на дне сосуда sw-H<sub>2</sub>S с третьей недели эксперимента в полной темноте при 4 °С сравнивалась с долей плавающих частиц. Частицы PVC, плотность которых сопоставима с плотностью воды, не тонули в ёмкости sw-H<sub>2</sub>S.

Таким образом, поведение частиц пластика в факторном анализе указывает на отличия между дистиллятом и морской водой из фотической и сероводородной зон. Можно предположить, что оседание или флотация частиц МП зависят от процесса микрообрастания, причём в фотическом и сероводородных горизонтах, вероятно, действуют разные организмы, активные при разных температурах и наличии разных субстратов [Lobelle, Cunliffe, 2011]. PET оказался наиболее подвержен биообрастанию, что приводит к уменьшению размера его частиц и помутнению полимера в условиях фотической зоны, а также к агрегации и интенсивному почернению в условиях сероводородной зоны, возможно, за счёт образования биоплёнкой из серобактерий кристаллов сульфидов металлов, которые выпадают на поверхности МП.

Список использованной литературы:

Karl DM, Knauer GA (1991). Microbial production and particle flux in the upper 350 m of the Black Sea. Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers, 38, S921-S942.

Lobelle D, Cunliffe M (2011). Early microbial biofilm formation on marine plastic debris. Marine Pollution Bulletin, 62(1), 197-200.

Thompson RC, Olsen Y, Mitchell RP, Davis A, Rowland SJ, John A W G, McGonigle D, Russell AE (2004). Lost at sea: where is all the plastic? Science, 304(5672), 838.

# ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА И ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЕЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Нурмехамитова В.А., Шагидуллин А.Р., Шагидуллина Р.А.

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Респ. Татарстан, г. Казань, Россия  
violka9641@gmail.com

Ухудшение состояния воздушного бассейна городов, обусловленное выбросами энергетики, промышленности и транспортного комплекса, оказывает негативное воздействие, как на здоровье населения, так и на окружающую среду в целом. Качество компонентов окружающей среды оценивается по данным наблюдений, осуществляемых в рамках государственного экологического мониторинга.

Исследование произведено для крупного промышленного города Казань, Республика Татарстан. Использовался массив разовых концентраций загрязняющих веществ по данным измерений автоматических станций контроля загрязнения атмосферного воздуха (АСКЗА), массив климатических характеристик по данным измерений метеостанций «Казань-Опорная», проведенных в г. Казань. Вычислялись СИ (стандартный индекс), НП (наибольшая повторяемость), УМПА (усовершенствованный метеорологический показатель рассеивающей способности атмосферы), КИЗА (комплексный индекс загрязнения атмосферы) (РД 52.04.667-2005, Отчет о научно-исследовательской работе., 2014).

По результатам анализа данных инструментального мониторинга наиболее часто превышения максимально-разовых концентраций загрязняющих веществ фиксируются в 2019 и 2024 годах. В то же время наибольшая повторяемость превышений ПДК в 2018 году. Анализ временной динамики позволяет выявить слабовыраженную тенденцию к росту рассеивающего потенциала атмосферы в г. Казань в период 2016–2024 гг. Установлено, что наибольший вклад в формирование итогового показателя УМПА вносит коэффициент теплообеспеченности ( $K_t$ ). Идентификация степени загрязнения атмосферы по комплексному индексу загрязнения атмосферы, рассчитанный по пяти основным газовым примесям, показал градацию уровня загрязнения атмосферы следующим образом: 2020 г. < 2024 г. < 2016 г. < 2022 г. < 2019 г. < 2017 г. < 2021 г. < 2023 г. < 2018 г.

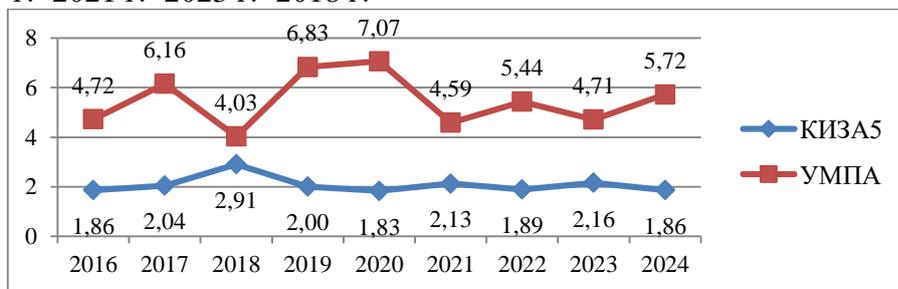


Рисунок 1 – Динамика изменения КИЗА5 в сравнении с УМПА

Максимальное значение КИЗА5 было получено в 2018 году, совпав с минимальным за период исследований значением индекса УМПА. Ухудшение рассеивающей способности атмосферы, описываемое снижением УМПА, является прямым фактором, обуславливающим повышение концентраций загрязняющих веществ и, как следствие, рост индекса КИЗА5.

## Список использованной литературы:

1. РД 52.04.667-2005. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию.

2. Отчет о научно-исследовательской работе по теме 1.4.3.15 «Разработать усовершенствованный комплексный метеорологический показатель рассеивающей способности атмосферы (на примере территории Западной Сибири) (заключительный). Новосибирск: ФБГУ «СибНИГМИ», 2014. – 132 с.

# ВОЗМУЩЕННОСТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КНЧ-ФОНА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ТОМСКЕ

Проваренко И.Е., Родионов И. Е., Колмаков А.А.

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

[Posthumanevents@gmail.com](mailto:Posthumanevents@gmail.com)

В окружающей среде глобальное распределение электромагнитной энергии в диапазоне крайне низких частот (3-30 Гц) определяется грозовой активностью. Это явление называется шумановские резонансы (Колесник, 2003). В зимний период наблюдаются характерные сигналы повышенного уровня с широкой полосой спектра, не связанные ни с местными грозами, ни с техногенными источниками (Белоногов, 2024). При этом было отмечено, что появление таких сигналов, как правило, связано с присутствием в пункте регистрации облачности, которая, как известно, тесно связана с атмосферными электрическими явлениями, например, внутриоблачными электрическими разрядами (ВР). Ранее было отмечено, что одним из маркеров появления таких сигналов является пониженное атмосферное давление в пункте регистрации.

Целью работы является совместный статистический анализ возмущенности ЭМ КНЧ-фона, вызванной слабыми внутриоблачными электрическими разрядами в отсутствии местной грозовой активности и атмосферного давления в зимние сезоны 2016-2025 гг.

В работе анализировались данные, полученные посредством измерительно-вычислительного комплекса кафедры космической физики и экологии ТГУ. Особенностью подхода является работа со спектрограммами (предварительно обработанные исходные данные, представлены в графическом формате) с применением пороговых методов выделения сигналов. Для каждого суток вычислялась суммарная возмущенность, далее проводилась статистическая обработка. Оценки возмущенности ЭМ КНЧ-фона за девять зимних сезонов приведены в Таблице 1.  $N_{BP}$  – среднесуточная величина возмущенности для сезона,  $SE(N_{BP})$  – стандартная ошибка среднего значения. Уточним, что сезон начинается 1 октября выбранного года и заканчивается 31 март следующего за ним года.

Таблица 1 – Динамика возмущенности ЭМ КНЧ-фона в Томске

Сезон	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24	2024/25
$N_{BP}$	11945.	10536.	15312.	11454.	7792.6	6331.1	4547.4	9599.4	13196.
	7	2	8	6					4
$SE(N_{BP})$	1276.8	1159.2	1546.9	1171.1	880.3	743.7	673.4	1107.3	1583.9

)

Совместный анализ атмосферного давления и случаев появления возмущенности ЭМ КНЧ-фона показал, что при уменьшении давления интенсивность возмущений, как правило, существенно возрастает. Наиболее сильные возмущения наблюдались при давлениях в диапазоне значений 980–990 гПа, тогда как при значениях давления выше 1010 гПа возмущения практически отсутствовали. Для дней с зарегистрированными значительными и сильными возмущениями характерны значения давления на ~20 гПа ниже среднеголетних зимних значений для региона Томска. Особо отметим, однако, что пониженное давление хотя и является маркером появления возмущений, но основной причиной выступает наличие развитой облачности в пункте регистрации.

## Список использованной литературы:

1. Колесник А. Г., Колесник С. А., Колмаков А. А., Шинкевич Б. М. Шумановские резонансы // Изв. вузов. Физика. 2003, №2. – С. 69-73.
2. Белоногов С. А. [и др.]. Местная облачность как причина возмущенности электромагнитного крайне низкочастотного фона в зимний период по данным измерений в

Томске. // Распространение радиоволн. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2024. – С. 35-38.

# РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ОТБОРА АЭРОЗОЛЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЧЕРНОГО УГЛЕРОДА

*А.В. Рябов, К.В. Цуркану, В. А. Безденежных*

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля»,  
г. Москва, Россия  
[ryabovavwork@gmail.com](mailto:ryabovavwork@gmail.com)

Черный углерод (ЧУ) представляет собой твердые частицы, размером 2,5 мкм и менее, состоящие преимущественно из чистого углерода, образующиеся в результате неполного сгорания ископаемого топлива, биотоплива и биомассы и характеризующиеся воздействием на климатическую систему за счет высокого коэффициента поглощения солнечной радиации как в атмосфере, так и за счет изменения альbedo снега и льда. Отбор проб атмосферного аэрозоля на мембранные фильтры — распространенный метод получения проб для дальнейшего определения концентрации углеродсодержащих аэрозолей. Для получения частиц ЧУ применяют импакторы — устройства, принцип работы которых основан на использовании эффекта инерционного движения частиц при резком изменении направления потока дисперсионной среды (воздуха). При изменении направления воздушного потока содержащиеся в нем частицы стремятся продолжить движение в прежнем направлении и сталкиваются с поверхностью, размещенной, как правило, перпендикулярно исходному направлению потока аэрозоля. Целью настоящей работы являлся расчет оптимальной скорости прокачки воздуха через импактор для получения пробы атмосферного аэрозоля, содержащей частицы черного углерода.

Расчёты выполнены для каскадного струйного импактора ИКС-10 при отборе на 3-м и 4-м каскадах.

В качестве модельных зависимостей использованы стандартные формулы инерционного осаждения частиц: время релаксации  $\tau = (\rho_p \cdot d^2 \cdot C_c) / (18 \cdot \mu)$ , число Стокса  $S_{tk} = \tau \cdot v / D$ , условие отсечки  $S_{tk50} \approx 0.24$ , соотношение для скорости в сопле струйного каскада  $v = 4Q / (N \cdot \pi \cdot D^2)$ .

При принятых геометриях (3-й каскад:  $N=4$ ,  $D=2$  мм; 4-й каскад:  $N=8$ ,  $D=1$  мм) и паспортном расходе  $Q \approx 10$  л/мин расчёты дают  $d_{50} \approx 2,53$  мкм (3-й) и  $\approx 1,27$  мкм (4-й), что хорошо перекрывает целевую зону  $PM_{2.5}$  для чёрного углерода. Это обеспечивает воспроизводимый отбор частиц примерно в диапазоне 1–3 мкм двумя каскадами без выхода за паспортные режимы. При этом ультрамелкая доля  $< 0,8$  мкм частично пройдет дальше, поэтому для оценки всей массы ЧУ  $\leq 2,5$  мкм целесообразно ставить «хвостовой» фильтр после 4-го каскада. Для тонкой подстройки границ, расход можно варьировать в пределах 9–11 л/мин (учитывая, что  $d_{50} \propto Q^{-1/2}$ ).

## Список используемой литературы:

1. Кручина, Е. Б. Унификация термина “черный углерод” / Е. Б. Кручина, В. А. Безденежных // Экология и природопользование: прикладные аспекты: Материалы XII Международной научно-практической конференции, Уфа, 13–14 апреля 2022 года. – Уфа: Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, 2022. – С. 137-142. – EDN YONNNU.
2. Крючков А.В., Смирнов М.Б., Поярков А.Ю. «Расчет параметров дискового импактора»// Фундаментальные исследования. 2014. № 12-1. С. 29-32.
3. Патент RU 2239815 С1 Российская Федерация. Каскадный импактор / Бадьин В. И., Молоканов А. А., Припачкин Д. А., Ризин А. И., Фертман Д. Э., Цовьянов А. Г.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "ЛабИнструментс" (ООО "ЛабИнструментс"). — № 2003125985/28; заявл. 25.08.2003; опубл. 20.11.2004, Бюл. № 32. — 9 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В НИЖНИХ СЛОЯХ ТРОПОСФЕРЫ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО ВЗМОРЬЯ (ЗАПАДНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ КРЫМА)

Смирнова Л.Л.<sup>1</sup>, Кошкарлов А.А.<sup>1</sup>, Катунина Е.А.<sup>2</sup>, Митюкова И.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

<sup>2</sup>СО ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова»,

г. Севастополь, Россия

[inik48@inbox.ru](mailto:inik48@inbox.ru)

Универсальным индикатором загрязнения воздуха служат влажные осадки, которые вымывают различные загрязнения, мигрирующие в газообразном состоянии и в составе аэрозолей. Изучение состава дождевых вод, показало, что тропосфера севавтопольского взморья загрязнена различными нефтяными углеводородами и анионными синтетическими поверхностно-активными веществами - АСПАВ (Щекатурина, 2012; Смирнова, 2016). Однако проведенные исследования определяют их концентрацию в дождевой воде, а не в воздухе. Для изучения загрязнения воздуха используются трудоемкие и длительные методы отбора проб, требующие специальное оборудование (ГОСТ, 2008). Предлагается простая в изготовлении и использовании лабораторная установка, позволяющая контролировать присутствие в воздухе органических соединений. В ее состав входят 6 пробирок объемом 50 мл, закрепленных на плато установки, рис. 1



Рисунок 1 – Установка для определения органических соединений в воздухе

Пробирки заполняются индикаторными реактивами: органическими растворителями, смесью кислот с неорганическими солями, которые улавливают и концентрируют изучаемые органические соединения. Для этого через индикаторные реактивы пропускается поток воздуха с помощью компрессора со скоростью 100 дм<sup>3</sup>/час и определяется концентрация исследуемых органических соединений физико-химическими методами. Полученные концентрации органических соединений пересчитываются на 1м<sup>3</sup> воздуха.

Летом 2025 г проведены испытания установки на метеоплощадке СО ГОИН. Она расположена в центральной части города на высоте 100 м над уровнем моря. Отбор проб проводился в дневное время при преобладании ветров З, Ю-З и Ю румбов. В воздушных потоках содержание АСПАВ достигало 0,04 мг/м<sup>3</sup>, нефтяных н-алканов изменялось от 0,95 до 1,30 мг/м<sup>3</sup>.

*Работа выполнена в рамках госзадания ИПТС (№ госрегистрации 124013000609-2).*

### Список использованной литературы:

1.Щекатурина Т.Л., Якимчук Ю. М. Методы и результаты определения углеводов в атмосферном воздухе //Сб. Научн. Трудов Сев. нац. Универ. ядерной энергии и промышленности. Севастополь: СНУЯЭиП.–2012.–Вып.1.– С. 82– 89.

2. Смирнова Л.Л., Катунина Е.А. Факторы, определяющие изменчивость содержания детергентов в дождевых выпадениях на крымском побережье Черного моря (г. Севастополь)// Научно-исслед. публ. Воронеж ООО "ВЕЛБОРН"–2016.–№ 3 (35)–С.19–24.

3.ГОСТ Р ИСО 12884–2007 Воздух атмосферный. М.:ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»,– 2008.–24с.

# ОЦЕНКА ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СТОКА РЕКИ КУЧУК-УЗЕНБАШ МЕТОДОМ ЕММА

*Тиранов С.С.<sup>1</sup>, Гарцман Б.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Филиал Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе  
Севастополе, Россия

<sup>2</sup>Институт водных проблем РАН, Москва, Россия  
[tiranov.stepan.s@gmail.com](mailto:tiranov.stepan.s@gmail.com)

В условиях изменяющегося климата и ограниченных водных ресурсов вопрос рационального использования вод в Крыму приобретает особую актуальность. Целью настоящего исследования является количественная оценка вклада различных источников в формирование стока малой горной реки Кучук-Узенбаш (юго-западный Крым) с использованием метода трассерной гидрологии ЕММА (End-Member Mixing Analysis).

Полевые наблюдения проводились в 2021–2023 гг. и включали 32 речные пробы, 102 пробы вод различных типов (атмосферные, склоновые, подземные и эпикарстовые) и автоматическую регистрацию расхода воды. В качестве трассеров использовались электропроводность, натрий, сульфаты и кремний, обеспечившие объяснённую дисперсию ( $\lambda^2$ ) на уровне 84,3 %.

В ходе моделирования построены две трёхкомпонентные схемы смешения: (1) осадки – склоновые – подземные воды и (2) эпикарстовые – склоновые – подземные. Наиболее реалистичной для условий карстового рельефа Крыма признана эпикарстовая модель, согласно которой средние доли участия источников составляют 35 %, 24 % и 41 % соответственно. Установлена высокая корреляция между расходом и долей эпикарстовой составляющей ( $R^2 = 0,84$ ), что позволило построить непрерывный гидрограф с выделением эпикарстового компонента на всём периоде наблюдений (18 044 измерения).

Показано, что в паводковый период доля эпикарстовых вод достигает 70 % общего стока, а в межень снижается до 20–40 %. Метод ЕММА доказал эффективность при изучении карстовых систем Крыма и может использоваться для оценки водного баланса малых рек региона.

## **Список использованной литературы:**

Christophersen N., Hooper R.P. (1992). Multivariate analysis of streamflow chemical data: The use of principal component analysis for the end-member mixing problem. *Water Resour. Res.*, 28(1), 99–107.

Hooper R.P. (2003). Diagnostic tools for mixing models of stream water chemistry. *Water Resour. Res.*, 39, 1055.

Gartsman B.I., Shchamov V.V., Bolgov M.V. (2019). Application of EMMA in hydrological studies of mountain regions of Crimea. *Water Resources*, 46(5), 678–689.

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ИЗМЕРЕНИЮ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА СУДОВ В МОРСКОЙ АКВАТОРИИ И ИХ ПРИМЕНИМОСТЬ В АРКТИКЕ

*Васильева Ж.В., Васеха М.В., Тришина А.С., Белухин А.И.*

ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», г. Мурманск, Россия  
legostaeva-93@mail.ru

Морские перевозки являются одним из наиболее эффективных вариантов грузоперевозок, исследователями предполагается, что к 2050 году эмиссии углекислого газа от судоходства вырастут до 17%, что свидетельствует о тенденции к росту выбросов углекислого в мировом судоходстве. Для снижения углеродного следа судов ИМО предпринимаются технические и организационные меры, имеющие в том числе и экономические механизмы - введение квот на выбросы, грозит высокими затратами на транспортировку оборудования, энергоносителей, промышленных и продовольственных товаров как для судоходной отрасли, так и для конечного потребителя. Оценка выбросов от судов очень важна не только в контексте охраны окружающей среды, климатической повестки, но и является важнейшим механизмом, способствующим сохранению экономического потенциала страны. Цель данной работы содействие развитию эффективной стратегии сокращения выбросов парниковых газов путем освещения актуальности улучшения методологии оценки эмиссий в судоходстве, в частности анализ и обобщение подходов и моделей для оценки выбросов парниковых газов с судов.

Оценка выбросов парниковых газов — это многокомпонентный процесс, требующий комплексного подхода и учёта множества параметров, а не просто инвентаризация выбросов от двигателей внутреннего сгорания. На этом этапе возникает ряд неопределенностей, связанных с получением достоверной исходной информации для расчётов, например, о количестве потребленного топлива или о пройденном пути. Результаты оценки эмиссий парниковых газов от мирового судоходства по данным различных кадастров могут различаться на порядок от 5 до 20 %, и даже 50%, что зависит от подхода к расчёту эмиссий.

Подходы к расчёту выбросов можно разделить на два вида: первый - нисходящий подход или подход «сверху-вниз» и восходящий подход или «снизу-вверх». Где первый характеризуется расчётом выбросов исходя из информации об использованном топливе в секторе судоходства и носит глобальный характер, а второй подход использует сведения о двигательной активности судна, и может быть использован для более пространственно детализированных расчетов. Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки, и на данный момент не могут быть полностью взаимозаменяемыми. Сегодняшние модели оценки значительно расширены с точки зрения учета влияющих на полноту оценки эмиссий от судоходства факторов. Однако механизм реализации оценки эмиссий в арктических условиях затруднен, фактически отсутствуют методики способные интерпретировать работу совершаемую двигателями судна в ледовых условиях. Искажение реальных значений нагрузки двигателя увязанные со скоростью движения судна во льдах, оказывают значительное влияние на результат расчета выбросов парниковых газов. Разработка методики для оценки эмиссий судоходства именно для арктических условий, очень важная мера содействия мировой и отечественной климатической политике, а также необходимость для экономической стабильности страны.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 25-27-20102.*

### **Литература:**

1. Толмачев, С. А. Перспективы введения мер рыночного характера по сокращению выбросов парниковых газов с судов / С. А. Толмачев // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. – 2023. – № 70-71. – С. 4-12. – EDN KECUTR
2. Moreno-Gutiérrez, J., Grados, C. (2020). Calculating ships' real emissions of pollutants and greenhouse gases: Towards zero uncertainties. *Science of the Total Environment*. S0048-9697(20)35000-2. 10.1016/j.scitotenv.2020.141471.
3. SérgioMabunda, A., Astito, A., Hamdoune, S. (2014). Estimating Carbon Dioxide and Particulate Matter Emissions from Ships using Automatic Identification System Data. *International Journal of Computer Applications*. 88. 10.5120/15358-3823.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЛАГОНАСЫЩЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД

*Ходырев Е.Д., Гордиенко М.В.*

ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, ДНР, Россия  
gordiencko.mariya@gmail.com

При закрытии угольных предприятий происходит полная инверсия техногенного режима подземных вод. При этом надо учитывать, что восстановление уровня подземных вод происходит в условиях нарушенного горными работами массива и не приводит к возврату всей экосистемы региона к первоначальному состоянию. Новое равновесное состояние экосистемы будет существенно отличаться от первоначального. Повышение надежности оценки гидрогеологических процессов при их инверсии с помощью учета особенностей этих процессов, характерных для неоднородных гетерогенных сред можно считать основной целью данного исследования.

Так как процессы фильтрации происходят в сложной гетерогенной среде, то необходимо учитывать процесс массопереноса как по крупным каналам, так и внутри пористых блоков, реакция которых на изменение в окружающих трещинах может запаздывать во времени. При этом процесс фильтрации воды в подработанном горном массиве может происходить как в виде синхронного изменения давлений в блоках и трещинах, так и в виде сложного процесса с дифференциацией распределения давлений в блоках и трещинах с образованием пьезометрических волн. Это означает, что при кажущемся выходе задачи на стационарный режим, процессы массообмена в подработанном горном массиве все еще находятся в активной фазе. В результате чего возникает угроза отложенного (на несколько лет) воздействия процессов обводнения массива на региональную экосистему.

При таком нетривиальном характере фильтрации изучение процессов массопереноса становится весьма затруднительным. Для упрощения задачи обычно в этом случае используются модели вложенных сред или модели с типовым блоком. Однако при таком подходе исключаются из рассмотрения эффекты, связанные с запаздыванием реакции блоков на изменения в окружающих их трещинах. Для изучения особенностей такой фильтрации в гетерогенных средах ранее была предложена модель фильтрации, основанная на использовании теории последствия Больцмана – Вольтерра, которая получила название модели фильтрации с источниками наследственного типа. Для наполнения конкретным содержанием математической модели фильтрации достаточно провести простые опыты по измерению общего количества вещества, поступающего в блоки при постоянном атмосферном давлении. В результате было установлено, что:

1. Песчаники насыщаются более двух месяцев и процесс продолжается, в то время, как аргиллит завершил процесс водопоглощения спустя 1 месяц после начала эксперимента. 80 % водонасыщения достигается за первую третью часть эксперимента, затем процесс постепенно замедляется.

2. Процессы водонасыщения даже для образцов небольших размеров длятся несколько месяцев, при этом, величины стабилизировавшихся значений объемов заполнения порового пространства пород соответствуют справочным данным об их пористости. Это говорит о непротиворечивости полученных результатов.

3. В процессе намокания существенно снижается предел прочности образцов горных пород, а некоторые образцы при намокании полностью разрушаются (предел прочности становится равным нулю).

### **Список используемой литературы:**

1. Линьков, А. М. Модель фильтрации с источниками наследственного типа / А. М. Линьков, Е. Д. Ходырев // Механика жидкости и газа. – Изв. АН СССР – Москва, 1989. – № 3. – С. 174-177.

# БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ РЕКИ ОХТА (Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ) В 2024 Г. ПО МАКРОЗООБЕНТОСУ

*Шерстобитова М.В.*

ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»,  
г. Санкт-Петербург, Россия  
[m\\_sherst@bk.ru](mailto:m_sherst@bk.ru)

Река Охта — крупнейший приток р. Невы в г. Санкт-Петербурге, который протекает по урбанизированной территории с высокой плотностью жилой и промышленной застройки. Комплексное воздействие хозяйственной деятельности приводит к изменению гидрологических, химических и биологических характеристик водотока. Целью данного исследования была оценка экологического состояния реки Охта на основе анализа сообществ макрозообентоса в летний период 2024 г.

Полевые работы проводились на 13 станциях наблюдения в русле реки — от Охтинского водохранилища до устья. Пробы отбирались дночерпателем Петерсена в 2х повторностях. На месте организмы фиксировались 4%-ым формалином. Разбор проб осуществлялся в лаборатории кафедры Прикладной и системной экологии Российского государственного гидрометеорологического университета. Отбор и обработка проб проводились в соответствии с методикой (Абакумов, 1992).

Для оценки качества водной среды использовались биоиндикационные индексы: Гуднайта–Уитли, Вудивисса, BMWP, ASPT и индекс сапробности по Чертопруду, а также индексы разнообразия Маргалефа и Шеннона (Зуева, 2021). Полученные результаты показали наличие выраженного органического загрязнения на большей части исследуемого участка (Фураева, 2017; Белякова, 2021). На станциях, расположенных в среднем и нижнем течении, значения индексов Гуднайта–Уитли и Вудивисса указывают на «тяжёлое» и «очень грязное» состояние водной среды. Индексы BMWP и ASPT подтверждают низкое качество воды — во многих точках значения ASPT не превышали 2,0. Показатели биоразнообразия минимальны: индекс Шеннона варьировал в пределах 0,8-1,5, а индекс Маргалефа — 0,5-1,2. Это указывает на угнетённое состояние макрозообентосных сообществ. На верхних из исследованных участках (станции 12 и 13) зафиксированы более высокие значения индексов, указывающие на чуть более благоприятные условия для обитания донных беспозвоночных. В сравнении с данными исследований 2018 года (Аристова, 2023), отмечается тенденция к ухудшению экологического состояния реки, что согласуется с результатами гидрохимической оценки (Белякова, 2021).

Экологическое состояние реки Охта оценивается как неудовлетворительное. Биоиндикационные методы подтвердили их высокую информативность при оценке состояния водных экосистем в условиях урбанизированных территорий. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшего экологического мониторинга и разработки природоохранных мер.

## **Список использованной литературы:**

1. Абакумов В.А. (ред.) Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. — СПб.: Гидрометеоздат, 1992. — 318 с.
2. Зуева Н. В., Алексеев Д. К., Куличенко А. Ю. и др. Биоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах : учебное пособие для высших учебных заведений. – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2019. – 140 с.
3. Фураева Д.И., Урусова Е.С. Оценка загрязненности реки Охта в летний период // Метеорологический вестник. – 2017. – Т. 9, № 1. – С. 52–60.
4. Белякова А.М., Зуева Н.В. Оценка качества воды городской реки по гидрохимическим индексам (река Охта, Санкт-Петербург) // Труды Карельского научного центра РАН. – 2021. – № 9. – С. 72–84.
5. Аристова А.О., Зуева Н.В., Зуев Ю.А. Биоиндикация качества воды р. Охта по макрозообентосу (по данным 2018 г.) // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2023. – № S2–3. – С. 20–23.

# ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМАЛЬДЕГИДА И ДИОКСИДА АЗОТА В ТРОПОСФЕРЕ И СТРАТОСФЕРЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

*Шишкин Г.И., Гурьянов В.В.*

Казанский (Приволжский) Федеральный университет, г. Казань, Россия  
mr.GoraShi@mail.ru

Среди множества атмосферных примесей, особое внимание специалистов привлекают формальдегид и оксиды азота, которые ВМО относит к числу важных климатических переменных, в том числе, способствующих образованию аэрозолей и озона. В данном исследовании проанализировано распределение  $\text{CH}_2\text{O}$  и  $\text{NO}_2$  по различным барическим уровням (от 1000 до 1 гПа) и тенденции их изменчивости за период 2003–2023 гг. на территории Приволжского федерального округа (ПФО). Исходным материалом исследования послужили осреднённые ежемесячные многоуровневые данные реанализа EAC4 (CAMS) за период 2003–2023 гг. с горизонтальным разрешением  $0,75^\circ \times 0,75^\circ$  по широте/долготе, представленные переменными по барическим уровням: 1000–1 гПа. Были выявлены следующие закономерности.

Среднее содержание  $\text{CH}_2\text{O}$  достигает 3880 ppt вблизи поверхности земли. С увеличением высоты содержание  $\text{CH}_2\text{O}$  уменьшается, достигая минимума на уровне 50 гПа (3,3 ppt), за счет вымывания и физических механизмов. На высоте 20–45 км обнаружен небольшой рост концентрации  $\text{CH}_2\text{O}$  (летом до 60,5 ppt), обусловленный снижением темпов окисления и наличием долгоживущих органических соединений, поступающих из нижних слоев атмосферы. Сезонная изменчивость среднего содержания  $\text{CH}_2\text{O}$  проявляется в разной степени на различных поверхностях: в слое 1000–700 гПа максимумы содержания отмечены в июле–августе, минимумы — в январе–феврале; в слое 500–200 гПа максимумы содержания в июле, минимумы — в марте; выше 100 гПа максимумы фиксируются в июне–июле, минимумы — в декабре–январе. На уровнях 1000–200 гПа зафиксирована значимая тенденция к накоплению  $\text{CH}_2\text{O}$  в период с декабря по май, а в первую половину осени отмечены значимые отрицательные тенденции (до 146,6 ppt/10 лет в январе и –403,5 ppt/10 лет в октябре на уровне 1000 гПа). На уровнях 100–1 гПа наблюдается значимая тенденция к накоплению  $\text{CH}_2\text{O}$  на протяжении большей части года. Так, на уровне 10 гПа КНЛТ составил не более +2,5 ppt/10 лет.

Содержание  $\text{NO}_2$  максимально вблизи земной поверхности (до 12700 ppt). По мере увеличения высоты концентрация  $\text{NO}_2$  падает ( $\leq 36$  ppt на высоте 18 км), что обусловлено уменьшением плотности атмосферы, снижением содержания  $\text{NO}$  и реакцией фотолиза. Вблизи 10 гПа наблюдается рост концентрации  $\text{NO}_2$  (до 5900 ppt), обусловленный наличием слоя повышенной концентрации озона, участвующего в восстановлении  $\text{NO}_2$ . В слоях 5–1 гПа концентрация  $\text{NO}_2$  снова снижается ( $\leq 124$  ppt), что связано с ослаблением фотохимических реакций, низким содержанием кислородных соединений и недостаточной плотностью атмосферы, препятствующими накоплению  $\text{NO}_2$ . Сезонная изменчивость среднего содержания  $\text{NO}_2$  проявляется в разной степени на различных поверхностях: в слое 1000–700 гПа максимумы зимой–весной, минимумы — летом; в слое 500–200 гПа максимумы отмечены зимой, минимумы — весной; в слое 100–10 гПа максимумы выделены весной–летом, минимумы — зимой; на уровнях 7–1 гПа максимумы осенью, минимумы — в весенне–летний период. Вблизи земли значимое накопление  $\text{NO}_2$  летом вблизи крупных промышленных

центров (до 830 ppt/10 лет). В зимний период значимое накопление отмечено лишь локально вблизи от крупных источников эмиссии, в южных и юго-восточных районах ПФО – тенденция к рассеянию примеси (>1110 ppt/10 лет). Выше 9 км в атмосфере зафиксирована значимая тенденция к накоплению NO<sub>2</sub> в весенне-летний период. Так, на уровне 10 гПа в мае КНЛТ достиг величины 256,5 ppt/10 лет.

**Список использованной литературы:**

1. Глобальная система наблюдения за климатом (ГСНК) [Электронный ресурс]. — URL: <https://gcos.wmo.int/ru/node/24857> (дата обращения: 02.03.2025).

2. Данные реанализа состава атмосферы ECMWF четвертого поколения [Электронный ресурс] — URL: <https://ads.atmosphere.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cams-global-reanalysis-eac4> (дата обращения: 30.04.2025).

## СВЯЗЬ ИНДЕКСА ПЛОТНОСТИ КЛЕТОЧНЫХ СТЕНОК ТРАХЕИД С ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

Силкин П.П.<sup>1</sup>, Екимова Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НТУ «Сириус», ФТ «Сириус», Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
ppsilk@rambler.ru

Поиск новых климатических индикаторов в структуре годичных колец является актуальной задачей для реконструкции палеоклимата, моделирования структуры годичных колец и динамики накопления углерода в условиях меняющегося климата. В данной работе исследовалось влияние температурной динамики вегетационного периода на величину нового клеточного параметра - индекса плотности клеточной стенки годичных колец лиственницы.

Хронологии плотности клеточных стенок были построены с помощью методов и программного обеспечения, разработанного авторами ранее. В работе использовались данные профиля плотности годичных колец, хронологии площади поперечного сечения клетки и её клеточной стенки.

Профили плотности годичных колец измерялись методами рентгеновской денситометрии (денситометр Dendro-2003, Швейцария). Хронологии клеточных параметров построены с помощью программного обеспечения собственной разработки. Для получения изображения структуры годичных колец использовался компьютеризированный микроскоп проходящего света AxioImager.D1 (Карл Цейсс, Германия). Индекс плотности клеточной стенки находился как отношение экспериментального значения плотности клеточной стенки к её теоретическому значению, рассчитанному с использованием функции связи плотности клеточной стенки с её толщиной. В каждом образце были построены хронологии индекса плотности клеточной стенки для зон ранней, переходной и поздней древесины. Для анализа связи с климатическими данными использовались инструментальные ряды суточных температур, на основании которых были рассчитаны среднемесячные температуры вегетационных периодов и средние температуры пятидневок с мая по август включительно. Для оценки величины связи использовался коэффициент корреляции Пирсона.

Анализ результатов корреляционного анализа показал, что динамика температурного режима вегетационного периода находит своё отражение в хронологиях плотности клеточных стенок. Для всех зон кольца лиственницы хорошо прослеживается значимая связь индекса плотности клеточных стенок с температурой начала августа.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта, реализуемого в рамках государственной программы федеральной территории «Сириус» «Научно-технологическое развитие федеральной территории «Сириус» (Соглашение № 18-03 от 10.09.2024). Гистометрические измерения образцов древесины выполнены в рамках государственного задания Института природно-технических систем (№ госрегистрации 124013000609-2).*

## **СЕКЦИЯ 2**

# **ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

## ЛЕДНИКИ БОЛЬШОГО КАВКАЗА: ПРОГНОЗЫ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Postnikova T.N.<sup>1</sup>, Rybak O.O.<sup>1,2,3</sup>, Gubanov A.S.<sup>4</sup>, Zekollari X.<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия

<sup>3</sup>Earth System Science and Department of Geography, Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium

<sup>4</sup>Географический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

<sup>5</sup>Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology (VAW), ETH Zürich, Zürich, Switzerland

<sup>6</sup>Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), Birmensdorf, Switzerland  
tasnidze@gmail.com

Ледники Большого Кавказа находятся в фазе ускоренной деградации, однако их будущее развитие и гидрологические последствия до настоящего времени оценены недостаточно. В рамках текущего исследования разрабатывается численная модель эволюции оледенения региона (GloGEMflow-DebrisDyn; Postnikova et al., 2023), учитывающая динамику моренного покрова, баланс массы и течение льда. Модель использует явное описание влияния моренного материала на таяние через кривые Острёма, определённые по данным Rounce et al. (2021) и Verhaegen et al. (2024).

В настоящее время проводится калибровка по распределению  $dh/dt$  (Hugonnet et al., 2021) с применением климатического реанализа ERA5-Land и латинского гиперкуба для отбора параметров. Сравнение выполняется как по интегральному изменению толщины льда, так и по высотным профилям, что позволяет учесть эффект моренного покрова уже на стадии настройки масс-балансового блока.

На основе сценариев СМIP6 планируется прогноз сокращения объёма и площади ледников в XXI веке, оценка изменений речного стока в бассейнах рек Большого Кавказа, а также прогноз появления и роста про- и супраглатциальных озёр. Ожидается, что результаты позволят количественно оценить масштабы потерь ледниковых ресурсов, время наступления пика стока и риски, связанные с формированием новых озёр.

*Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 25-77-10049.*

### Список использованной литературы:

1. Hugonnet, R., McNabb, R., Berthier, E., et al. (2021). Accelerated global glacier mass loss in the early twenty-first century. *Nature*, 592, 726–731. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03436-z>
2. Postnikova, T., Rybak, O., Gubanov, A., Zekollari, H., Huss, M., & Shahgedanova, M. (2023). Debris cover effect on the evolution of Northern Caucasus glaciers in the 21st century. *Frontiers in Earth Science*, 11, 1256696. <https://doi.org/10.3389/feart.2023.1256696>
3. Rounce, D. R., Hock, R., McNabb, R., Millan, R., Sommer, C., Braun, M., et al. (2021). Distributed global debris thickness estimates reveal debris significantly impacts glacier mass balance. *Geophys. Res. Lett.* 48, e2020GL091311. <https://doi.org/10.1029/2020GL091311>
4. Verhaegen, Y., Rybak, O., Popovnin, V. V., & Huybrechts, P. (2024). Quantifying supraglacial debris-related melt-altering effects on the Djankuat Glacier, Caucasus, Russian Federation. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 129(4), e2023JF007542. <https://doi.org/10.1029/2023JF007542>

# ЗАРОЖДЕНИЕ АЙСБЕРГОВ ОТ ЛЕДНИКОВ ПО ДАННЫМ СЕЙСМОМЕТРОВ

*Кравцова К.В., Колабутин Н.В., Знаменский М.С.*

ФГБУ «Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт», г. Санкт-Петербург, Россия

[karkrav08.12@mail.ru](mailto:karkrav08.12@mail.ru)

В современных условиях глобального потепления Арктика реагирует на климатические изменения быстрее и острее других регионов. Ледники подвержены абляции и отступают, активно продуцируют айсберги, что делает их изучение критически важным для безопасности судоходства по Северному морскому пути и освоения арктического шельфа.

Данное исследование направлено на анализ процессов образования айсбергов с помощью сейсмических данных. Цель — выявить факторы и динамические явления, способствующие формированию айсбергов. Полученные данные помогут в разработке более точных моделей прогнозирования зарождения айсбергов.

Работа основана на данных сейсмометров СМЕ-4311 на архипелаге Шпицберген, расположенных на леднике Норденшельда. Комплекс состоял из трёх сейсмостанций: две установлены на леднике (SVA2 и SVA3) и одна на берегу (Gamma). Основное внимание уделено периоду с 20 по 25 августа 2017 г., отмеченному двумя крупными сейсмическими событиями — предполагаемым отколом массивов льда от ледника Норденшельда, зарегистрированными всеми станциями. На рисунке 1 показаны крупные ледовые события за 25 августа. Обе станции на леднике зафиксировали масштабные разломы: SVA3 — с 11:59:10 до 12:30:35, SVA2 — с 13:03:04 до 14:04:25. Береговая станция Gamma обнаружила интенсивный сход льда с 14:31:36 до 14:50:50. Ранее наблюдавшиеся трещины и разломы являются предшественниками последующих событий. Выделенные события можно рассмотреть более детально, то есть не только оценить по внешнему виду сигнала на сейсмометре, но и с математической точки зрения при помощи вейвлет-преобразования.

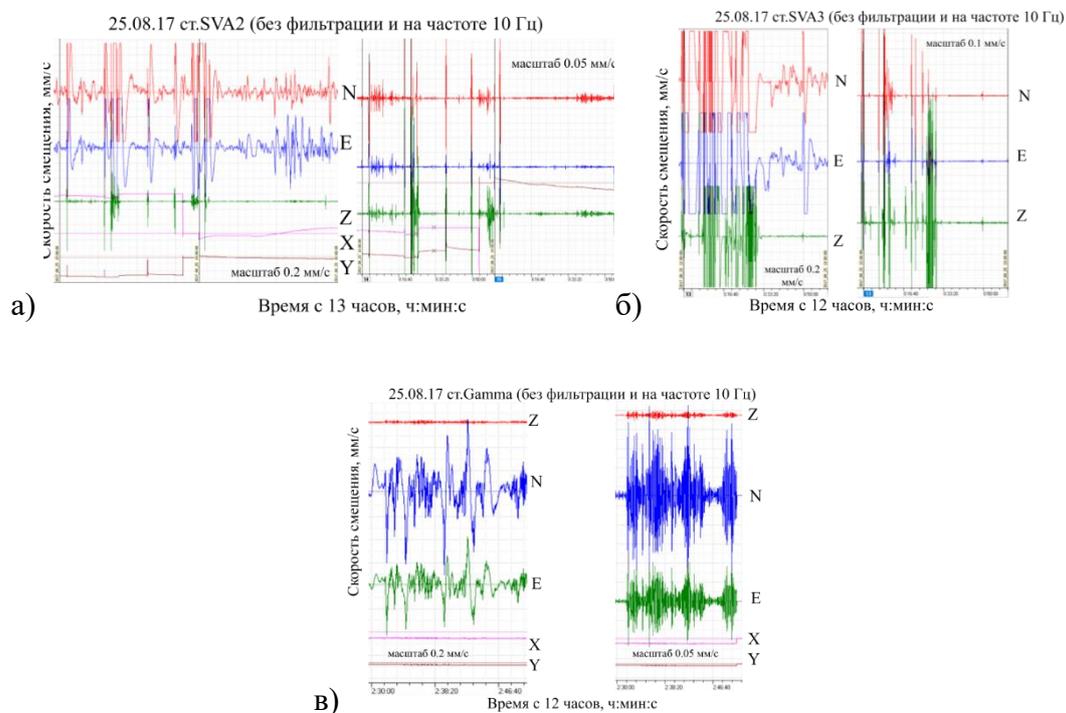


Рисунок 1. Записи станций а) крупномасштабные разломы на ст.SVA2, б) крупномасштабные разломы на ст.SVA3 и в) сход льда на ст.Gamma 25.08.17.

# КОРРЕЛЯЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ В ЛЕТНЕЙ ПОЛЯРНОЙ МЕЗОСФЕРЕ

Соколов А.В., Савенкова Е.Н., Коваль А.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия  
sokol.rshu@gmail.com

В настоящей работе, с применением спектроскопических измерений Solar Occultation for Ice Experiment (SOFIE) и Atmospheric Chemistry Experiment - Fourier Transform Spectrometer (ACE-FTS) с полярно-орбитальных космических аппаратов, исследована зависимость между температурой воздуха (Т) и концентрацией водяного пара ( $H_2O$ ) в летней полярной мезосфере (высоты 75-95 км) Северного полушария. Был рассчитан коэффициент корреляции (R) между Т и  $H_2O$  по всем высотам мезосферы для каждого дня за период 2004-2024 гг. Как показано на рисунке 1, наиболее высокие значения R зафиксированы в майской мезопаузе (переходным слоем между мезосферой и термосферой), где происходит формирование серебристых облаков (Далин и др., 2005). Последнее обстоятельство связано с изменением условий атмосферной циркуляции и активностью планетарных волн (Погорельцев, 2007). Значения R в мае на изобарической поверхности 1 Па (~80 км) по данным SOFIE и ACE-FTS равны  $-0,899$  и  $-0,835$ , соответственно, а его различия, наиболее вероятно, обусловлены несоответствием пространственно-временного покрытия данными используемых спектрометров.

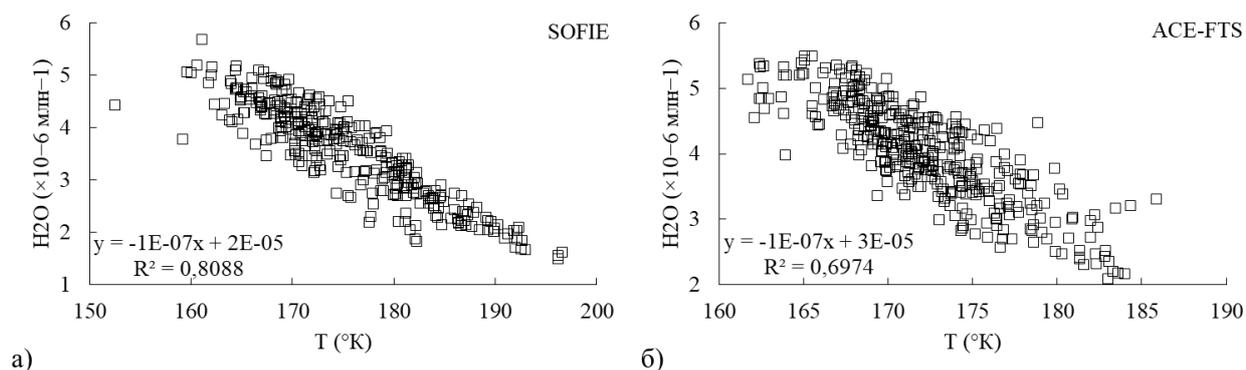


Рисунок 1 – Диаграммы рассеяния между температурой и влажностью в полярных широтах Северного полушария за май (2004-2024) по данным а) SOFIE и б) ACE-FTS

Полученные сведения могут быть использованы для совершенствования моделей общей циркуляции атмосферы (МОЦА) с целью повышения качества воспроизведения ими процессов фазовых переходов в условиях существования переохлажденной жидкости на высотах 75-95 км и реакции полей ледяных кристаллов на разномасштабные флуктуации гидродинамических характеристик. Это позволит, в частности, лучше понять отклик высоких слоёв атмосферы на изменение климата.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ (грант № 25-47-00122).

Список использованной литературы:

Далин П. А., Перцев Н. Н., Ромейко В. А. Серебристым облакам 120 лет? // Природа. 2005. № 6. С. 12–21.

Погорельцев А.И. Генерация нормальных атмосферных мод стратосферными вассиляциями // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2007. Т. 43, № 4. С. 463-475.

# ДИНАМИКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРИОДА АКТИВНОЙ ВЕГЕТАЦИИ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Семенова К.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия  
[kсения\\_ska@mail.ru](mailto:kсения_ska@mail.ru)

Исследование климатических данных последнего десятилетия показывает трансформацию ряда агрометеорологических показателей. Эти изменения носят двойственный характер: продление вегетационного периода создает предпосылки для внедрения теплолюбивых культур, однако этот потенциал ограничивается возрастающей частотой и интенсивностью экстремальных гидрометеорологических явлений. В связи с этим данное исследование нацелено на проведение пространственно-временного анализа климатических явлений в теплый сезон и оценку их влияния на функционирование локальной растениеводческой системы. Необходимость такой работы продиктована глобальными усилиями научного сообщества, направленными на поиск эффективных путей адаптации аграрного сектора к меняющемуся климату.

Анализ основан на обработке метеоданных за 20-летний период (2005–2024 гг.) шести репрезентативных метеостанций (Ялуторовск, Тобольск, Кыштовка, Томск, Пудино, Мариинск). Для оценки изменчивости использовались статистико-аналитический и сравнительный методы. Анализировались следующие параметры: даты начала и окончания активной вегетации (устойчивый переход среднесуточной температуры через  $+10^{\circ}\text{C}$ ), продолжительность вегетационного периода, сумма активных температур (САТ) и среднесуточная температура периода вегетации.

Ключевые результаты:

1. Сдвиг дат вегетации: Установлено смещение дат начала активной вегетации на более ранние сроки, а окончания – на более поздние. Среднемноголетний сдвиг по всем станциям составил 6 дней весной и 4 дня осенью. Наиболее значительное смещение даты начала (+12 дней) зафиксировано на станции Пудино.

2. Увеличение продолжительности вегетационного периода: Продолжительность периода активной вегетации увеличилась при сравнении двух десятилетий (2005-2014 и 2015-2024) от 2 дней (Ялуторовск) до 7 дней (Пудино).

3. Рост сумм активных температур: Отмечено существенное возрастание САТ во втором десятилетнем периоде. Максимальный прирост ( $+266^{\circ}\text{C}$ ) зафиксирован на станции Томск (с  $1756^{\circ}\text{C}$  в 2005-2014 гг. до  $2022^{\circ}\text{C}$  в 2015-2024 гг.).

4. Пространственная изменчивость: Выявлены пространственные различия в климатических параметрах, связанные с географическим положением станций. Наиболее высокие значения САТ (около  $2100^{\circ}\text{C}$ ) характерны для западных станций, а наименьшие (около  $1700^{\circ}\text{C}$ ) – для восточных.

Полученные данные указывают на смягчение агроклиматических условий, что открывает возможности для диверсификации растениеводства. Однако ключевой проблемой является не просто потепление, а рост неустойчивости и экстремальности погодных условий. Отрицательные последствия часто перевешивают положительные, так как, например, недельная засуха или град могут уничтожить весь потенциальный выигрыш от более длинного вегетационного периода. В связи с этим сельское хозяйство вынуждено активно адаптироваться.

*Исследование поддержано Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание ИМКЭС СО РАН, регистрационный номер проекта № 121031300226-5, FWRG-2021-0003).*

# ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ РЯДОВ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Губарева Т.С.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Институт водных проблем РАН», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

[tgubareva@bk.ru](mailto:tgubareva@bk.ru)

Атмосферные осадки – важнейшая характеристика в гидрометеорологии, анализ которой актуален как при фундаментальных исследованиях климатических изменений, так и при выполнении ряда инженерных задач, к которым относятся управление водными ресурсами, проектирование гидротехнических сооружений, определение зон риска наводнений и др. Для их решения наибольший интерес представляют временные ряды суточных максимальных годовых, годовых сумм осадков.

Получение надежных расчетных оценок (заданной вероятности превышения) вызывают трудности из-за редкой наблюдательной сети станций, прерывистости наблюдений, нарушения стационарности, однородности рядов, вызванных различными причинами, среди которых могут быть естественные причины, так и изменение техники измерений на станциях. В связи с этим статистический анализ атмосферных осадков, включая анализ однородности рядов, анализ трендов, выполнение регионализации и вероятностное оценивание, нацеленный на обеспечение научно-обоснованных выводов и методических рекомендаций приобретает особую актуальность.

В работе представлены результаты статистического анализа рядов осадков суточных годовых максимумов (ГМ) и годовых сумм (ГС). Ряды сформированы по материалам архивных данных наблюдений суточных осадков по 12 станциям Крыма, собранные из различных источников, в том числе из электронной базы данных Погода и климат.

Анализ однородности рядов выполнялся с использованием критерия Стьюдента и критерия Фишера с корректировкой степеней свободы, которая делает устойчивым тест к отклонениям от нормальности. Анализ трендов – с использованием непараметрических критериев Манна-Кендалла и наклона Сена.

Существенные изменения в технике измерения осадков произошли в 1966 г. (переход на 4-х срочные измерения) и с 1997 г. (ввод поправки на смачивание). Поэтому ряды делились на подвыборки: от начала наблюдений до 1966, с 1997 – по 2020 г.

Анализа однородности выполнен для 7 станций с наиболее продолжительными рядами наблюдений от 56 до 133 лет. Результаты показывают, что оценки среднего и дисперсии серий ГМ по сравнимым двум периодам не изменяются на всех исследуемых станциях, за исключением Феодосии, для которой гипотеза однородности отвергается. Иная ситуация складывается по ГС сериям – гипотеза однородности отвергается для 4 станций, что наводит на общий вывод о признании неоднородности рядов.

Анализ трендов выполнен для 12 станций по двум выборкам: первая включает полный набор данных, вторая – усеченная выборка с данными с 1967 г. по 2020 г. Результаты анализа трендов по полным рядам согласуются с выводами, полученными при анализе однородности. Значимые тренды отмечаются в ГМ по станции Феодосия, в ГС – станции Феодосия, Севастополь, Симферополь, Ялта. В усеченных выборках значимый тренд в выборках ГМ отмечается только на станциях Джанкой и Евпатория, в выборках ГС значимые тренды отсутствуют.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института природно-технических систем (№ госрегистрации 124013000609-2).*

## ВЛИЯНИЕ МЕЖДУНАРОДНОГО СОГЛАШЕНИЯ ПО ТРОПИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕСНОЙ ПОЛИТИКИ СТРАН АФРИКИ

*Маклеев Е.В., Хомяков В.П., Близнецкая Е.А.*

Московский государственный институт международных отношений (Университет), МГИМО  
МИД России, г. Москва, Россия

[MaKleevegor@gmail.com](mailto:MaKleevegor@gmail.com)

Работа посвящена влиянию Международного соглашения по тропической древесине 2006 года (МСТД-2006) на развитие лесной политики Габона и Камеруна. Экономике обеих стран чувствительны к экспорту тропической древесины, что делает их уязвимыми к незаконным рубкам и деградации лесов. Анализ опирается на обзор академических и официальных источников (МСТД-2006 [1], ФАО [2], Andong & Ongolo [3], Zwerts et al. [4]).

Показано, что устойчивое управление лесами в регионе ограничено недостаточным внедрением инноваций, кадровым дефицитом и слабым международным взаимодействием [2]. В Камеруне наблюдается ускорение потери лесного покрова под воздействием сельского хозяйства и слабого контроля за лесопользованием на территории страны, в то время как в Габоне сохраняется относительная стабильность [2]. На концессиях, сертифицированных по FSC, плотность крупных млекопитающих выше, чем на несертифицированных участках, что демонстрирует положительный эффект строгих стандартов лесного управления [4]. Камерун располагает современной правовой базой, сталкивается с хроническими трудностями правового применения, в том числе в реализации FLEGT [3]. В Габоне акцент сделан на централизованном контроле и сертификации, что обеспечило более заметные результаты лесной политики. МСТД-2006 способствовало институционализации устойчивого лесопользования, однако эффект различается: Габон продвинулся дальше благодаря централизации и сертификации лесных хозяйств, а Камерун продолжает сталкиваться с проблемами его внедрения. Также выполнено картографирование динамики потерь леса с применением методов ГИС в данных странах.

### **Список использованных источников:**

1. Организация Объединенных Наций. Международное соглашение по тропической древесине. 2006.
2. Официальный сайт Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций. Состояние лесов мира, 2024. Инновации в лесном секторе в интересах устойчивого будущего. 2024.
3. Andong S., Ongolo S. From global forest governance to domestic politics: The European forest policy reforms in Cameroon // *Forest Policy and Economics*. 2020. Vol. 111. P. 102036.
4. Zwerts, J.A., Sterck, E.H.M., Verweij, P.A. et al. FSC-certified forest management benefits large mammals compared to non-FSC // *Nature*. 2024. Vol. 628. P. 563–568.

# РЕЗУЛЬТАТЫ РЕТРОСПЕКТИВНОГО ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ИПТС

Лубков А.С.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
[andrey-ls2015@yandex.ru](mailto:andrey-ls2015@yandex.ru)

Долгосрочный прогноз — это прогноз гидрометеорологических параметров на срок от месяца до двух лет, представленных в виде отклонения от климатической нормы. На сегодня гидрометпараметры прогнозируются с ограниченной точностью. Применение новых методов, в частности, нейросетевых, может несколько улучшить такие прогнозы.

В текущем исследовании было предложено использовать ранее разработанную в Институте природно-технических систем (ИПТС) нейросетевую модель для прогноза месячных сумм осадков и среднемесячных температур. Предлагаемая модель уже хорошо зарекомендовала себя в вопросе прогноза явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья: в исследовании (Lubkov et al., 2024) показано преимущество разработанной модели над традиционно используемыми гидродинамическими и статистическими моделями.

На момент написания тезисов уже рассчитан ретроспективный прогноз месячных сумм осадков для Европейской территории России (ЕТР). На рис. 1(а) изображены поля успешности прогноза, рассчитанные по методике, предложенной сотрудниками Росгидромета в исследовании (Хан и др., 2018). Предварительные сравнительные оценки указывают, что модель ИПТС несколько лучше отражает поле месячных сумм осадков с заблаговременностью 2 и 3 месяца по сравнению с отечественными моделями. Такое сравнение было проведено на основе открытых верификационных данных с сайта Северо-евразийского климатического центра (<https://seakc.meteoinfo.ru/>) за 2021-2024 годы для ЕТР на основе коэффициента корреляции (АСС) подобию прогностических полей с полями реанализа. Получено, что АСС ансамбля моделей ПЛАВ+ГГО в этот период равняется 0.23, 0.05 и 0.03 для прогноза с заблаговременностью 1, 2 и 3 месяца, а АСС модели ИПТС равен 0.16, 0.16 и 0.15, соответственно. Подробные оценки среднемесячных полей температуры и осадков будут представлены в докладе.

Работа выполнена в рамках госзадания ИПТС (№ госрегистрации 124013000609-2).

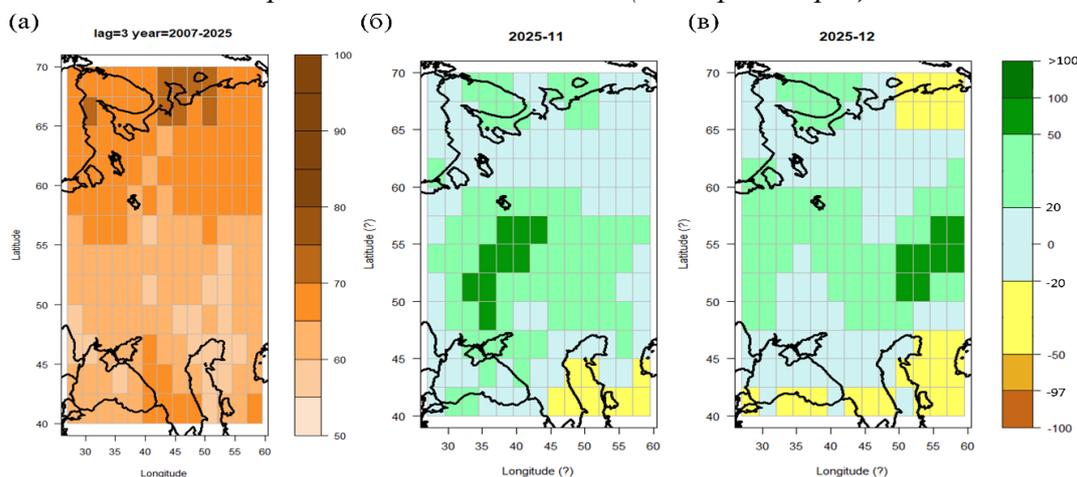


Рисунок 1 – Успешность прогноза с заблаговременностью 3 месяца (а) и прогностические поля месячных сумм осадков относительно климатической нормы за 1991-2020 гг. на ноябрь (б) и декабрь (в).

## Список использованной литературы:

1. Lubkov A.S., Voskresenskaya E.N., Marchukova O.V. A New Approach to Using Neural Networks for Long-Term El Nino and La Nina Forecasting // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 2024. V.60. Suppl. 1. P. S46–S61.
2. Хан В.М., Куликова И.А., Тищенко В.А., Круглова Е.Н., Цепелев В.Ю. Составление консенсусных метеорологических прогнозов на сезон в рамках СЕАКОФ на примере зимы 2017/2018 гг. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2018. № 4 (370). С. 88-104.

## ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЧЕРНОГО МОРЯ В ЭПОХУ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

*Вишнев О.Г., Булыгин А.М., Воронцов А.А.*

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных», г. Обнинск, Россия

[vishniovoleg@gmail.com](mailto:vishniovoleg@gmail.com)

Представлены результаты исследования межгодовой и сезонной изменчивости температуры и солености деятельного слоя Черного моря. В качестве исходных использовались данные профилирующих буев (программа АРГО), данные глубоководных судовых измерений, спутниковые данные, а также наблюдения на береговых морских станциях российского сектора Черного моря. Проанализированы изменения гидрологического режима за период с 1982 по 2024 гг.

Выделены периоды уменьшения и роста среднегодовых значений температуры воды. В частности, устойчивый рост температуры верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) в Черном море начался с 1993 года. Период после 1993 года характеризуется наибольшим ростом температуры воды как в ВКС, так и во всем деятельном слое Черного моря. За проанализированный период среднегодовая температура ВКС по морю в целом увеличилась на 2.5 градуса. Изменения температуры ВКС происходили неравномерно по времени и по пространству. В течение 80-х и в начале 90-х годов прошлого века наблюдался даже отрицательный тренд среднегодовых значений с величиной минус 0.051 °С/год. В период с 1993 по 2002 рост температуры наблюдался главным образом в летние месяцы, особенно в июле и августе, когда средняя температура поверхности моря оказалась на 0.9 градуса выше значений в предыдущем десятилетии. Наибольшее потепление зафиксировано в восточной части акватории моря. В последние два десятилетия рост температуры поверхности моря, оцененный по спутниковым данным, оказался более интенсивным в зимний период. Наибольший прирост температуры относительно ее среднего значения наблюдается на глубинах от 50 до 75 метров.

За период после 1993 года выросла температура ядра холодного промежуточного слоя (ХПС). В глубоководной части Черного моря - более чем на 0.5 °С. При этом, уменьшились как толщина ХПС, так и глубина залегания его ядра. В среднем, толщина ХПС уменьшилась на 10 м, что и привело к уменьшению средних значений глубины залегания ядра ХПС. С 2019 года средний минимум температуры ХПС не опускался ниже значения 8.0 °С, за исключением отдельных случаев в весенние месяцы. Тем не менее, промежуточный слой с минимумом температуры в зависимости от сезона на глубинах от 15 до немногим более 100 м, присутствует в большинстве месяцев. Этот слой лучше выделяется в зимний и весенний периоды. С началом весеннего потепления он значительно уменьшается, фактически исчезая в некоторых районах моря.

На протяжении последних десятилетий в Черном море зафиксирован рост солености воды. Положительные значения трендов среднегодовых значений солености характерны как для открытых участков акватории моря, так и для береговой зоны, для которой расчеты выполнены по данным морских прибрежных станций российского сектора Черного моря. Наибольший рост солености наблюдается в южной и восточной части акватории моря, где повышение солености прослеживается до глубин более 150 м. Максимальные изменения среднегодовых значений солености отмечены в августе и сентябре.

### Список использованной литературы:

1. Булыгин А.М., Вишнев О.Г. Изменчивость термического режима поверхностного слоя Черного моря по данным спутниковых наблюдений // Труды ВНИИГМИ-МЦД. Выпуск 192. Обнинск, 2024. С. 143-151.

## **ВКЛАД ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ В ФОРМИРОВАНИЕ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ**

*Акперов М.Г.<sup>1</sup>, Гнатюк Н.В.<sup>2</sup>, Радченко Ю.В.<sup>2</sup>, Семенов В.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Нансен-центр, Санкт-Петербург, Россия

[aseid@ifaran.ru](mailto:aseid@ifaran.ru)

На основе данных реанализа ERA5 и спутниковых данных IMERG за период 1998–2024 гг. получены количественные оценки сезонных и региональных особенностей циклонической активности в Северной Евразии, а также оценен вклад внетропических циклонов в формирование соответствующих особенностей поля осадков. Спутниковые данные были сопоставлены с данными об осадках из архива ВНИИГМИ-МЦД.

Анализ временной корреляции и RMSE выявил выраженную сезонную зависимость. Зимой данные ERA5 коррелируют со станциями лучше, чем IMERG, тогда как летом оба набора данных показывают низкую корреляцию. Величина RMSE для обоих продуктов минимальна зимой и возрастает летом.

Получено также, что вклад внетропических циклонов в общее количество осадков в целом превышает 60%, а в регионах с высокой повторяемостью циклонов достигает 75% зимой и 65% летом. При этом наибольший вклад в осадки вносят интенсивные циклоны: 60% зимой и 35% летом.

*Анализ вклада циклонов был сделан при финансовой поддержке гранта РФФ (№24-17-00211). Анализ осадков был выполнен при поддержке гранта РФФ (№25-47-00104).*

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КУСОЧНО-ЛИНЕЙНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Кутузова К.М., Добролюбов Н.Ю.

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля»,  
г. Москва, Россия

[kkutuzova@mail.ru](mailto:kkutuzova@mail.ru), [kkutuzova@gmail.com](mailto:kkutuzova@gmail.com)

В работе (Semenov, Kutuzova 2025) предложен эмпирический метод оценки тенденций в рядах климатических данных, использующий аппроксимацию ряда кусочно-линейными функциями. Ниже алгоритм применен в анализе рядов аномалий среднегодовой температуры из базы данных HadCRUT5 Analysis version 5.0.2.0 (<https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature/#datdow>), соответствующих центрам пятиградусных боксов. Вот результат оценки десятилетних тенденций в целом для Северного полушария для 1850–2020 гг.

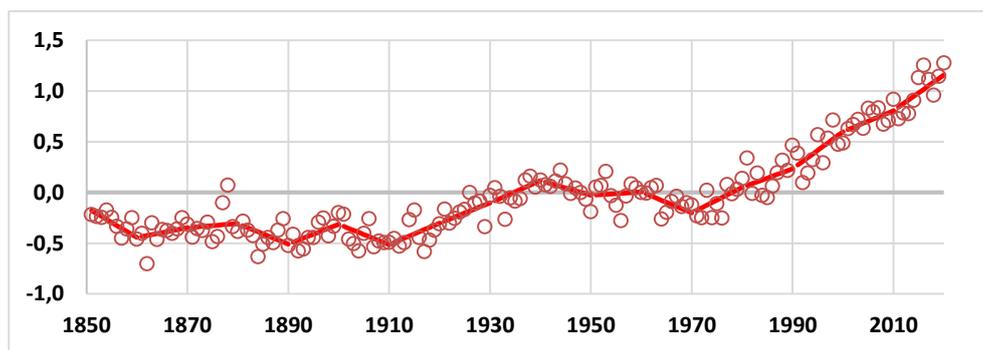


Рисунок 1 – Аномалии средней по Северному полушарию среднегодовой температуры: данные HadCRUT5 и аппроксимация кусочно-линейной функцией (линия тренда)

На рис. 1 видно, что в 1910–1940 гг. по Северному полушарию в целом наблюдается тенденция возрастания температуры примерно  $0.02^{\circ}\text{C}$  год. Если проанализировать тем же методом пространственное распределение тенденции изменения (см. рис. 2), то выявляются регионы, для которых оценки выше в 5–10 раз. Это регион Гренландии в 1921–1930 гг., а для 1931–1940 гг. – арктические области восточнее о. Новая Земля и западнее Гренландии. Это в целом соответствует данным о потеплении Арктики в 1920–1940 гг. (Алексеев, 2015).

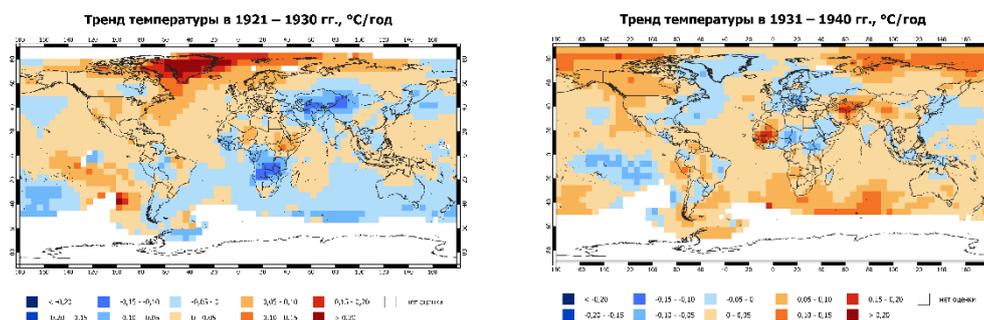


Рисунок 2 – Среднедесятилетние тенденции изменения температуры

## Список использованной литературы:

1. Semenov S.M., Kutuzova, K.M. Using approximation by piecewise linear functions in the empirical analysis of changes and variability of climate data series / Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. – 2025. – Vol. 61, Suppl. 1. –Pp. S116–S121.
2. Алексеев, Г.В. Проявление и усиление глобального потепления в Арктике / Г.В. Алексеев // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2015. – Т. 1. – С. 11–26.

# ПЕРЕХОДНЫЙ РЕЖИМ ЭВОЛЮЦИИ СТРУЙНОГО ТЕЧЕНИЯ В ОКЕАНЕ ПРИ ОСЛАБЛЕНИИ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ

Федотов А.Б.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

[fedotov57@mail.ru](mailto:fedotov57@mail.ru)

В ходе исследования ветровой океанической циркуляции значительный интерес вызывает вопрос о влиянии ветровой нагрузки различной интенсивности на общую структуру течений. В частности, такие эксперименты возможны в рамках численного моделирования океана. В данном исследовании была использована численная модель двухслойного океана с глубиной слоев, соответствующей средним океаническим условиям. Основное внимание было уделено описанию структуры циркуляции океанических течений при уменьшении интенсивности ветра до величин существенно меньших, чем те, которые применялись при описании режимов циркуляции в (Полонский, Федотов, 2022). В общих чертах структура описанной ранее океанической циркуляции в данной нелинейной квазигеострофической модели представлена интенсивным струйным зональным течением, окруженным вихревым полем, амплитуда колебаний уровня энергии течений составляет приблизительно 10%-15% от среднего уровня всей энергии.

Уменьшение интенсивности ветра как внешнего источника завихренности и энергии системы при неизменном относительном уровне диссипации приводит к ослаблению интенсивности течений, что в свою очередь может привести к подавлению бароклинной неустойчивости струйного течения и прекращению генерации интенсивных вихрей. Такой режим циркуляции получен в ходе проведенных численных экспериментов и он прекрасно согласуется с режимом океанической циркуляции, описанным ранее для стационарного линейного случая (Манк, 1950). Данное исследование проведено с помощью нелинейной нестационарной численной модели, основными особенностями полученного решения являются следующие:

1. Структура течений под действием ветра демонстрирует рост энергии до определенного уровня и визуально совпадает со структурой течений в работе Манка.
2. При достижении критического уровня энергии происходит «взрывное» вихреобразование с падением уровня энергии течения приблизительно в 3 раза.
3. Процесс повторяется квазипериодически с характерным временем порядка 75 лет модельного времени.

Для анализа вихревого поля в квазилинейном режиме, назовем его условно «режим Манка», и в режиме интенсивного вихреобразования использовались в том числе пространственные спектры энергии верхнего слоя системы течений, процесс интенсивного вихреобразования проанализирован с помощью оригинальной методики подсчета количества вихрей, установлена граничное значение интенсивности ветра для данной конфигурации структуры течений. При более интенсивном ветре система течений переходит в режим струйного течения, окруженного вихревым полем, при менее интенсивном ветре система течений представлена периодически возникающим и распадающимся режимом Манка.

## Список использованной литературы:

1. Munk W.H. On the wind-driven ocean circulation. // Journal of meteorology. - 1950. - V. 7. - № 2. - P. 79-93.
2. Полонский А.Б., Федотов А.Б. Изменение характеристик внутренних колебаний океанической циркуляции в условиях глобального потепления // Доклады академии наук. - 2022. - Том 504. - №1. - С. 91-96.

## ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ЮГО-ЗАПАДНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ БАЙКАЛА: ТРЕНДЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ

*Тюменцева Е.М*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет»

Иркутск, Россия

[tumentzeva.liz@yandex.ru](mailto:tumentzeva.liz@yandex.ru)

Изменение климата отмечается по всему земному шару. Но в региональном плане оно имеет разную направленность, скорости, величины. Цель наших исследований установить особенности изменения климата в Прибайкалье. Основные задачи ставились следующие: определить пространственную изменчивость климатических параметров в регионе, оценить роль различных климатических факторов в активизации природных процессов.

Источники данных: климатические показатели (метеостанции, архивы), спутниковые снимки, полевые ежегодные наблюдения на базе практик педагогического института Иркутского государственного университета, картографические материалы. Методы обработки данных базировались на статистическом анализе климатических данных (расчет средних значений, трендов, экстремальных значений), ландшафтном анализе.

Наблюдения проводились в устьевой части долины р. Голоустной. Уникальные природные особенности Прибайкалья формируются под действием горно-котловинного эффекта и протекания внутри котловинных атмосферных процессов. Борта котловины характеризуются сочетанием контрастных по природным условиям ландшафтов восточносибирских гольцовых, таежных светлохвойных, южносибирских таежных темнохвойных и степных центральноазиатских. Юго-западная часть озера Байкал располагается на высоте 456 м над уровнем моря, вдоль борта котловины протягивается Приморский хребет с абсолютными высотами вершин 700-1500 м.

Циркуляционные особенности климата и тепловой режим определяются не только приходом солнечной радиации, но и большой массой воды озера и рельефом прибрежных склонов. Воздух летом над озерной поверхностью на 6-8 °С холоднее, а поздней осенью и в начале зимы на 5-15 °С теплее, чем над окружающей сушей. Годовые амплитуды температуры воздуха над Байкалом (30-38 °С) намного ниже, чем за пределами котловины (41-50 °С). Причем летом, с удалением от берегов вглубь озера, температура воздуха понижается, а осенью и в начале зимы возрастает.

Анализ потенциальных последствий изменения климата в Прибайкалье показал тенденцию изменения климата в сторону потепления в соответствии с ходом роста глобальной температуры. Отмечается увеличение среднегодовой температуры со скоростью +0,50 °С/10 лет [Доклад, 2024]. Изменение среднегодовой температуры в поселке Большое Голоустное с 1974 г по 2024 годы от - 1,4 °С до + 2,4 °С. Среднее годовое количество осадков за последние 25 лет изменялось от 183 мм (2002 г) до 503мм (2024 г). Тенденция изменения высоты снежного покрова в сторону снижения отмечается в течение 50 лет, а отклонение от климатической нормы (2,4 см) в сторону понижения фиксируется в 31 году (из 50 лет наблюдений). Изменение климатической ситуации с одновременным увеличением антропогенной нагрузки (выпас скота и неорганизованный туризм) стало причиной изменения растительных сообществ. Отмечается выпадение степного разнотравья, увеличение площади и продуктивности пырейных фаций, усыхание высоких старых сосен на границе степи и леса и др. Накопленный количественный материал позволил раскрыть региональные закономерности климатических режимов, сезонной ритмики и динамики природных процессов. В последнее время с 2000 по 2025 годы наиболее часто повторяются очень теплые умеренно влажные годы и очень влажные и влажные. Дальнейшие исследования взаимосвязей климатических и природных геосистем будет способствовать выявлению количественных закономерностей и поможет в создании комплекса мер по сохранению благоприятной окружающей среды в котловине Байкала.

## О ДЕФИЦИТЕ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ВОД СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

Валле А.А., Полонский А.Б.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
ogorodova.a@mail.ru

Работа посвящена анализу данных о концентрации растворенного кислорода и температуры в поверхностном слое (0–10 м) вод северо-западного шельфа Черного моря. Исследование выполнялось для весеннего гидрологического сезона (май-июнь) за почти 100 лет, с 1923 по 2022 год. Исследуемые месяцы были выбраны с учетом сезонных особенностей речного стока. Именно в этот период сток в северо-западную часть Черного моря, куда поступает около 3/4 всего речного стока Черного моря, в максимальной степени влияет на гидролого-гидрохимические процессы, протекающие в морской среде (Гидрометеорология, 1991). Анализ концентрации растворенного кислорода и температуры воды проводился на основе архивных данных, собранных в результате судовых наблюдений и с помощью буев Argo. Было проанализировано 9541 измерение концентрации кислорода и 24621 измерение по температуре. Данные были взяты из банка океанологических данных Института природно-технических систем (Валле, 2024). Контроль качества и обработка данных выполнялась следующим образом. Вначале удалялись грубые выбросы, дублирующие измерения и проводилась проверка на корректность географических координат. Затем проводился статистический контроль качества данных. Осреднение данных проводилось простым арифметическим усреднением за каждый год каждого месяца с дальнейшим усреднением среднемесячных значений за 2 месяца.

Анализ архивных данных за последние 100 лет показал следующее. Установлено, что в верхнем 10-м слое вод северо-западной части Черного моря за последние 100 лет наблюдалось экстремальное понижение концентрации кислорода в период с 1923 по 1932 г. (глубже 10 м подобной тенденции не наблюдалось). Оно составило всего 260 мкМ, что было существенно (от 14 до 33%) меньше содержания кислорода в поверхностном слое вод, наблюдавшегося при его снижении 50 лет спустя. Показано, что снижение концентрации кислорода в поверхностном слое в начале XX в. было обусловлено, прежде всего, аномальным прогревом этого слоя. По абсолютной величине оно превышает второй минимум концентрации кислорода, произошедший в последнее десятилетие XX в. Повторное понижение концентрации растворенного кислорода в верхнем слое воды в конце XX века связано с эвтрофикацией, которая началась в северо-западной части Черного моря и затем распространилась на внутренние участки акватории.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Фундаментальные исследования процессов в климатической системе, определяющих пространственно-временную изменчивость морской среды и прилегающих территорий в широком диапазоне масштабов» (№ госрегистрации 124020100120-9).*

### Список использованной литературы:

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР.Т.4: Черное море, вып.1. Гидрометеорологические условия // СПб, Гидрометеоздат. – 1991. – 469 с.
2. Валле А.А., Губарев А.В., Полонский А.Б. Современное состояние банка океанологических данных Института природно-технических систем // Системы контроля окружающей среды. – 2024. – № 3 (57). – С. 88–98. DOI: 10.33075/2220-5861-2024-3-88-98

## ТЕЧЕНИЕ ЛЕДНИКОВ ЭЛЬБРУСА

Рыбак О.О.<sup>1,2,3</sup>, Рыбак Е.А.<sup>2</sup>, Постникова Т.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия

<sup>3</sup>Earth System Science and Department of Geography, Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium  
[o.o.rybak@gmail.com](mailto:o.o.rybak@gmail.com)

В рамках исследования был выполнен комплекс численных экспериментов, в которых было рассчитано поле течений ледников Эльбруса на трехмерной термомеханической модели (Fürst et al., 2011) и были определены значения ключевых параметров в уравнениях динамики ледников.

Цифровая модель рельефа и поле толщины льда были основаны на данных дистанционного и радиолокационного зондирования (Kutuzov et al., 2019). Данные о скоростях поверхностного течения крайне ограничены. Наиболее удобной для пользователя являются цифровые карты (Millan et al., 2022) с пространственным разрешением 50 м.

Граничное условие для скорости на нижней границе ледника определяется наличием или отсутствием базального скольжения. Достоверные сведения о состоянии придонной области ледников Эльбруса практически отсутствуют. Высокие значения измеренной скорости смещения поверхности – более 100 м/год на отдельных участках не исключают существования на этих участках базального скольжения. В общем случае свойства льда (имеется в виду его «деформируемость») чувствительны к изменениям температуры, но помимо температуры они зависят также от ряда иных факторов кристаллической структуры, наличия примесей и т.д. Вследствие сложности описания реологической функции в качестве одного из вариантов моделирования было решено применить упрощенный подход и не разделять деформационную скорость от вероятного базального скольжения. Второй вариант заключался в прямом расчете скорости базального скольжения ниже условной критической высоты над у.м. Нами было проведено 35 численных экспериментов по определению оптимальных сочетаний высотных диапазонов для различных значений комплексного параметра (реология плюс базальное скольжение), а также пять экспериментов, в которых базальное скольжение рассчитывалось отдельно и определялось оптимальное значение параметра базальной скорости.

Модельное поле скоростей в целом схоже с наблюдаемым. Мелкие детали, присутствующие в наблюдаемом поле, оказываются сглаженными. В целом область низких (менее 5 м/год) скоростей в модельном поле несколько меньше, чем в измеренном. С учетом того, что точность измеренного поля составляет 10 м/год, прямое сопоставление измеренной и модельной скоростей течения в области низких значений некорректно.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ ИПТС (№124013000609-2). Численные эксперименты по расчету поля течения льда были выполнены в рамках государственного задания Институту водных проблем РАН (№FMWZ-2025-0001).*

### Список использованной литературы:

1. Fürst J.J., Rybak O., Goelzer H., De Smedt B., de Groen P., Huybrechts P. Improved convergence and stability properties in a three-dimensional higher-order ice sheet model // Geoscientific Model Development. – 2011. – V. 4. – P. 1133–1149. <https://doi.org/10.5194/gmd-4-1133-2011>
2. Kutuzov S., Lavrentiev I., Smirnov A. Nosenko G., Petrakov D. Volume changes of Elbrus glaciers from 1997 to 2017 // Frontiers in Earth Science. – 2019. – V. 7, No. 153. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00153>
3. Millan R., Mouginot J., Rabatel A., Morlighem M. Ice velocity and thickness of the world's glaciers // Nature Geoscience. – 2022. – V. 15. – P. 124-129. <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00885-z>

# О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РАЗВИТИЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ФОНОВОГО МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ ПРЕДИКТОРОВ НА ТЕРРИТОРИИ КАМЧАТСКОГО КРАЯ. РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВИЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

*Ахметова Б.Р., Безденежных В.А., Саратовцева Е.Е., Рябов А.В.*

*ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля», г. Москва, Россия*

[b.ahmetova@igce.ru](mailto:b.ahmetova@igce.ru)

Климатически активные вещества (КАВ) и их предикторы играют важную роль в изменении радиационного баланса, альбедо и циркуляции атмосферы Земли. За счёт наличия естественных источников выбросов КАВ Камчатский край является особенно интересной территорией для мониторинга их фоновых концентраций.

На данный момент в Камчатском крае не существует станции фонового мониторинга КАВ, из-за чего разделение вклада природных и антропогенных источников в загрязнение природных сред данной территории становится крайне сложным.

В рамках исследования были отобраны пробы поверхностных вод, аэрозолей, снежного покрова, атмосферного воздуха и осадков в осенний, зимний, весенний и летний период с осени 2024 года по осень 2025 года. В отобранных пробах были определены концентрации метана, закиси азота, черного углерода, диоксидов серы и азота. Так пробы воздуха на метан не превышали 4,56 ppm, на углекислый газ – 184,02 ppm. Максимальная концентрация чёрного углерода в воздухе составила 26,71 мкг/м<sup>3</sup>. Наибольшие концентрации сульфатов и нитратов в воздухе вблизи серного источника соответствовали 3,678 мг/л и 12,622 мг/л, тогда как в отдаленной от естественных источников точке концентрации сульфатов и нитратов не превышали 0,404 мг/л и 0,458 мг/л. Максимальные концентрации определяемых веществ в осадках и снежном покрове также оказались очень малы.

Во всех средах были определены низкие уровни концентраций исследуемых веществ, сравнимые с другими фоновыми станциями, что подтверждает пригодность и привлекательность территории для фоновых наблюдений.

## **Список используемой литературы:**

1. Результаты первичного обследования Камчатского края для целей фонового мониторинга / Е. Е. Саратовцева, Б. Р. Ахметова, В. А. Безденежных, А. В. Рябов // Образование и наука для устойчивого развития : Материалы XVII Международной научно-практической конференции, посвящённая 25-летию Института химии и проблем устойчивого развития Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева. В 2-х частях, Москва, 15–18 апреля 2025 года. – Москва: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2025. – С. 80-82.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ГРАДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Шишкина Т.Р.<sup>1,2</sup>, Анискина О.Г.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «Северо-Западное УГМС», г. Санкт-Петербург, Россия  
tana-sakura@mail.ru

Град является одним из наиболее опасных и трудно прогнозируемых метеорологических явлений, способным наносить значительный экономический ущерб. В условиях глобального изменения климата также изменилось и пространственно-временное распределение града. В последние десятилетия в Северо-Западном федеральном округе (СЗФО) отмечается нетипичное выпадение града весной и осенью. Также выпадение града теперь отмечается и в полярных регионах, что ранее не наблюдалось [1].

Дополнительным фактором, влияющим на процессы градообразования, являются урбанизированные территории, которые существенно модифицируют термический и динамический режим атмосферы.

Для исследования данных изменений применялось гидродинамическое моделирование с использованием модели WRF-ARW и специализированного модуля WRF-HAILCAST. Этот модуль позволяет детально описывать рост градин с учетом сложных микрофизических и динамических процессов их формирования [2, 3].

Для анализа были проведены численные эксперименты с различными параметризациями физических процессов. Исследовался случай града в Санкт-Петербурге 03 июля 2023 года. Наиболее точно град воспроизводится в модельных экспериментах с комбинациями Goddard+BEP+MYJ и Goddard+BEM+MYJ локализация града совпала с фактической, однако диаметр смоделированных градин составил 10–15 мм, что превышает наблюдаемый диаметр в 2-3 раза.

## **Список использованной литературы:**

1. Шишкина Т.Р. Анализ и прогноз особенностей образования града с использованием WRF-ARW. Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2025». [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, 2025.
2. Adams-Selin R. D Forecasting hail using a one-dimensional hail growth model within WRF / R. D. Adams-Selin, C. L. Ziegler // Monthly Weather Review, 2016. – Т. 144 – № 12. – P. 4919-4939.
3. Maulana M. I. S. Comparison of Microphysics Schemes on WRF- HAILCAST Model to Study Hailstone in Aeronautics (Case Study: Hail Strike on AirAsia A320-200, November 16, 2018) / M. I. S Maulana, A. Kristianto // JPSE, 2023. – 8. – P. 20-35.

# ДААННЫЕ СО СПУТНИКОВ GRACE И GRACE-FO ПО РЕГИОНУ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Зотов Л.В.<sup>1,2</sup>, Орехова А.А.<sup>3</sup>, Фролова Н.Л.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ГАИШ МГУ <sup>2</sup>НИУ ВШЭ, Москва, Россия

<sup>3</sup>Филиал МГУ в г. Баку, <sup>4</sup>Географический факультет МГУ

Миссии GRACE (2002-2017) и GRACE-FO (2018 – по настоящее время) основаны на паре спутников-близнецов, следующих друг за другом с интервалом в 230 км на высоте 450 км над Земной поверхностью. Измерения дальности и ее производной осуществляются микроволновыми и лазерными дальномерами и, вместе с данными акселерометра, GPS, звездных датчиков и др, дают после обработки ежемесячные разложения гравитационного поля Земли по сферическим функциям до 96 степени и порядка. Построенные на их основе карты аномалий масс позволяют отслеживать и прогнозировать региональные тенденции, изучать влияние глобальных изменений климата на гидрологические и океанические процессы.

Мы представим результаты изучения перераспределения масс в прикаспийском регионе на основе данных спутников GRACE и GRACE-FO, сравним изменения гравитационного поля с данными сводной спутниковой альтиметрии, проанализируем сток Волги и других рек с целью выяснения причин снижения уровня Каспийского моря. Также будут представлены некоторые результаты по Черноморскому региону.

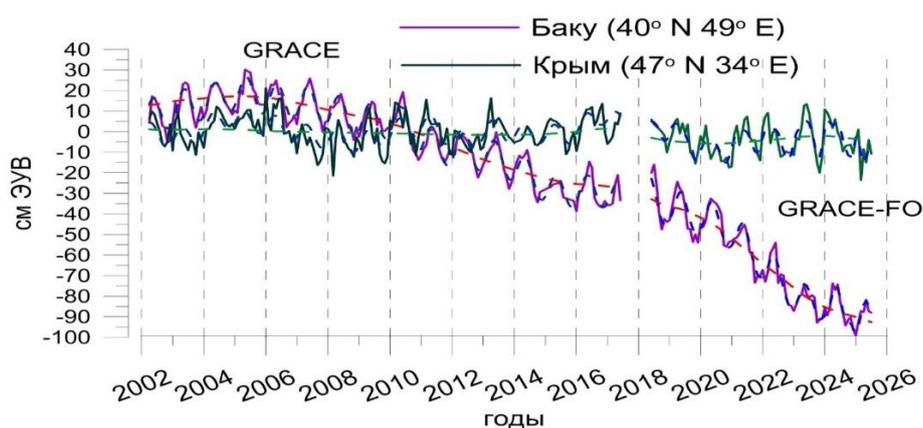


Рис. 1: Изменения масс (тренды) по GRACE и GRACE-FO в Баку (точка с координатами 40° СШ 49° ВД), и в Крыму, (45°СШ 34° ВД), переведенные в сантиметры эквивалентного уровня воды (ЭУВ).

Благодарности: Исследование было проведено в рамках государственного задания Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

## Список используемой литературы:

1. Зотов Л. Вращение Земли и климатические процессы, Москва, МИЭМ НИУ ВШЭ, 2022.
2. Zotov L., Frolova N.L., Orehova A.A., Yushkin V.D., GRACE & GFO satellites data for Caspian Sea Region, proceedings of ITNT-2025 conference, Samarkand, 2025
3. 3 Zotov L. Could the mass changes from GRACE and GFO explain recent anomalies in the Earth rotation, GRACE/GRACE-FO science team meeting, Texas, 2025  
<https://cpaess.ucar.edu/meetings>

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ ПО ДОСТИЖЕНИИ УМЕРЕННЫХ ШИРОТ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ

*Колотова Т.В., Волобуева О.В.*

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург  
[Tamarikz@yandex.ru](mailto:Tamarikz@yandex.ru)

В условиях изменения климата участились случаи выхода тропических циклонов (ТЦ) в умеренные широты, где их взаимодействие с полярным фронтом приводит к формированию мощных внетропических циклонов. Эти вихри определяют возникновение опасных погодных явлений в Западной Европе, что обуславливает необходимость детального изучения механизмов их усиления.

Цель работы проанализировать механизм энергетического взаимодействия ТЦ с внетропическими циклонами и оценить его влияние на усиление последних на примере тропических циклонов «Офелия» (2017) и «Ванда» (2021).

В основу исследования лег комплексный синоптический анализ, включающий:

- анализ приземных синоптических карт и карт абсолютной топографии АТ-500;
- использование спутниковой информации в канале водяного пара (6.2 мкм), которая позволяет визуализировать перенос влажных воздушных масс в верхней тропосфере.

Ключевые результаты:

Спутниковые снимки в канале водяного пара наглядно продемонстрировали, как тропические циклоны при взаимодействии с полярным фронтом выступают донорами теплой и насыщенной влагой воздушной массы для внетропических циклонов. Этот процесс визуализируется в виде «атмосферных рек» – вытянутых потоков с повышенным содержанием водяного пара (Рисунок 1).

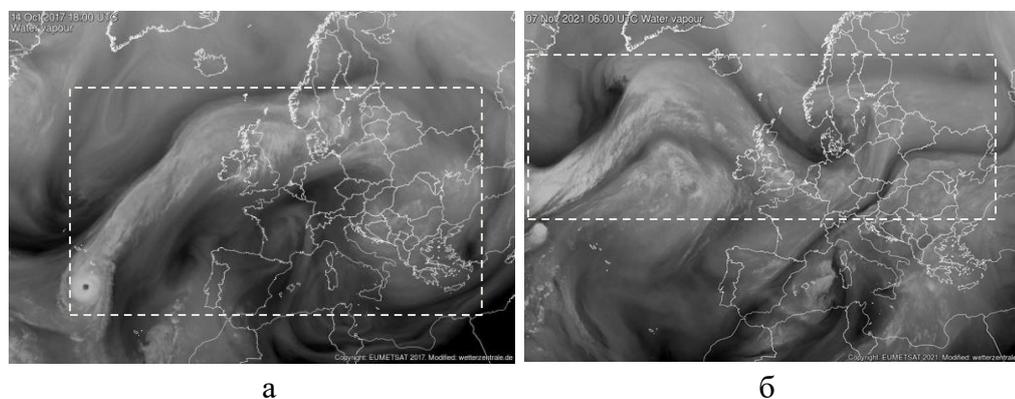


Рисунок 1 - Тропические циклон, канал водяного пара (а-Ophelia, б-Wanda).

Главным следствием взаимодействия является значительное усиление внетропических циклонов. Поступление дополнительной энергии из тропической системы служит катализатором для активизации внетропического вихря, что выражается в его быстром углублении и расширении зоны влияния.

Вывод: Проведенное исследование подтвердило, что взаимодействие тропических циклонов с внетропической циркуляцией является одним из ключевых факторов, определяющим формирование глубоких и опасных циклонов в Северной Атлантике.

### **Список использованной литературы:**

1. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. Ленинград. Гидрометеиздат; 1991 г. 616с.
2. Нестеров Е.С. Похил А.Э. Федоренко А.В. Об особенностях формирования глубоких циклонов в Северной Атлантике в осенний период. Москва. Гидрометцентр; 2019 г. 10 с.
3. Национальный центр ураганов и Центрально-тихоокеанский центр ураганов. [Электронный ресурс]: <https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/index.php?season=2023&basin=at>
4. Архивы повторного реанализа. [Электронный ресурс]: [wetterzentrale.de](http://wetterzentrale.de)

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРНЫХ ЦИКЛОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Щербакова Ю.Е., Анискина О.Г.*

Российский государственный гидрометеорологический университет,  
г. Санкт-Петербург, Россия, oneskoula9@gmail.com

Полярные циклоны – это мезомасштабные барические системы с небольшим периодом жизни, которые чаще всего возникают в зимнее время года над границей раздела между открытой морской поверхностью и морским льдом [Listowski C, 2020, Moreno-Ibáñez M, 2021]. Погода в полярных мезоциклонах характеризуется высокими скоростями ветра (иногда выше 30 м/с) и интенсивными осадками, что может приносить огромный ущерб прибрежным территориям, морским нефтяным платформам и судам. Протяженность по горизонтали полярных мезомасштабных циклонов не превышает 1000 км. За счет небольшого масштаба такой мезомасштабный процесс плохо идентифицируется и предсказывается, а наземные и морские станции имеют ограниченные данные, поэтому основным источником информации являются спутниковые наблюдения [Moreno-Ibáñez M, 2021, О. Г. Анискина, 2016].

Другим методом изучения и прогноза эволюции полярных мезоциклонов является гидродинамическое моделирование, которые на основе данных наблюдений, в том числе и спутниковым, законов физики и математического аппарата помочь в исследованиях и прогнозах метеорологических процессов, связанных с полярными циклонами [Варенцов М.И, 2016].

В данной работе исследования полярных мезомасштабных циклонов проводится на основе численной мезомасштабной модели WRF-ARW [Wei Wang, 2007]. Модель WRF-ARW представляет собой численную негидростатическую систему моделирования атмосферы и специально разработана для метеорологических исследований и может охватывать широкий спектр процессов в атмосфере в масштабах от сотен метров до глобальных.

В данном исследовании рассматривается полярный циклон, которые образовался над морской поверхностью 12 марта 2024 года на юго-востоке от острова Шпицберген и существовал около суток. Такой тип полярного циклона называется сигнатура карусель. Обычно возникает в тыловых частях циклона синоптического масштаба с системой холодного ядра.

Проведена верификации результатов моделирования по данным спутниковых снимков и реанализу. Доказана возможность использования модели WRF-ARW для исследования полярных мезомасштабных циклонов.

## **Список использованной литературы:**

1. Listowski C. New Insights Into the Vertical Structure of Clouds in Polar Lows, Using Radar-Lidar Satellite Observations / C. Listowski , M. Rojo, C. Claud, J. Delanoë, J.-F. Rysman, Q. Cazenave, and G. Noer //Oslo, Norway: Research University, Sorbonne University, 2020. — С. 9.
2. Moreno-Ibáñez M. Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography / M. Moreno-Ibáñez,

- R. Laprise, P. Gachon // Stockholm: The International Meteorological Institute, 2021. — С. 32.
3. О. Г. Анискина, Е.В. Заболотских, Б. Шапрон Моделирование эволюции полярных циклонов с использованием данных спутниковой микроволновой радиометрии [Текст] / О. Г. Анискина, Е.В. Заболотских, Б. Шапрон // Исследование земли из космоса. — 2016. — № 3. — С.
  4. Варенцов М.И. Оценка качества воспроизведения полярных мезоциклонов по данным реанализов и результатам регионального климатического моделирования / М.И. Варенцов, П.С. Веземская, Е.В. Заболотских, И.А. Репина. – 2016. – С. 25.
  5. Wei Wang, Dale Barker, John Bray, Cindy Bruyère, Michael Duda, Jimmy Dudhia, Dave Gill, John Michalakes ARW Version 2 Modeling System User`s Guide [Текст] / Wei Wang, Dale Barker, John Bray, Cindy Bruyère, Michael Duda, Jimmy Dudhia, Dave Gill, John Michalakes — . — : , 2007 — 192 с.

# ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ТРЕНДЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ И АНТИЦИКЛОНОВ В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ ПО ДАННЫМ РЕАНАЛИЗА ERA5

*Антипина У.И.<sup>1,2</sup>, Акперов М.Г.<sup>1,3</sup>, Голицын Г.С.<sup>1</sup>, Семенов В.А.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля

<sup>3</sup>Институт географии РАН, Москва, Россия

[ant.uly@yandex.ru](mailto:ant.uly@yandex.ru)

Циклоны и антициклоны играют важную роль в общей циркуляции атмосферы и в формировании погодной изменчивости во внетропических широтах [Hartmann et al., IPCC, 2013; Интенсивные атмосферные вихри ..., 2018]. Для последних десятилетий исследованы характеристики циклонической и антициклонической активности в атмосфере Северного полушария с учетом их вертикальной структуры, в том числе траектории циклонов и антициклонов, их глубина, продолжительность, интенсивность и частота на различных уровнях давления в атмосфере.

Для анализа характеристик атмосферных циклонов и антициклонов во внетропических широтах ( $>20^\circ$ ) Северного полушария использовались высоты изобарической поверхности 1000, 925, 850, 700, 600, 500, 300, 200 гПа по данным реанализа ERA5 с шагом по времени 6 часов и горизонтальным пространственным разрешением 0.250 для периода 1979-2024 гг. Для идентификации циклонов и антициклонов использовался объективный метод идентификации вихрей, с помощью которого строились траектории как по пространству и по высотам в атмосфере.

Количество циклонов и антициклонов и их характеристики меняются в зависимости от высоты. Показано, что количество и свойства вихревых образований существенно зависят от анализируемой высоты изобарической поверхности: максимальная повторяемость циклонов наблюдается у поверхности, затем снижается с высотой, с выраженным вторичным максимумом на уровне 500 гПа. Уменьшение антициклонов происходит гораздо быстрее с высотой в сопоставлении с циклонами.

Проанализирована связь циклонов и антициклонов с вариациями приповерхностной температуры (минимальная, средняя, максимальная), ветра (максимальная, средняя) и количества осадков. В работе также анализировались тренды характеристик циклонов и антициклонов, включая их сезонную и многолетнюю изменчивость.

## Список используемой литературы:

1. Hartmann, D. L., Klein Tank, A. M. G., Rusticucci, M., Alexander, L. V., Brönnimann, S., Charabi, Y. A. R., Dentener, F. J., Dlugokencky, E. J., Easterling, D. R., Kaplan, A., Soden, B. J., Thorne, P. W., Wild, M., & Zhai, P. (2013). Observations: Atmosphere and surface. In *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis* (Vol. 9781107057999, pp. 159-254). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.008>
2. Интенсивные атмосферные вихри и их динамика. Под ред. И. И. Мохова, М. В. Курганского, О. Г. Чхетиани. М.: Геос, 2018. 482с ISBN 978-5-89118-764-1

# ПОТЕПЛЕНИЕ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА В 1940–2099 ГОДЫ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ И МОДЕЛЯМ СМIP6

Серых Илья Викторович<sup>1</sup>, Крашенинникова Светлана Борисовна<sup>2</sup>

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

ФИЦ Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь

Н

В работе показано, что температура над акваторией Черного моря увеличивается медленнее, чем над окружающими территориями. Так в период 1982–2023 гг. в исследуемом регионе происходило увеличение температуры по реанализу ERA5 и по данным OISSTv2 со средней скоростью  $0,57 \pm 0,06$  °C и  $0,45 \pm 0,15$  °C за 10 лет соответственно, что согласуется с полученными ранее результатами (Гинзбург и др., 2021). По данным метеостанций Крыма получено увеличение температуры на  $0,2–1,1$  °C за 1940–1981 гг., на  $2,1–3,1$  °C за 1982–2023 гг. и на  $1,8–2,6$  °C за весь период 1940–2023 гг. (Серых и Крашенинникова, в печати). Наибольшее увеличение температуры отмечено на западном побережье Крыма, наименьшее – в районе южного берега и восточной части Крыма.

По данным ERA5 в период 1940–1981 гг. температура Азово-Черноморского региона увеличивалась слабо на  $0,13 \pm 0,11$  °C за 10 лет. По результатам расчётов в эксперименте Historical за 1940–1981 гг. температура воздуха в Азово-Черноморском регионе менялась слабо ( $-0,09 \pm 0,14$  °C за 10 лет). Позднее, в 1982–2023 гг. модели воспроизводят увеличение температуры ( $0,48 \pm 0,17$  °C за 10 лет), близкое к наблюдаемому по данным NOAA OISSTv2. Таким образом, можно сделать вывод, что начавшееся в 1980-х гг. быстрое потепление Азово-Черноморского региона вызвано в основном влиянием внешних сил на глобальную климатическую систему. Основанием для этого является то, что увеличение температуры исследуемого региона началось после, и скорее всего как следствие, наблюдаемого приблизительно с середины 1970-х гг. повышения глобальной температуры, которое воспроизводится средним по ансамблю моделей СМIP6 с подавленной естественной климатической изменчивостью, но единым для всех моделей внешним форсингом.

По ансамблю моделей СМIP6 были построены проекции изменений температуры Азово-Черноморского региона до конца XXI века при различных сценариях SSP эмиссии парниковых газов. В соответствии с этими проекциями к концу XXI века потепление Азово-Черноморского региона составит от  $1,5 \pm 0,6$  °C (при сценарии SSP1-2.6) до  $4,3 \pm 0,9$  °C (при сценарии SSP5-8.5). В ближайшие 30 лет значения температуры в малой зависимости от сценария SSP вырастут на величины от  $1,1 \pm 0,4$  °C до  $1,4 \pm 0,4$  °C. Таким образом, ансамбль 33 моделей СМIP6 демонстрирует повышение температуры во всем Азово-Черноморском регионе к концу XXI века при любом из рассмотренных сценариев SSP учитывая межмодельный разброс. Причем повышение средней температуры исследуемого региона, как в ближайшие десятилетия, так и к концу XXI века демонстрируют все рассмотренные модели СМIP6. При этом указанное увеличение температуры не равномерно по площади: оно сильнее проявляется на суше исследуемого региона (включая прибрежные районы) и слабее – в центральной акватории Черного моря.

Работа выполнена в рамках гранта Минобрнауки РФ № 075-15-2024-657.

## Список литературы:

Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Серых И.В., Лебедев С.А. Климатические изменения гидрометеорологических параметров Черного и Азовского морей (1980–2020 гг.) // Океанология. – 2021. – Т. 61. – № 6. – С. 900-912.

Серых И.В., Крашенинникова С.Б. Климатические изменения температуры Азово-Черноморского региона в 1940–2099 годы по данным наблюдений и моделям СМIP6. Метеорология и гидрология. В печати.

# КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТА МИТИГАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Тихомирова Е.И., Евдокимова А.А.*

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

г. Саратов, Россия

tichomirova\_ei@mail.ru

Аннотация. Глобальное изменение климата планеты является одной из наиболее острых проблем современности. Прогнозируемые климатические риски требуют от региональных властей разработки и обоснования специальных адаптационных мер. В Саратовской области успешно реализуется проект митигации климатических изменений.

Ключевые слова: климатические риски, митигация, адаптация, лесные насаждения.

Саратовская область – субъект Российской Федерации, входит в состав Приволжского федерального округа; на юго-востоке региона проходит государственная граница России с Республикой Казахстан. Саратовская область – это единственный регион в России, соединяющий в себе три зоны: лесостепь, степь, полупустыня. Большая часть региона (80%) расположена в степной зоне. Климат – умеренно-континентальный, ярко выражены сезоны.

Аридные регионы являются одними из уязвимых к изменению климата, особенно при сочетании трендов к увеличению температуры и к уменьшению осадков. В последние десятилетия климат Саратовской области стал теплее и суше; увеличились температура и количество зимних осадков в холодный сезон года; летние осадки стали чаще иметь ливневый характер; сдвинулись сроки сезонов года. В этой связи основные риски, обусловленные климатическими факторами, ведут к росту количества экстремальных температур во все сезоны, сдвигу сезонов года и опустыниванию территорий; фито-сукцессионные и водно-эрозионные процессы способствуют снижению природно – хозяйственной ценности земель. Потери урожайности с/х культур ведет к тотальной угрозе продовольственной безопасности региона. Для обозначенных проблем есть потенциальные пути решения климатическим вызовам. Это снижение развития линейной эрозии; сохранение почвенно-растительного покрова и улучшение климатических условий за счет увеличения площади противоэрозионных и полезащитных лесных насаждений; расширение лесомелиоративных мероприятий в лесостепной и степной зонах, вокруг и вдоль овражно-балочной и долинной сетей, автомобильных и железных дорог. Повышению плодородия почв будет способствовать выращивание наиболее засухоустойчивых культур, которые позволят решить вопросы продовольственной безопасности; а митигацией процесса послужит увеличение площади плодовых и косточковых в южной лесостепи на Приволжской возвышенности.

С 2023 года в Саратовской области реализуется проект увеличения площади лесных насаждений, как один из методов адаптации народного хозяйства и населения Саратовской области к глобальному изменению климата. Губернатор Саратовской области Р.В. Бусаргин уже поставил задачу по ежегодному увеличению площади лесов региона не менее чем на 4000 га. Имеется устоявшаяся практика привлечения экологических организаций, которые готовы участвовать в реализации проекта, наличие достаточного количества питомников с подходящим посадочным материалом: сосна обыкновенная, дуб, ясень, аморфна (кустарник) для создания лесных посадок на землях лесного фонда, а также на прогалинах, вырубках, гарях и прочих местах. Просчитаны так же возможные риски проекта: в связи с высокой пожароопасностью и увеличением засухи необходима установка автоматических станций слежения за задымлением, обновление пожарной техники и проведение противопожарных мероприятий. Соответственно, проект митигации в Саратовской области имеет все возможности для его успешной реализации, улучшения качества окружающей среды, увеличение поглощения CO<sub>2</sub> создаваемыми лесами.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО АРЕАЛА КЛЕЩА ПАВЛОВСКОГО *Ixodes pavlovskyi* И ЕГО ИЗМЕНЕНИЙ В КОНЦЕ XX - НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ

Попов И.О.<sup>1,2</sup>, Попова Е.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им.акад. Ю.А.Израэля», Москва, РФ

<sup>2</sup>ФГБУН «Институт географии РАН», Москва, РФ

[igor\\_o\\_popov@mail.ru](mailto:igor_o_popov@mail.ru); [en\\_popova@igras.ru](mailto:en_popova@igras.ru)

Клещ Павловского *Ixodes pavlovskyi* Pomerantsev, 1946 – эктопаразит широкого ряда видов птиц и млекопитающих, включая человека (Филиппова, 1977). Является переносчиком возбудителей клещевого вирусного энцефалита, боррелиоза и других трансмиссивных заболеваний. Ареал *I. pavlovskyi* делится на две четко выраженные части: сибирскую и дальневосточную. Кроме России, этот вид распространен в Казахстане, Киргизии, Японии и Китае. За последние десятилетия отмечается расширение территории его распространения, особенно в Западной Сибири (Якименко и др., 2013).

Была построена модель климатического ареала (потенциальной территории распространения, обусловленной климатическими факторами) *I. pavlovskyi* за три периода: 1961-1980, 1981-2000 и 2001-2020, в течение которых наблюдаются значительные изменения климата. Моделирование проводилось с использованием алгоритма MaxEnt. На основе литературных источников и баз данных была идентифицирована 81 точка обнаружения. В качестве предикторов использовались биоклиматические параметры BIOCLIM, поскольку климат, по-видимому, является основным фактором, ограничивающим распространение *I. pavlovskyi*. Были выбраны пять биоклиматических параметров с наименьшими попарными корреляциями и определены функции трансформации предикторов, дающие наилучшее качество моделей. Использовались три метрики качества моделирования: скорректированный информационный критерий Акаике (AICc), индекс Бойса и AUC.

В результате проведенного моделирования в дополнение к известным областям распространения клеща Павловского были выявлены новые потенциальные территории с высокой пригодностью в России (южный Урал, Иркутская область, Республика Тыва), Японии (о. Хонсю), Центральной Азии (север Казахстана, запад Киргизии, Таджикистан), на Кавказе и в Китае (в северо-западных, северо-восточных областях и в Тибете). Также выявлены пригодные для распространения области в Канаде и на севере США. Согласно полученным результатам, наибольшие изменения климатического ареала *I. pavlovskyi* за исследуемые периоды произошли в северо-западной части ареала клеща - в Сибирском регионе России, где область высокой пригодности очень существенно расширилась в северо-западном и северо-восточном направлениях в период 2001-2020 гг. (Красноярская, Новосибирская, Томская и Кемеровская области). В других регионах мира территория потенциального распространения *I. pavlovskyi* изменилась незначительно. Было выявлено, что наибольшее значение для построения модели имеет среднегодовая температура, далее следуют сезонность осадков и годовое количество осадков.

Исследование выполнено при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

## Список литературы:

1. Филиппова Н. А. Фауна СССР. Паукообразные. Том IV, Выпуск 4. Иксодовые клещи подсем. Ixodinae. – Ленинград: Наука, 1977. 409 с.
2. Якименко В.В., Малькова М.Г., Шпынов С.Н. Иксодовые клещи Западной Сибири: фауна, экология, основные методы исследования. – Омск: ООО ИЦ «Омский научный вестник».

## ПРОГНОЗ ОТЦА ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ М.И. БУДЫКО

Зимов С.А.

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

[sazimov55@mai.ru](mailto:sazimov55@mai.ru)

Президент Байден сказал, что потепление страшнее ядерной войны. А Трамп – что это сплошной обман. Американская академия осудила Трампа, а российская выступила против ратификации и Киотского протокола и Парижского соглашения. Верить надо тем, кто не ошибается в своих прогнозах. Таким был отец глобального потепления М.И. Будыко. В 1971 году на съезде климатологов он объявил, что оно начинается. Все западные климатологи предсказывали похолодание, и встретили это выступление с негодованием. Однако, вскоре потепление стало заметно, и его признали во всем мире. Модель Джеймса Хансена и другие западные модели предсказывали, что потепление вызовет засухи и голод. В итоге был принят Киотский протокол, и CO<sub>2</sub> стал главной угрозой цивилизации. Однако в то время в мировых СМИ обсуждали и прогноз Будыко: «Советский климатолог предсказывает парниковый рай». Будыко предсказывал, что климат на всех широтах станет комфортнее, усилятся дожди, пустыни зазеленеют, и везде будут собирать небывалые урожаи. С тех пор содержание CO<sub>2</sub> выросло в 1,5 раза, и уже можно увидеть чей прогноз сбывается.

Средняя температура на Земле поднялась на 1 градус. При этом, чем дальше от экватора, тем сильнее. России досталась львиная доля глобального потепления. У нас теплеет в 2,7 раза сильнее, чем в среднем на планете, а на Таймыре в 5. Поэтому жителям жарких стран достались крохи или ничего. Так, в Нью-Дели, это одно из самых жарких мест, нет никакого потепления. Больше всего проблем возникает, когда меняются экстремальные температуры – жара становится палящей, а морозы лютыми. Все происходит в соответствии с прогнозом Будыко. По всему миру ослабли морозы, зимы стали короче, летом стало меньше холодных дней и ночей. А экстремальные летние температуры нигде не выросли. Климат стал комфортнее. Исключение – мегаполисы, в которых почти не осталось зелени.

Главный критерий качества климата – урожайность зерновых. Они к нему более требовательны. Если урожайность растет, значит, климат становится комфортнее для растений, а значит, и человека. Западные глобалисты всех пугают голодом. Но за последние десятилетия урожайность по всему миру выросла почти в 3 раза, и особенно сильно в засушливых странах. Независимо от агротехники урожаи растут параллельно росту CO<sub>2</sub>. Единственный источник углерода для всех растений – это CO<sub>2</sub>. Его рост пропорционально снижает потребность растений в воде. В ходе эволюции углерод из атмосферы и биосферы уходил в недра, и концентрация CO<sub>2</sub> снижалась. Как писал Будыко: «Сегодня, сжигая уголь и нефть, мы омолаживаем биосферу, возвращаем ее в высокоплодородное состояние».

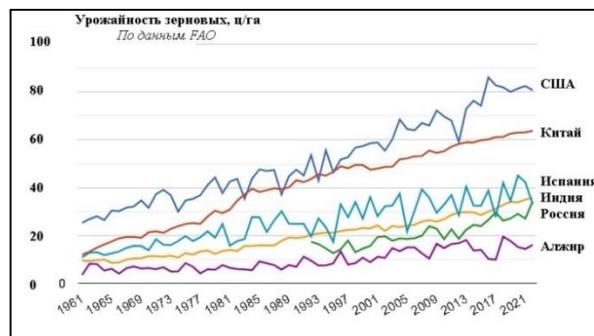


Рис. 1. Экстремальные температуры в США (в том числе, возле штаб-квартиры ООН, Белого дома и поместья Мар-о-Лаго) и глобальный рост урожайности.

Подробнее написано в статьях в «Российской газете».

## МНОГОЛЕТНИЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ПАРЦИАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КИСЛОРОДА В ВОЗДУХЕ НА КРЫМСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

*Абазова С.В.<sup>1</sup>, Евстигнеев В.П.<sup>2</sup>, Власенко С.В.<sup>1</sup>*

ГБУЗ РК «Научно-исследовательский институт детской курортологии, физиотерапии и медицинской реабилитации», г. Евпатория, Россия

[bioklimaticheskaya@mail.ru](mailto:bioklimaticheskaya@mail.ru)

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

[vald\\_e@rambler.ru](mailto:vald_e@rambler.ru)

ГБУЗ РК «Научно-исследовательский институт детской курортологии, физиотерапии и медицинской реабилитации», г. Евпатория, Россия

[vlasenko65@rambler.ru](mailto:vlasenko65@rambler.ru)

Климатогеографические особенности места обитания человека всегда были важнейшим фактором, влияющим на его здоровье. Погодно-климатические особенности местности способны вызывать выраженные в разной степени функциональные изменения в организме, называемые метеопатическими (метеотропными) реакциями, которые зависят не только от колебаний погодных условий, но и от индивидуальных особенностей функционального состояния организма, сопутствующих заболеваний и прочих факторов. К числу важнейших факторов внешней среды, обеспечивающих оптимальную физиологическую деятельность организма, относят содержание кислорода в приземном слое атмосферы. От его количественных и качественных характеристик прямо зависят процессы дыхания человека, включая поглощение кислорода из воздуха, доставку его к тканям и окислительные процессы на тканевом, клеточном и молекулярном уровнях. Самочувствие людей определяется не концентрацией кислорода в воздухе, а его весовым содержанием в единице объёма – парциальной плотностью кислорода воздуха ( $pO_2$ ). Медико-биологические данные свидетельствуют о прямой зависимости кислородной обеспеченности организма от метеорологических условий. Атмосферное давление, температура и влажность воздуха определяют  $pO_2$ .

В работе были рассчитаны среднемесячные величины  $pO_2$  на Крымском полуострове за период 1953-2024 гг. по данным многолетних метеорологических наблюдений на метеостанциях Крымского полуострова. Проанализированы изменения и определена межгодовая и сезонная динамика изменчивости данного показателя в регионе. Так, при анализе временной изменчивости среднегодовых значений  $pO_2$  на Крымском полуострове отмечена значимая тенденция к снижению показателя, начиная с 1990-х годов, со скоростью около  $-0,095 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{год}^{-1}$  (уровень значимости  $\alpha=1\%$ ), причем до 1990 года долговременные изменения в ряду значений  $pO_2$  практически отсутствовали. Выявленная тенденция является откликом региональной климатической системы на глобальные климатические изменения. Анализируя суточные особенности изменения парциальной плотности кислорода, можно сказать, что она увеличивается в ночные и предутренние часы; говоря о сезонной тенденции, можно сделать вывод, что парциальная плотность кислорода возрастает в осенне-зимнее время. Кроме ритмичных (суточных и сезонных) периодических колебаний плотности кислорода в воздухе, наблюдаются её неперіодические изменения, связанные с циркуляционными процессами в атмосфере.

Средняя многолетняя величина парциальной плотности кислорода в воздухе на Крымском полуострове колеблется в пределах от 299,3 г/м<sup>3</sup> (январь) до 270,0 г/м<sup>3</sup> (июль). Минимальная

парциальная плотность кислорода в воздухе на Крымском полуострове наблюдается в летнем сезоне (средняя многолетняя величина – 271,5 г/м<sup>3</sup> ), максимальная – зимой (298,7 г/м<sup>3</sup> ); в весенний и осенний периоды средние величины отличаются незначительно (287,2 и 285,1 г/м<sup>3</sup> соответственно).

Полученные результаты являются обоснованием для комплексного подхода к профилактике метеотропных реакций для населения с учётом тенденций сезонных и суточных изменений данной величины. Проведенный анализ архивных материалов позволяет уточнить динамику и сезонные особенности парциальной плотности кислорода в воздухе на Крымском полуострове, что, несомненно, имеет большое практическое значение, в том числе для составления медицинских типов погоды.

# ПРОБЛЕМА ПРОВАЛОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА

*Антипенко А. В.*

ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела» (РАНИМИ), г. Донецк, Россия  
ministrxp@mail.ru

Проблема повреждений земной поверхности, вызванных влиянием горных работ – одна из наиболее серьезных проблем, с которыми сталкиваются регионы ведущие подземную разработку месторождений полезных ископаемых. Основная опасность таких явлений обусловлена их внезапностью, высокой сложностью прогнозирования, а также серьёзными последствиями для объектов земной поверхности. Внезапные оседания и провалы нарушают условия безопасной эксплуатации зданий, сооружений и объектов инфраструктуры, вплоть до их полного или частичного разрушения, что создает непосредственную угрозу жизни и безопасности населения.

Для Донбасса, региона с длительной историей подземной добычи угля, эта проблема крайне остра и актуальна. Многие населённые пункты расположены на территориях, многократно подработанных на разных глубинах. Даже спустя десятилетия после завершения горных работ, старые выработки представляют опасность. Основные причины – усадка или уход закладочного материала, в том числе, по причине нарушения гидростатического режима подземных вод, вызванного массовым затоплением закрытых угольных шахт.

С целью оценки рисков повреждения земной поверхности, в рамках научной темы FRSR-2024-0001, проводится создание карты провалоопасных зон г. Донецка с использованием методов искусственного интеллекта. Ранее разработанная нейросетевая модель показала эффективность на полях шахт Донецко-Макеевского, Торезско-Снежнянского, и Гуково-Зверевского районов Донбасса. Применение нейросети позволило сократить количество потенциально опасных участков земной поверхности на 30–50 %, а площадь территорий, выводимых из обихода – на 45–60 % по сравнению с нормативной методикой [1].

Для доработки нейросети в плане более точного прогноза времени реализации провала, был выполнен анализ более 13 тысяч горных выработок Донбасса и зафиксировано 325 случаев повреждения земной поверхности. В результате анализа установлены следующие закономерности:

- наиболее часто повреждения земной поверхности происходят над наклонными (61,5%) и вертикальными (25,8%) выработками;
- главные факторы повреждения, это малая глубина (до 40 м), слабые вмещающие породы, обводненность массива и качество ликвидационных работ.
- большая часть случаев повреждения земной поверхности произошла через 61–80 лет после ликвидации горных выработок.

Проблема оценки рисков провалообразования подработанных территорий будет еще долго сохранять актуальность, особенно в свете массового закрытия шахт и перераспределения гидростатического баланса. Использование нейросетей даст возможность повысить точность прогнозов, локализовать риски и оптимизировать защитные мероприятия, что особенно важно для техногенно-нагруженных территорий Донбасса.

## **Список использованной литературы:**

1. Хохлов Б. В. Методика построения и обследования зон, опасных по провалам / Б. В. Хохлов, В. А. Дрибан, С. В. Голдин, А. М. Терлецкий, М. Д. Рожко // Труды РАНИМИ: сб. науч. тр. – Донецк, 2019. – № 7 (22). – С. 142-157.

## ДИНАМИКА ПОВТОРЯЕМОСТЕЙ ЗАМОРОЗКОВ И СКОЛЬЗКОСТИ ПО МЕСЯЦАМ В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

*Асыллова Д.Д.<sup>1,2</sup>, Мирсаева Н.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ "УГМС Республики Татарстан", г. Казань, Российская Федерация

[asylova.diana@mail.ru](mailto:asylova.diana@mail.ru)

Цель работы заключается в изучении влияния изменений климатических факторов на климатозависимые отрасли экономики в Удмуртской Республике за период с 1977 по 2021 гг.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- Расчет календарных показателей весенне-осеннего периода года (установление дат начала и окончания заморозков и скользкости, определение продолжительности их периода).
- Расчет основных метеорологических параметров весенне-осеннего периода года (число случаев с заморозком и скользкостью, их повторяемость, непрерывная максимальная продолжительность периода с заморозком).

В качестве исходных данных использовались срочные данные по температуре воздуха и почве, суммам атмосферных осадков и основным метеопараметрам на территории Удмуртской республики (ст. Ижевск, Воткинск, Глазов, Можга, Селты) за период с 1977 по 2021 гг. Данные взяты из климатического архива ВНИИГМИ-МЦД и из архива данных о ДТП по России за 2015 – 2021 гг. (<https://cogisdemo.dataeast.com/portal/samples/dtp>).

В качестве температурного фактора, влияющего на дороги, рассчитывались даты, когда наблюдались понижения температуры почвы до 0°C и ниже на фоне среднесуточных температур воздуха выше 5°C, что в климатологии относится к опасным гидрометеорологическим явлениям теплого времени года – заморозок (РД 52.27.724-2019..., 2019).

Дополнительно отбирались случаи с наличием осадков, выпавших за сутки до даты заморозка, которые можно отнести к весенне-осеннему виду скользкости (Носырева, Жохова, 2015).

По полученным датам рассчитывалась продолжительность периода, в который существует риск возникновения явления весенне-осенней скользкости, ее максимальную непрерывную продолжительность и повторяемость заморозков и скользкости в переходные периоды года.

В результате исследования рассматриваемых параметров получены следующие основные выводы, представленные ниже.

Повторяемость числа заморозков и скользкости на территории Удмуртской Республики за 1977 – 2021 гг. больше всего увеличивается в апреле: в пределах от 5,93 %/10 лет (станция Можга) до 10,17 %/10 лет (станция Воткинск), а повторяемость скользкости изменяется в пределах от 1,89 %/10лет (станция Ижевск) до 3,98 %/10 лет (станция Можга). Наименьшее изменение рассматриваемых параметров отмечается в сентябре: в пределах от -0,71 %/10 лет (станция Ижевск) до 1,44 %/10 лет (станция Глазов), а повторяемость скользкости - в пределах от -0,09 %/10 лет (станция Можга) до 0,59 %/10 лет (станция Глазов). На станции Ижевск отмечается наименьшее изменение динамики повторяемостей заморозков и скользкости за все месяцы, что обусловлено тем, что данный город является столицей Удмуртской Республики. Наибольшее изменение повторяемостей заморозков и скользкости отмечается на станции Глазов, что может быть объяснено тем, что это самая северная станция Удмуртской Республики.

**Список используемой литературы:**

1. РД 52.27.724-2019 Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения / ФГБУ «Гидрометцентр России». – М.: АМА- ПРЕСС, 2019. – 72 с.
2. Носырева О.В., Жохова Д.А. Режим осадков в теплый период года на территории юга Западной Сибири / Материалы международной научной конференции «Климатология и гляциология Сибири». - 2015. - С. 307 – 309.

## **МНОГОЛЕТНИЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВТОРЯЕМОСТИ ОПАСНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В КРЫМСКОМ РЕГИОНЕ В XXI ВЕКЕ**

*Бурлаку Виктория<sup>1</sup>, Евстигнеев Владислав Павлович<sup>2</sup>, Воскресенская Елена Николаевна<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

[vald\\_e@rambler.ru](mailto:vald_e@rambler.ru)

Изменение климата является одной из наиболее важных глобальных проблем XXI века, оказывающей существенное влияние на природные и социально-экономические системы. Согласно данным Межправительственной панели по изменению климата (IPCC, 2021), глобальное потепление усиливает проявление экстремальных погодных условий, таких как наводнения, засухи и ураганы. Особенно актуальной является задача прогнозирования и оценки риска опасных метеорологических явлений (ОЯ) в регионах с высокой уязвимостью природной среды. Крым, как уникальный регион с разнообразным климатом и экосистемами, подвержен различным опасным метеорологическим явлениям, влияющих на инфраструктуру, сельское хозяйство и здоровье населения. В связи с этим чрезвычайно актуальной является задача разработки эффективных стратегий адаптации к изменяющимся условиям климата. Однако на современном этапе выполнить такую задачу можно только на основе анализа результатов расчетов глобальных климатических моделей (ГКМ), полученных, например, в рамках эксперимента CMIP6. Несмотря на известные проблемы ГКМ, относящиеся к точности воспроизведения особенностей региональных климатических условий, применение методов эмпирико-статистического даунскейлинга и концепции ансамблевой оценки позволяет снизить неопределенность в региональных оценках, по крайней мере, тенденций обобщенных климатических характеристик.

Цель настоящей работы состоит в разработке эмпирико-статистической модели многолетних изменений повторяемости ОЯ в Крымском регионе на основе результатов расчетов ГКМ проекта CMIP6 и оценке возможных изменений частоты ОЯ в XXI веке в соответствии с двумя сценариями изменения глобального климата SSP2-4.5 и SSP5-8.5. В работе использовались данные по температуре воздуха, количеству атмосферных осадков, скорости ветра по четырем ГКМ: CanESM5, EC-Earth 3, CMCC-ESM2 и MIROC6. На первом этапе данные наблюдений по ОЯ по отдельным группам явлений (осадки, ветер и группа всех видов ОЯ) были обобщены по всему Крымскому полуострову за период 1976-2023 г. Алгоритм статистического моделирования частоты ОЯ включал этапы получения первых шести главных компонент массива метеорологических величин ГКМ у поверхности Земли (в историческом прогоне ГКМ за период наблюдений) и применение метода множественной линейной регрессии к временным коэффициентам разложения в качестве предикторов ряда годовых повторяемостей ОЯ. Следующий этап был посвящен применению построенной эмпирико-статистической модели для оценки тенденций изменения частоты ОЯ на период 2030-2100 гг. по двум сценариям SSP. В итоге представлены результаты расчетов по примененному алгоритму и сделаны выводы о качестве воспроизведения характеристик ОЯ в регионе исследования по данным ГКМ проекта CMIP6.

## ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЧЕРНОГО МОРЯ В ЭПОХУ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

*Вишнев О.Г., Булыгин А.М., Воронцов А.А.*

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных», г. Обнинск, Россия

[vishniovoleg@gmail.com](mailto:vishniovoleg@gmail.com)

Представлены результаты исследования межгодовой и сезонной изменчивости температуры и солености деятельного слоя Черного моря. В качестве исходных использовались данные профилирующих буев (программа АРГО), данные глубоководных судовых измерений, спутниковые данные, а также наблюдения на береговых морских станциях российского сектора Черного моря. Проанализированы изменения гидрологического режима за период с 1982 по 2024 гг.

Выделены периоды уменьшения и роста среднегодовых значений температуры воды. В частности, устойчивый рост температуры верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) в Черном море начался с 1993 года. Период после 1993 года характеризуется наибольшим ростом температуры воды как в ВКС, так и во всем деятельном слое Черного моря. За проанализированный период среднегодовая температура ВКС по морю в целом увеличилась на 2.5 градуса. Изменения температуры ВКС происходили неравномерно по времени и по пространству. В течение 80-х и в начале 90-х годов прошлого века наблюдался даже отрицательный тренд среднегодовых значений с величиной минус 0.051 °С/год. В период с 1993 по 2002 рост температуры наблюдался главным образом в летние месяцы, особенно в июле и августе, когда средняя температура поверхности моря оказалась на 0.9 градуса выше значений в предыдущем десятилетии. Наибольшее потепление зафиксировано в восточной части акватории моря. В последние два десятилетия рост температуры поверхности моря, оцененный по спутниковым данным, оказался более интенсивным в зимний период. Наибольший прирост температуры относительно ее среднего значения наблюдается на глубинах от 50 до 75 метров.

За период после 1993 года выросла температура ядра холодного промежуточного слоя (ХПС). В глубоководной части Черного моря - более чем на 0.5 °С. При этом, уменьшились как толщина ХПС, так и глубина залегания его ядра. В среднем, толщина ХПС уменьшилась на 10 м, что и привело к уменьшению средних значений глубины залегания ядра ХПС. С 2019 года средний минимум температуры ХПС не опускался ниже значения 8.0 °С, за исключением отдельных случаев в весенние месяцы. Тем не менее, промежуточный слой с минимумом температуры в зависимости от сезона на глубинах от 15 до немногим более 100 м, присутствует в большинстве месяцев. Этот слой лучше выделяется в зимний и весенний периоды. С началом весеннего потепления он значительно уменьшается, фактически исчезая в некоторых районах моря.

На протяжении последних десятилетий в Черном море зафиксирован рост солености воды. Положительные значения трендов среднегодовых значений солености характерны как для открытых участков акватории моря, так и для береговой зоны, для которой расчеты выполнены по данным морских прибрежных станций российского сектора Черного моря. Наибольший рост солености наблюдается в южной и восточной части акватории моря, где повышение солености прослеживается до глубин более 150 м. Максимальные изменения среднегодовых значений солености отмечены в августе и сентябре.

### **Список использованной литературы:**

1. Булыгин А.М., Вишнев О.Г. Изменчивость термического режима поверхностного слоя Черного моря по данным спутниковых наблюдений // Труды ВНИИГМИ-МЦД. Выпуск 192. Обнинск, 2024. С. 143-151.

# ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В РАЙОНЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «ВОСТОК» ЗА БОЛЕЕ ЧЕМ ПОЛУВЕКОВОЙ ПЕРИОД ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Гайко Л.А

ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт Дальневосточного отделения РАН,  
Владивосток, Россия

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», Владивосток, Россия

[gayko@yandex.ru](mailto:gayko@yandex.ru)

Биологическая станции «Восток» была создана в 1970 г. одновременно с Институтом биологии моря (ныне Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН), на берегу зал. Восток, и успешно функционирует уже 55 лет (Гайко, 2017). Исследование особенностей термического режима ЮВ части зал. Петра Великого, в которой располагаются заливы Восток и Находка, проведено по данным наблюдений на ГМС Находка Приморского Управления ГМС за 1960–2023 гг. Для исследования межгодовой изменчивости температуры воды и воздуха были построены графики многолетнего хода (рис. 1). С помощью стандартной методики тренд-анализа в ходе температуры и воды, и воздуха на ГМС Находка выявлен значимый положительный линейный тренд. При этом средняя скорость прироста температуры воды составила 0,22°C /10 лет, воздуха – 0,35°C /10 лет, т.е. увеличение температуры воздуха происходит быстрее и более равномерно, чем воды.

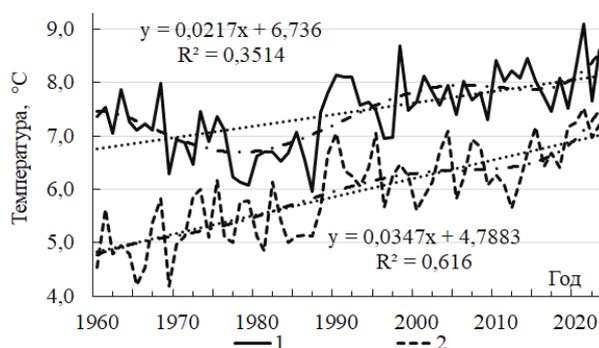


Рисунок – Межгодовой ход температуры воды (1) и воздуха (2) на ГМС Находка

Анализ хода интегрально-разностных кривых аномалий температур от среднего многолетнего значения определил сдвиг в многолетнем ходе температуры с падения на рост в 1988 г. и с 1989 г. начался повсеместный рост температуры обеих сред. Также для температуры воды и воздуха были рассчитаны по среднегодовым значениям базовая I (1961–1990 гг.) и оперативная II (1991–2020 гг.) климатические нормы (таблица 1). Очевидно, что величина норм для температуры и воды, и воздуха, растёт от периода к периоду, что подтверждает увеличение температуры в районе исследования.

Таким образом, положительная тенденция в ходе температуры указывает на стабильное повышение температурного фона в районе исследования, при этом увеличение температуры воздуха происходит быстрее и более равномерно, чем воды.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы ТОИ ДВО РАН, № рег. 124022100079-4.

Таблица 1 – Среднегодовые нормы температуры воды и воздуха на ГМС Находка

Температура воды, °С		Температура воздуха, °С	
I	II	I	II
7,0	7,8	5,3	6,4

**Список использованной литературы:**

1. Гайко Л. А. Гидрометеорологический режим залива Восток (Японское море). Владивосток : ТОИ ДВО РАН, 2017. 250 с.

# РОЛЬ СЕВЕРОАТЛАНТИЧЕСКОГО И ВОСТОЧНОАТЛАНТИЧЕСКОГО КОЛЕБАНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ pH ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЧЁРНОГО МОРЯ

*Гребнева Е.А., Полонский А.Б.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
Lenagrebneva12@gmail.com

Крупномасштабные атмосферные моды, такие как Североатлантическое (САК) и Восточноатлантическое (ВАК) колебания, признаны ключевыми драйверами изменчивости гидрометеорологических условий в Европейско-Черноморском регионе (Hurrell J., 1995; Oguz T., 2005). Однако их влияние на гидрохимические характеристики, в частности на водородный показатель (рН) морских вод, до сих пор оставалось недостаточно изученным в количественном отношении, в первую очередь из-за ограниченности данных натуральных измерений. Данная работа посвящена решению этой проблемы. Цель исследования – комплексная оценка влияния САК и ВАК на пространственно-временную изменчивость поля рН в поверхностном слое Чёрного моря с использованием данных по водородному показателю из биогеохимического ре-анализа CMEMS BS-Biogeochemistry (Grégoire M., 2020). Методология исследования включала проведение корреляционного и композитного анализа между аномалиями индексов САК/ВАК и аномалиями рН на горизонте 0,25 м в глубоководной части моря.

В результате, было выявлено статистически значимое влияние как САК, так и ВАК на поле рН, которое проявляется как квазисинхронно, так и с запаздыванием до 4 месяцев.

Влияние САК наиболее выражено в зимне-весенний период. Показано, что положительная фаза САК (САК+) в январе приводит к формированию значимых отрицательных аномалий рН (до -0,016) в весенние месяцы (март-апрель), преимущественно в западной и северной частях моря. Обнаружена дипольной структуры этих аномалий, которая приурочена к циклоническим круговоротам: на их периферии фиксируются значимые отрицательные аномалии рН, в то время как в центральных частях наблюдаются слабые положительные. Эта пространственная закономерность находит объяснение в противоположно направленных вертикальных движениях вод: подъеме промежуточных вод с более низкими значениями рН в центре круговоротов и опускании на их периферии.

Что касается ВАК, то его влияние оказалось еще более значимым, охватывая большую площадь акватории по сравнению с САК. Наибольший отклик рН наблюдается на мартовские аномалии ВАК, достигая максимума в августе, когда до 57% акватории характеризуется значимыми коэффициентами корреляции. Установлено, что в положительную фазу ВАК (ВАК+) в летне-осенний период формируются устойчивые отрицательные аномалии рН (до -0,015), а в отрицательную – положительные (до +0,01). Основным механизмом влияния САК и ВАК на поле рН является генерация аномалий поля ветра. Эти аномалии, в свою очередь, модифицируют циркуляцию вод Чёрного моря, изменяя интенсивность Основного Черноморского течения и режим вертикальных скоростей, что в конечном итоге и влияет на подъем вод с низким значением рН.

## Список использованной литературы:

1. Hurrell J.W. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation // *Science*. 1995. No. 5224. P. 676–679.
2. Oguz T. Black Sea Ecosystem Response to Climatic Teleconnections // *Oceanography*. 2005. Vol.18. No. 2. P. 122–133.
3. Grégoire M., Vandenbulcke L., Capet A. Black Sea Biogeochemical Reanalysis (CMEMS BS-Biogeochemistry) (Version 1) [Data set]. Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS).2020.  
[https://doi.org/10.25423/CMCC/BLKSEA\\_REANALYSIS\\_BIO\\_007\\_005\\_BAMHBI](https://doi.org/10.25423/CMCC/BLKSEA_REANALYSIS_BIO_007_005_BAMHBI)  
(дата обращения: 13.03.2025).

# РАЗВИТИЕ БАНКА ДАННЫХ ИНСТИТУТА ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Губарев А.В., Валле А.А., Полонский А.Б.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», Севастополь, РФ

alexgub@inbox.ru, ogorodovaa.a@mail.ru, apolonsky5@mail.ru

Известно, что постоянный рост антропогенной нагрузки наносит огромный вред окружающей среде. Наличие современной системы мониторинга позволяет лучше контролировать и, по возможности, предотвращать негативное воздействие. Создание и регулярное пополнение базы гидрометеорологических данных по Черному и Азовскому морям поможет в выявлении долговременных тенденций региональных климатических и экологических параметров, а также их аномалий на различных пространственно-временных масштабах для Черноморского региона. Таким образом, создание современного высококачественного информационного обеспечения научно-исследовательской и мониторинговой деятельности является крайне перспективной и актуальной задачей. Выполнением схожей задачи занимаются ведущие научные организации (ВНИИГМИ-МЦД, МГИ РАН, СО ФГБУ «ГОИН», ЮНЦ РАН), что подтверждает тот факт, что тема действительно актуальна и имеет практическое применение [1].

Ранее в Институте природно-технических систем был сформирован региональный банк океанологических данных, который содержал некоторое количество гидрометеорологической информации [2]. В настоящей работе описывается развитие этого банка за счет пополнения базы данных гидрометеорологической информацией и совершенствования программного обеспечения. Современная версия банка содержит данные, полученные на 34 гидрометеорологических станциях, расположенных в черноморском регионе. Четыре из этих станций представлены массивами стандартных гидрометеорологических наблюдений в основные синоптические сроки (00, 06, 12 и 18 часов по Гринвичу) с 1950 по 2008 гг., а остальные 30 станций – рассчитанные среднемесячные и среднесуточные параметры (речь идет о среднесуточных/среднемесячных величинах, рассчитанных для каждого/каждого суток/месяца каждого года) за более чем столетний период с 1900 по 2010 гг. Также в банк загружены результаты измерений параметров, характеризующих взаимодействие моря с приводным слоем атмосферы, выполненных с 1983 по 2011 гг. в северо-западной части Черного моря на морской стационарной газодобывающей платформе «Голицыно-4» [3]. Банк данных работает на основе свободного программного обеспечения SQLite [4]. К его преимуществам можно отнести удобство в использовании, высокую скорость работы с данными, а также выдачу информации в формате, удобном для пользователя.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Фундаментальные исследования процессов в климатической системе, определяющих пространственно-временную изменчивость морской среды и прилегающих территорий в широком диапазоне масштабов» (№ госрегистрации 124020100120-9).*

## Список литературы

1. Модернизация информационно-технологического узла Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане / Д.А. Мельников, Н.Н. Михайлов, Е.Д. Вязилов [и др.] // Труды Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных. 2024. № 192. С. 7–27.
2. Валле А.А., Губарев А.В., Полонский А.Б. Современное состояние банка океанологических данных Института природно-технических систем // Системы контроля окружающей среды. 2024. № 3 (57). С. 88–98. DOI: 10.33075/2220-5861-2024-3-88-98

3. *Гармашов А.В., Полонский А.Б.* Изменчивость ветра в северо-западной части Черного моря по данным наблюдений на морской стационарной платформе // *Метеорология и гидрология*. 2011. № 12. С. 52–62.
4. <https://www.sqlite.org/>

## СОВРЕМЕННЫЙ РЕЖИМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Ормели Е.И., Ерова В.И.*

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет  
имени Н.Г. Чернышевского», г. Саратов, Россия  
erovaviktoria45@gmail.com

Саратовская область является важным аграрным регионом России. Режим атмосферных осадков выступает ключевым фактором, определяющим урожайность сельскохозяйственных культур. Целью данного исследования является выявление пространственно-временных закономерностей распределения атмосферных осадков на территории Саратовской области за период 1990-2020 годов по данным 9 метеорологических станций (Архив), расположенных в разных климатических зонах региона (м/с Хвалынский, м/с Балашов, м/с Карабулак, м/с Саратов, м/с Аткарск, м/с Пугачев, м/с Ершов, м/с Новоузенск, м/с Александров Гай).

На территории Саратовской области увлажнение уменьшается с запада на восток и с севера на юг. Правобережные районы получают на 100-200 мм осадков в год больше, чем левобережные, что связано с влиянием влажных атлантических воздушных масс и рельефом (Пряхина, 2018). Наименьшее количество осадков зафиксировано в юго-восточных районах (Новоузенск, Александров Гай), где годовые суммы не превышают 320 мм, что отражает переход к полупустынным условиям (табл. 1).

Таблица 1 – Месячные и годовые суммы атмосферных осадков за 1990-2020 годы по метеостанциям (м/с) Саратовской области.

М/с	Месяц												Год, мм
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>Правобережье</b>													
Хвалынский	51,0	41,0	40,0	38,0	37,0	44,0	48,0	42,0	47,0	40,0	42,0	43,0	513,0
Балашов	46,4	34,5	35,9	31,1	43,1	60,5	58,0	38,0	47,9	42,5	42,4	46,2	525,9
Базарный Карабулак	40,4	30,4	29,6	37,2	42,5	48,3	54,8	51,5	44,0	45,6	45,4	31,4	505,8
Саратов	42,6	35,3	32,9	30,9	36,5	48,1	46,1	31,4	49,8	37,1	41,1	41,0	470,4
Аткарск	36,3	27,2	30,3	28,7	44,4	47,9	62,8	46,3	41,1	42,2	37,9	31,3	472,9
<b>Левобережье</b>													
Пугачев	36,0	28,0	28,0	28,0	32,0	44,0	47,0	35,0	36,0	34,0	30,0	35,0	413,0
Ершов	28,2	23,4	28,6	31,1	32,7	40,9	35,0	28,9	41,0	35,8	30,3	30,4	383,0
Новоузенск	27,3	20,3	25,1	27,6	25,3	33,0	27,1	22,0	30,8	34,4	23,0	28,5	317,2
Александров Гай	28,6	22,5	27,4	26,5	26,9	33,2	24,5	22,4	25,4	32,2	22,4	29,4	314,5

Осадки являются лимитирующим фактором в регионе. Наибольшие величины отмечаются в западной части области, где годовое количество осадков превышает 450-500 мм, наименьшая годовая сумма осадков наблюдается на юго-востоке региона и составляет 300-350 мм.

### Список использованной литературы:

1. Архив среднемесячных значений температуры воздуха и осадков по станциям Саратовской области / Всероссийский научно-исследовательский институт

гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. URL: <http://meteo.ru/>  
(дата обращения: 01.04.2025)

2. Пряхина С.И. Ормели Е.И. Агроклиматическая характеристика сезонов года Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая Серия. Серия: Науки о Земле. Том 18. Выпуск 4. 2018. – С. 243-247.

# РЕЖИМ ВЕТРА, УРОВНИ ВОДЫ В РЕКАХ И ПЛОЩАДИ ОЗЁР КАК ФАКТОРЫ ПИРОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Кузнецова В.П.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, Россия

[ver597@yandex.ru](mailto:ver597@yandex.ru)

На юге Западной Сибири ветер, уровни воды в реках и площади озёр являются одними из ключевых факторов пирогенной опасности, определяющими вероятность и масштабы природных пожаров. Сильные ветры способствуют распространению огня и переносу искр, в то время как низкий уровень воды и пересыхающие озёра снижают влажность растительности и почвенного покрова, увеличивая тем самым их восприимчивость к возгоранию.

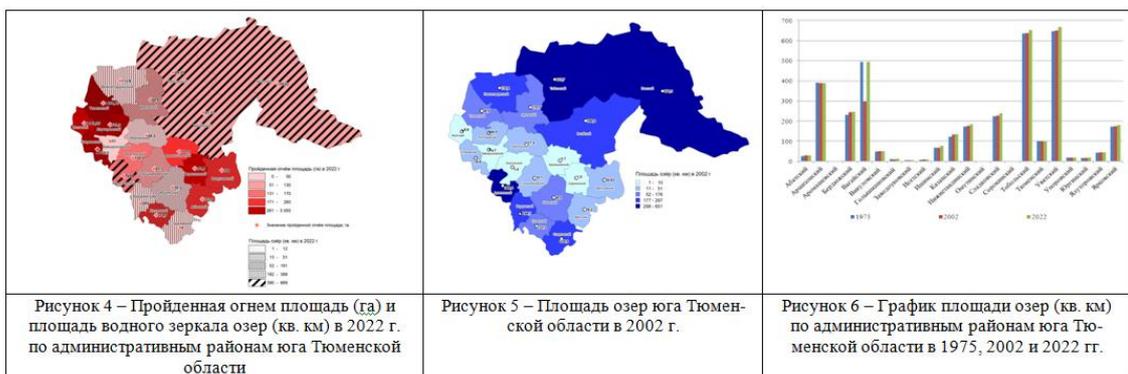
С учётом сроков начала и завершения пожароопасных периодов на юге Тюменской области за 2019-2023 гг., выполнен анализ преобладающего направления ветра по архивным данным метеорологических станций в г. Тюмени и г. Ишиме (рисунки 1, 2) (<https://tr5.ru>).

Проведен анализ уровней воды в реках Ишим, Тавда, Тура за 2008-2023 гг. (рисунок 3). Наименьшие уровни воды в пожароопасный период отмечались в 2008-2012 гг. – в это же время на юге Тюменской области наблюдалось наибольшее количество пожаров и относительное увеличение площади, пройденной огнём.



Проанализированы площади озёр в 1975, 2002 и 2022 гг. по административным районам юга Тюменской области. Таким образом, на исследуемой территории максимальные площади озёр отмечаются в Уватском, Тобольском, Вагайском и Армизонском районах в 1975, 2002 и 2022 гг. Минимальная площадь водного зеркала озёр – в Аромашевском, Заводоуковском, Исетском, Голышмановском, Упоровском, Юргинском, Абатском, Викуловском и Ялуторовском районах.

Сравнительный геопространственный анализ площадей, пройденных огнём и площади водного зеркала озёр в 2022 г. свидетельствует о том, что в наибольшей степени подверглись пожарам территории Исетского (5049,35 га), Упоровского (4719,3 га), Тюменского (3661,45 га) районов, где относительно небольшие площади озёр. Территории административных районов, где в 2022 году отмечалась максимальная площадь озёр (Уватский, Тобольский, Армизонский, Вагайский), характеризуются значениями по площади пройденных пожаров ниже среднего (758 га) для юга области в данный период (рисунки 4, 5, 6).



*Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 24-27-00354, <https://rscf.ru/project/24-27-00354/>.*

**Список использованной литературы:**

1. Расписание погоды [Электронный ресурс] <https://rp5.ru>.
2. Мониторинг водного зеркала озёр юга Тюменской области [Электронный ресурс] <https://chel.aif.ru/rosneft-grant/ozera/>.

## СТРУКТУРА И ДИНАМИКА СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПРИКАЙКАЛЬЯ (УСТЬЕВАЯ ЧАСТЬ РЕКИ ГОЛОУСТНОЙ)

*Купрякова А.В.*

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Педагогический институт,  
Кафедра географии, безопасности жизнедеятельности и методики, г. Иркутск, Россия  
[angelina.kupriakova@yandex.ru](mailto:angelina.kupriakova@yandex.ru)

Степи Прибайкалья, относящиеся к Центрально-Азиатскому типу степей, являются уникальными ландшафтами, не имеющими сплошного распространения. Островные степи Центрально-Азиатского типа сохранились фрагментарно, в основном вдоль южных склонов Прибайкальских хребтов. Комплексные исследования, проводимые в дельте реки Голоустной, позволили изучить структуру и продуктивность этих экосистем.

В ходе полевых работ нами были выделены 21 фация (20 степных и 1 лесная). Из 20ти степных фаций, лишь одна имеет ярко выраженный набор растительных сообществ характерных для типичных степей Центрально-Азиатского типа. Описывая территорию исследования, мы выделили следующие виды растительных сообществ: разнообразные злаки (мятлик, змеевка, овсяница), осоки и бобовые (астргал, термопсис), разнотравье (лапчатки, клевера, полыни, кровохлебки, подорожника и т.д.). Заметно было сильное изменение при переходе с одной фации в другую, это обусловлено рядом климатических, эдафических, топографических и антропогенных факторов.

Для оценки растительной массы в исследуемом биоценозе мы использовали метод укосов. Было отобрано 9 проб с общей площадью 2,25 м<sup>2</sup> (с трех точек по три повторности). Исследования показали колебания продуктивности пойменных ландшафтов в зависимости от погодных условий (Жучкова, 2004).

Таблица 1 – Средняя продуктивность пойменных ландшафтов за период 2014-2025 гг.

Периоды	Условия(температура/осадки )	Продуктивность пойм (сухая/свежая, гр/м <sup>2</sup> )		
		Низкая	Центральная	Притеррасная
2014-2016 гг.	12,5°С / 43 мм	22,4/12,8	27,2/18,9	32,8/18
2017-2022 гг.	13,65°С / 39 мм	29,7/14,3	24/12,6	26,3/13,5
2023-2025 гг.	12,4°С / 136 мм	0,4/0,1	0,6/0,4	0,7/0,3

Анализ данных с 2014 по 2025 годы выявил резкое сокращение продуктивности степных геосистем. Основными причинами трансформации стали, климатические и антропогенные факторы. Ключевым климатическим параметром оказалась температура весеннего периода: теплая весна способствовала увеличению продуктивности, тогда как холодная, в сочетании с аномальными осадками вызвали резкое снижение биомассы. Ключевым фактором трансформации выступает комплекс антропогенных факторов. Антропогенная нагрузка, включая интенсивную рекреацию и выпас стока, приводит к механическому разрушению почвенно-растительного покрова, упрощению травостоя и сокращению биоразнообразия.

Для сохранения уникальных степных ландшафтов Прибайкалья, помимо существующих мер охраны, в рамках ООПТ, необходимы дополнительные ограничения рекреационной нагрузки, проведение эко-акций и развитие программ эко-просвещения. Эти меры будут

способствовать сохранению биоразнообразия и устойчивому развитию региона (Макаров, 2019).

**Список использованной литературы:**

1. Жучкова, В.К. Методы комплексных физико-географических исследований [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / В.К. Жучкова, Э.М. Раковская. – М. : Издательский центр, Академия, 2004. – 368 с.
2. Макаров С.А. Исследование устьевых зон притоков озера Байкал (на примере реки Голоустная) / С.А. Макаров, И.А. Белозерцева, Н.В. Власова [и др.]. // Успехи современного естествознания. – 2019. – №9. – С. 65-72.

# МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ЧИЛИЙСКОГО АПВЕЛЛИНГОВ И ЕЕ СВЯЗЬ С СОБЫТИЯМИ ЭЛЬ-НИНЬО-ЮЖНАЯ ОСЦИЛЛЯЦИЯ

Курченко В. М.,<sup>1,2</sup> Полонский А.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Севастопольский государственный университет, г.Севастополь, РФ,  
[kurchenko.ural.ru@gmail.ru](mailto:kurchenko.ural.ru@gmail.ru)

<sup>2</sup>Институт природно-технических исследований, г.Севастополь, РФ,  
[apolonsky5@mail.ru](mailto:apolonsky5@mail.ru)

Область Чилийского апвеллингов (ЧА) относится к числу наиболее динамичных и продуктивных регионов Мирового океана с уникальными морскими экосистемами. Характеристики ЧА подвержены интенсивной межгодовой изменчивости, в том числе связанной с основным сигналом в системе океан-атмосфера этого временного масштаба -Эль-Ниньо-Южная Осцилляция (ЭНЮК). Поэтому описанию межгодовых вариаций характеристик ЧА посвящено достаточно много работ (см. работу [1] и приведенную в ней библиографию). Вместе с тем, остаются недостаточно хорошо изученными причинно-следственные связи, регулирующие межгодовую изменчивость характеристик ветра и поверхностных вод в области ЧА и, в частности, влияние событий ЭН-ЛН на эту изменчивость.

Целью данной работы является количественная оценка влияния событий ЭН-ЛН на Экмановский Индекс Прибрежного Апвеллинга (ЭИПА) в районе ЧА (рассчитываемый по вдольбереговой компоненте ветра и характеризующий интенсивность ветрового сгона) с использованием почасовых спутниковых данных WIND\_GLO\_PHY\_L4\_MY\_012\_006 о приповерхностном поле ветра и его касательном напряжении. Первичные данные - результаты скаттерометрических измерений в юго-восточной части Тихого океана, ограниченной координатами 20°–55° ю.ш. и 70°–90° з.д., за 29-летний период (с 1995 по 2023 гг.). Пространственное разрешение спутниковых данных 0,125° \* 0,125°. Они находятся в открытом доступе на сайте «Copernicus». Данные об индексе ЭН, рассчитанном по ТПО в стандартных районах NINO 1+2, NINO 3, NINO 3.4 и NINO 4, за указанный 29-летний период доступны на сайте NOAA. При анализе использовались стандартные статистические методы обработки временных рядов. Показано, что межгодовая изменчивость ЭИПА в ЧА значимо коррелирует с индексом ЭН. В среднем по всей апвеллинговой зоне коэффициент корреляции между годовыми значениями индекса NINO 1+2 и ЭИПА в области ЧА составляет 0.26. Однако, этот коэффициент корреляции сильно варьирует от одних частей ЧА к другим и для различных временных отрезков продолжительностью порядка 10 лет, что указывает на нестационарность процессов межгодовой изменчивости характеристик ЧА.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Фундаментальные исследования процессов в климатической системе, определяющих пространственно-временную изменчивость морской среды и прилегающих территорий в широком диапазоне масштабов» (№ госрегистрации 124020100120-9).*

## Литература:

1. Полонский А. Б., Серебренников А. Н. Низкочастотная изменчивость поля ветра в области Чилийского апвеллинга // Исследование Земли из космоса. 2024 – № 6. – С. 96-106.

# РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ МЕЗОМАСШТАБНОЙ МОДЕЛИ WRF С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ПЛАНЕТАРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ДЛЯ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РЕГИОНА

*Лубков А.С., Егоркин А.А., Журавский В.Ю., Логинова А.В.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

[andrey-ls2015@yandex.ru](mailto:andrey-ls2015@yandex.ru)

WRF - Weather Research and Forecasting, численная гидродинамическая модель, предназначенная для прогноза погоды и атмосферных исследований. Её прогностическая способность во многом определяется точностью физических параметризаций, описывающих процессы, не разрешаемые явно на сетке модели.

Севастопольский регион представляет весьма сложную физико-географическую структуру. С юга, запада и северо-запада он омывается Черным морем, а береговая линия насчитывает 11 бухт, при этом основная, Севастопольская бухта, в свою очередь делится на 20 малых бухт. В то же время регион характеризуется весьма сильными перепадами высот, со средними значениями от 0-100м на севере и западе до 300-1000м на юге и юго-востоке, где берут свое начало Крымские горы. Точность моделирования мезомасштабных процессов в таких сложных условиях в решающей степени зависит от адекватного описания планетарного пограничного слоя (ППС). Следовательно, цель данной работы состоит в выборе оптимальной схемы для реализации ППС.

Модель была запущена 15 раз для каждой схемы ППС в режиме ретроспективного моделирования. Модель была перенастроена под входные данные из реанализа ERA5 (0.25°×0.25°). Пространственное разрешение модели равняется 1км, размер домена – 60×60км. Все иные физические параметры использовались по умолчанию. Подстилающая поверхность выбиралась в соответствии со схемой ППС. Моделирование проводилось за 2023 год. Временной шаг выходных данных – 3 часа.

В работе было выполнено подробное сравнение модельных расчетов с данными метеостанции Павловский мыс (Севастополь). Рассматривались следующие параметры: температура воздуха, скорость и направление ветра, влажность и облачность. В таб. 1 приведен пример помесечного сравнения схем ППС для температуры воздуха на уровне 2м.

*Работа выполнена в рамках госзадания ИПТС (№ госрегистрации 124013000609-2).*

Таблица 1 – Коэффициенты корреляций каждого месяца 2023 года, рассчитанные для температуры воздуха на уровне 2м 15 схем ППС и реанализа ERA5 в сравнении с метеостанцией Павловский мыс (Севастополь)

Схема ППС	№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Yonsei University Scheme (YSU)	1	0.92	0.96	0.93	0.86	0.91	0.90	0.88	0.91	0.94	0.94	0.96	0.93
MYJ	2	0.91	0.96	0.90	0.86	0.91	0.91	0.88	0.91	0.94	0.94	0.95	0.92
NCEP Global Forecast Sys. Scheme	3	0.91	0.96	0.88	0.85	0.89	0.88	0.88	0.90	0.92	0.93	0.95	0.93
QNSE Scheme	4	0.91	0.94	0.88	0.86	0.91	0.90	0.88	0.91	0.94	0.94	0.95	0.91
MYNN Level 2.5	5	0.92	0.96	0.90	0.87	0.91	0.90	0.88	0.92	0.94	0.94	0.96	0.92
MYNN Level 3 (grav_settling=2)	6	0.93	0.96	0.92	0.87	0.90	0.89	0.87	0.91	0.94	0.94	0.96	0.94
MYNN Level 3	6	0.92	0.96	0.90	0.87	0.91	0.90	0.88	0.92	0.94	0.94	0.95	0.92
ACM2 Scheme	7	0.91	0.94	0.85	0.85	0.90	0.88	0.88	0.90	0.93	0.93	0.95	0.90
BouLac Scheme	8	0.91	0.97	0.93	0.87	0.90	0.90	0.88	0.91	0.94	0.95	0.96	0.94
TKE Scheme	9	0.90	0.96	0.91	0.87	0.90	0.90	0.87	0.91	0.94	0.94	0.95	0.93
TEMF Scheme	10	0.88	0.91	0.81	0.82	0.86	0.86	0.84	0.88	0.91	0.91	0.93	0.86
Shin-Hong Scale-aware Scheme	11	0.92	0.97	0.92	0.86	0.91	0.90	0.88	0.91	0.94	0.94	0.96	0.93
Grenier-Bretherton-McCaa Scheme	12	0.92	0.96	0.92	0.87	0.91	0.90	0.88	0.91	0.94	0.95	0.96	0.93
EEPS	16	0.87	0.97	0.92	0.86	0.89	0.87	0.86	0.90	0.93	0.93	0.96	0.94
MRF Scheme	99	0.92	0.96	0.92	0.86	0.89	0.87	0.86	0.90	0.93	0.93	0.95	0.92

ERAS

0.84 0.96 0.92 0.83 0.91 0.87 0.84 0.88 0.88 0.87 0.93 0.94

# ОЗОНОВАЯ ДЫРА НАД АНТАРКТИДОЙ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА В КОНТЕКСТЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

*Малых А.В.*

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Педагогический институт,  
Кафедра географии, безопасности жизнедеятельности и методики, г Иркутск, Россия  
[lrafeychikova@mail.ru](mailto:lrafeychikova@mail.ru)

Озоновый слой, расположенный в стратосфере, выполняет функцию «щита», поглощая большую часть вредного ультрафиолетового излучения. Современная наука определяет озоновую дыру как значительную область с аномально низким (менее 220 единиц Добсона) содержанием стратосферного озона.

Ключевым динамическим фактором формирования озоновой дыры является антарктический циркумполярный вихрь – устойчивая область сильных западных ветров в стратосфере, которая формируется зимой и изолирует холодный полярный воздух от более тёплых средних широт (Иманова, 2024). Эта изоляция предотвращает приток богатого озоном воздуха извне. В условиях полярной ночи температура внутри вихря опускается ниже  $-78^{\circ}\text{C}$ , что приводит к конденсации паров воды и азотной кислоты и образованию полярных стратосферных облаков. Поверхность этих облаков служит катализатором для гетерогенных химических реакций, в ходе которых пассивные формы хлора и брома преобразуются в активные, разрушающие озон (Якимова, 2022). С возвращением солнечного света в антарктическую весну (август-октябрь) ультрафиолетовое излучение запускает каталитические циклы, которые стремительно разрушают молекулы озона.

Анализ многолетних данных показывает устойчивую тенденцию к истощению озонового слоя. Максимальная площадь озоновой дыры за весь период была зафиксирована в сентябре 2006 года и составила около 30 миллионов квадратных километров. В 2019 году впервые было отмечено значительное увеличение содержания озона, что можно рассматривать как первый признак восстановления, предсказанного моделями (Якимова, 2022). Модельные прогнозы, в частности расчёты по модели SOCOLv4, указывают на статистически значимый положительный тренд содержания озона в сентябре-октябре, составляющий +15 единиц Добсона за 10 лет, и предполагает, что к 2060 году весенние озоновые аномалии над Антарктидой могут перестать формироваться (Иманова, 2024).

Взаимодействие между озоновым слоем и климатом является двунаправленным и создает сложную обратную связь. Рост концентрации парниковых газов приводит к охлаждению стратосферы, что должно способствовать длительному существованию полярных облаков, а следовательно, разрушению озона. Однако параллельно глобальное потепление в тропосфере уменьшает меридиональный температурный градиент между средними и полярными широтами, что ослабляет циркумполярный вихрь подвергая его к раннему распаду. Ослабление вихря способствует усилению меридионального переноса, в результате чего в полярные широты поступает более тёплый и богатый озоном воздух.

Таким образом, озоновая дыра над Антарктидой остается важнейшей экологической проблемой и определяется противодействием двух факторов: позитивной динамикой, обусловленной как Монреальским протоколом, и сложным влиянием климатических изменений.

## **Список использованной литературы:**

1. Якимова Г. Ф. Проблемы озонового слоя в Антарктиде / Г. Ф. Якимова, И. В. Латышева // Российская цивилизация: история, проблемы, перспективы : материалы XXVII Межрегиональной молодёжной научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 23 апр. 2022 г. – Иркутск : Изд-во Оттиск, 2022. – С. 327–330.
2. Иманова А. С. Возможные изменения озонового слоя и других параметров стратосферы Антарктиды по данным модели SOCOL V4 / А. С. Иманова, С. П. Смышляев, Е. В. Розанов, В. А. Фролькис // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. — 2023. — № 610. — С. 102–112. — ISSN 0376-1274.

# ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ГОРНОМ АЛТАЕ В ПОСТСОВЕТСКИЙ ПЕРИОД И ЕГО СВЯЗЬ С ГЛОБАЛЬНЫМ ПОТЕПЛЕНИЕМ

Марчукова О.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Тюменский государственный университет, Россия

<sup>2</sup>Институт природно-технических систем, Россия  
olesjath@mail.ru

Изолированные районы Горного Алтая вносят небольшой вклад в изменение глобального климата, но сильно подвержены его влиянию. Особенно это влияние распространяется на экосистемы в виде изменения вегетационного периода [1], смещения границ леса по высоте и сдвигов ареалов животных [2].

По ежегодным спутниковым данным MERIS поверхности Земли, с разрешением в 300 м, с использованием Системы классификации земельного покрова (LCCS), разработанной Продовольственной и сельскохозяйственной Организацией Объединенных Наций, проведен анализ изменения площадей ландшафтов в Республике Алтай с 1992 по 2022 гг. Наибольшую трансформацию претерпел древесный покров всех видов, площадь которого за 31 год сократилась на 1,5%, что связано с активной вырубкой лесов. Кроме этого значительно сократились территории с голыми участками, которые в большей степени заросли травяным покровом.

Для выявления взаимосвязи между глобальным потеплением и видами земельного покрова по классификации LCCS на исследуемой территории, проведен взаимокорреляционный анализ между глобальной приземной температурой воздуха Земли и классами ландшафтов. Глобальная температура в данном исследовании рассматривается не как прямой климатический фактор, а как интегральный индикатор макромасштабных изменений, косвенно влияющих на землепользование через социально-экономические механизмы — такие как рост спроса на продовольствие, изменение аграрной политики и расширение сельхозосвоения в ранее нерентабельных регионах. Прямая статистически-значимая связь с глобальной температурой воздуха Земли фиксируется с мозаичными пахотными землями ( $r=0,94$ ), травянистым покровом ( $r=0,91$ ), пастбищами ( $r=0,88$ ), мозаичным древесно-кустарниковым покровом ( $r=0,86$ ) и городскими районами ( $r=0,85$ ). Обратная значимая связь наблюдается с древесным листопадным покровом закрытого и открытого типа  $>15\%$  ( $r=-0,87$ ), древесным хвойным покровом закрытого и открытого типа  $>15\%$  ( $r=-0,87$ ), пахотными землями ( $r=-0,84$ ), голыми участками ( $r=-0,82$ ), древесным покровом смешанного типа ( $r=-0,75$ ), мозаичными пахотными землями ( $r=-0,68$ ) и затапливаемым кустарниковым или травяным покровом ( $r=-0,61$ ).

По результатам множественного регрессионного анализа увеличение пахотных земель и уменьшение мозаичных пахотных земель в Республике Алтай в большой степени предопределяет зависимость от общего глобального потепления Земли. Полученный вывод согласуется с мировыми тенденциями расширения пахотных земель, что связано потребностью обеспечения больших объемов производства продовольствия из-за роста населения.

## Список использованной литературы:

1. Zohner C. M., Mirzaghali L., Renner S. S., Mo L., Rebindaine D., Bucher R., Palouš D., Vitasse Y., Fu Y. H., Stocker B. D., Crowther T. W. Effect of climate warming on the timing of autumn leaf senescence reverses after the summer solstice. *Science*, 2023. V. 381, Iss. 6653 DOI: 10.1126/science.adf5098.
2. Volkov I.V., Zemtsov V. A., Erofeev A.A., Babenko A. S., Volkova A. I., Callaghan T. V. The dynamic land-cover of the Altai Mountains: Perspectives based on past and current environmental and biodiversity changes. *Ambio*, 2021. V. 50. P. 1991–2008. DOI: 10.1007/s13280-021-01605-y.

## ЛОКАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ГОРНЫХ РАЙОНАХ (НА ПРИМЕРЕ ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ)

<sup>1</sup>Маноле А.А., <sup>1,2</sup>Воропай Н.Н.

1. Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия, 634055, Томск, пр. Академический 10/3;
2. Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Россия, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская 1  
[an.manole@mail.ru](mailto:an.manole@mail.ru)

Согласно исследованиям Межправительственной группы экспертов по проблеме изменения климата, возможности сдержать рост глобального потепления ниже уровня 1,5°C уменьшаются, а риск стихийных бедствий из-за изменения климата продолжает возрастать (IPCC, 2023). В последние годы внимание научного сообщества направлено к горным территориям, так как особенности климата этих территорий важны для оценки современного состояния и прогнозирования устойчивости природных систем отдельных регионов к глобальному изменению климата.

Объект исследования – Тункинская котловина – система межгорных понижений тектонического происхождения в горах Восточного Саяна в Бурятии. Тункинская котловина имеет разнообразные формы рельефа (от равнинных до альпинотипных) и ландшафты (от полупустынных до горнотаежных), древнейшие геологические обнажения и современные вулканические образования (Ахаржанова, 2005).

Для мониторинга климатических характеристик на локальном уровне в Тункинской котловине сотрудниками Института географии им В.Б. Сочавы СО РАН организовано 45 модельных площадок, на которых были установлены автоматические термографы и термогигрографы. Площадки наблюдения расположены таким образом, чтобы полученные данные характеризовали климатический режим основных типов ландшафтов, представленных на территории, с учетом особенностей рельефа и высотной поясности. Площадки находятся в интервале высот от 718 до 2119 м. Измерение температуры воздуха проводится круглогодично с 2007 г. с интервалом в три часа, синхронно с измерениями на сети метеорологических станций Росгидромета.

С помощью программы «Стохастическое моделирование» проведена процедура восстановления пропусков в данных и реконструкция рядов до 1934 г.

Тенденция температуры воздуха на территории Тункинской котловины в XX-XXI вв. положительная, 0,2°C/10 лет при общей тенденции роста средней годовой температуры по территории России 0,5°C/10 лет. Причем в период 1991-2022 гг. темпы роста наиболее интенсивные. Средняя годовая температура на площадках днища котловины за период 1991-2022 гг. выше средней годовой температуры за период 1934-1960 гг. на 1,5°C.

Граница теплого периода сдвигается на более ранние сроки, переход через 0°C в сторону положительных температур происходит раньше. На склонах котловины тенденции более интенсивные (1,7 дней/10 лет), в отличие от днища (1,3 дней/10 лет).

*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 25-27-00395, <https://rscf.ru/project/25-27-00395/>*

**Список использованной литературы:**

1. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp.
2. Ахаржанова, Туяна Викторовна. Геоэкологические особенности ландшафтов Тункинской котловины [Текст]: автореферат / Т.В. Ахаржанова. - Улан-Удэ: Бурятский государственный университет, 2005. - 21 с.

# ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ РОССИИ

*Маслова В.Н.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
veronika\_maslova@mail.ru

Закономерности квазипериодической изменчивости и однонаправленные изменения циклонической активности влияют на все без исключения сферы антропогенной деятельности в Черноморском регионе, условия функционирования промышленных предприятий, сельхозпродукцию, рекреационный потенциал и т.д., приводят к значимым социальным и медицинским последствиям.

Межгодовая-междесятилетняя изменчивость циклонической активности в Черноморском регионе обуславливает соответствующие масштабы аномалий характеристик штормов Северного Причерноморья (Maslova et al., 2020), урожайности агрокультур в новых субъектах РФ, включая Крым, (Маслова и Воскресенская, 2024) и биоклиматических условий на черноморских курортах РФ (Stefanovich, Voskresenskaya, Maslova, 2023). Как аномальные, так и типичные характеристики изученных прикладных параметров связаны с циклонической деятельностью, которая, в свою очередь, обусловлена влиянием глобальных процессов в системе океан–атмосфера. Так, при увеличении циклонической активности в отрицательные фазы Восточноатлантического и Североатлантического колебаний на главных курортах Южного побережья Крыма (Ялта) и Черноморского побережья Кавказа (Сочи) не менее чем на 50% увеличивается частота дней с ветреными, прохладными и свежими (с большим содержанием кислорода) условиями, а в положительные фазы колебаний наблюдается противоположная ситуация (Stefanovich, Voskresenskaya, Maslova, 2023). Смена знака аномалий урожайности агрокультур (озимой пшеницы, ячменя, кукурузы и подсолнечника) на масштабах от десятка до нескольких десятков лет приурочена к смене фаз Атлантической междесятилетней осцилляции (АМО) и Тихоокеанской десятилетней осцилляции (ТДО) в связи со смещением преобладающих траекторий циклонов, выходящих на регион (Маслова и Воскресенская, 2024). При этом вклад АМО составляет до 25% объяснённой дисперсии временного ряда урожайности, а вклад ТДО – до 10% дисперсии. Для четырех типов штормов с высотой волн не менее 5 м в зимне-весенний период на Северном Причерноморье выявлена связь с положением глубоких циклонов. Показано, что центры глубоких циклонов сосредоточены над центром Черного моря при западном типе штормовых атмосферных ситуаций, к северо-востоку и северу от Черного моря для двух подтипов смешанного типа и на юго-востоке для центрального типа штормовых атмосферных ситуаций (Maslova et al., 2020). В целом, уменьшение циклонической активности в зимне-весенний период в Черноморском регионе обуславливает соответствующие изменения разных типов штормовой активности и снижение урожайности агрокультур на фоне ухудшения агрометеорологических показателей, однако способствует расширению туристско-рекреационного сезона на месяцы холодного полугодия.

## **Список использованной литературы:**

1. Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н. Закономерности изменчивости урожайности агрокультур в новых субъектах РФ // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2024. – Т. 180, № 4. – С. 79–86.
2. Maslova V.N., Voskresenskaya E.N., Lubkov A.S., Yurovsky A.V., Zhuravskiy V.Y., Evstigneev V.P. Intense cyclones in the Black Sea region: change, variability, predictability and manifestations in the storm activity // Sustainability. – 2020. V. 12, no 11. – P. 4468.
3. Stefanovich A.A., Voskresenskaya E.N., Maslova V.N. Extreme recreational conditions in the Black Sea resorts associated with the North Atlantic climate // Climate. – 2023. – V.11, no 7. – P. 148.

# АНИМАЦИОННОЕ КАРТИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ АРЕАЛОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ВИДОВ

Новикова Е.М.<sup>1,2</sup>, Богданович А.Ю.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля»,

<sup>2</sup>ФГБУ «ИГКЭ» г. Москва, Россия

[novikoval2003@mail.ru](mailto:novikoval2003@mail.ru)

В ФГБУ «ИГКЭ» разработана вычислительная система RANGES, позволяющая рассчитывать в том числе климатические ареалы биологических видов. По определению климатический ареал – часть географического пространства, климат которой допускает устойчивое существование вида. Входной информацией для расчета служат данные о климате и требования вида к климату среды, задаваемые видоспецифической совокупностью гидрометеорологических переменных (собственно гидрометеорологических величин и/или индексов, вычисляемых на их основе), и допустимых для вида диапазонов их значений. Выходная информация – оценки вероятности принадлежности точек географического пространства климатическому ареалу, выраженные в том числе в балльной форме для присвоения определенных цветов при дальнейшем картировании. На рисунке приведены результаты картирования климатического ареала Европейского лесного клеща (*Ixodes ricinus* Linnaeus, 1758) на территории России в условиях климатов 1990-1999 гг., 2030-2039 гг. и 2050-2059 гг. Будущие климаты соответствуют сценарию SSP8.5. *I. ricinus* – переносчик опасных заболеваний человека, в том числе иксодового клещевого боррелиоза.

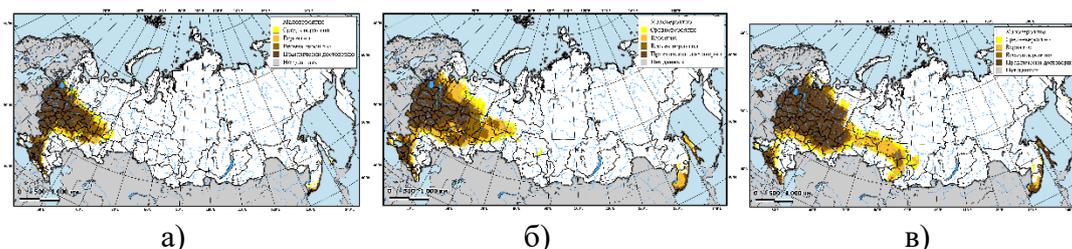


Рисунок 1 – Расчетный климатический ареал *I. ricinus* на территории России: а) 1990-1999 гг., б) 2030-2039 гг., в) 2050-2059 гг. На рисунке различными цветами представлены вероятности принадлежности точек географического пространства климатическому ареалу.

При представлении результатов оценок на традиционных, бумажных носителях такая форма является оптимальной. Однако в том случае, когда результаты представляются в электронном виде на интернет-ресурсах, возможно и более наглядное представление результатов с помощью техники анимации. В докладе будет показано представление результата расчетов климатических ареалов *I. ricinus* и некоторых других видов в форме образов, непрерывно меняющихся во времени. При этом будут использованы возможности форматов PPTX и MP4. Единый шаблон с картографической основой и легендой обеспечат сопоставимость визуализаций. Анимированная последовательность создастся путем автоматической смены карт с равными временными интервалами. Финальная визуализация экспортируется в формат MP4 для последующего использования в научно-образовательных целях. Такие возможности представления результатов расчетов полезны для широкого круга специалистов в области адаптации к изменению климата, когда форма представления важна для лиц, принимающих решения и их научно-технических советников.

## Список использованной литературы:

1. Богданович А.Ю. Система RANGES: структура, порядок расчета и пример применения // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2025. – №.1(395). – С.37-50. (<https://doi.org/10.37162/2618-9631-2025-1-37-50>)

# РОЛЬ ГОСУДАРСТВ-ЭМИТЕНТОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ДОСТИЖЕНИИ ОДНОЙ ИЗ ОСНОВНЫХ ЦЕЛЕЙ ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ

М.Е.Пекарникова

Институт природно-технических систем РАН

e-mail: [pekarnikowa@mail.ru](mailto:pekarnikowa@mail.ru)

Вследствие глобального характера проблемы изменений климата и последствий таких изменения, эффективное ее решение возможно только путем объединения усилий всего мирового сообщества и согласования совместных действий по контролю над антропогенной эмиссией различных парниковых газов (ПГ). В докладе проанализировано текущее состояние законодательного регулирования эмиссии ПГ и его выполнение в основных государствах-эмитентах, ответственных за  $\frac{3}{4}$  глобальной эмиссии.

Показано, что наиболее развитое правовое регулирование последовательного выполнения комплекса мероприятий, направленных на полутора-двухградусное ограничение роста приземной температуры к концу 21 века по сравнению с доиндустриальным периодом, отмечается в государствах ЕС, однако их вклад в суммарные глобальные выбросы ПГ не превышает нескольких процентов. Поэтому они не могут обеспечить выполнение Парижского соглашения без деятельной поддержки по сокращению эмиссии ПГ со стороны государств, вносящих основной вклад в глобальные выбросы парниковых газов.

Основной вывод сводится к тому, что международно-правовое климатическое регулирование развивается не такими темпами, как необходимо для достижения целей устойчивого развития современной цивилизации, предусмотренных Рамочной конвенцией ООН об изменении климата. При существующей системе регулирования эмиссии ПГ в значительном числе государств, ответственных за основную долю глобальных выбросов ПГ, относительно большой стоимости «зеленого» энергоперехода, зачастую скептического отношения к внедрению альтернативных источников энергии в некоторых из крупных государств-эмитентов, одна из основных целей Парижского соглашения, направленная на ограничение роста приземной температуры антропогенного характера, в ближайшей перспективе не будет достигнута.

*Работа выполнена в рамках госзадания ИПТТС «Фундаментальные исследования процессов в климатической системе, определяющих пространственно-временную изменчивость морской среды и прилегающих территорий в широком диапазоне масштабов» (№ госрегистрации 124020100120-9).*

## Список использованной литературы:

1. Пекарникова М.Е., Полонский А.Б. Антропогенные изменения климата и международно-правовая деятельность по смягчению их последствий. Часть 2: Реализация климатических правовых актов на современном этапе и их перспективы // Государство и право. 2021. № 5. С. 118–124. <https://doi.org/10.31857/S102694520012784-3.- С.120>.
2. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (принята 9 мая 1992г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/climate\\_framework\\_conv.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml) (дата обращения: 09.06.25).
3. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Ed/ by H. Lee and J. Romero. Geneva: IPCC. 184 p. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647- p.182>

# КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ГОДОВЫХ СУММ ОСАДКОВ В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ ПО ДАННЫМ ПРОЕКТА СМIP6 ДЛЯ СЦЕНАРИЯ SSP2-4.5

*Полонский А.Б., Сухонос П.А.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

[apolonsky5@mail.ru](mailto:apolonsky5@mail.ru)

Проанализированы численные оценки изменения количества годовых сумм осадков для Азово–Черноморского региона в 21 веке с использованием моделей CNRM-CM6-1-HR-f2, GFDL-CM4 и GISS-E2-1-G-p3, участвующих в 6-ой фазе международного проекта сравнения моделей климата Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) (Eyring, 2016) для сценария SSP2-4.5. Указанные модели адекватно воспроизводят медиану и амплитуду межгодовых колебаний годового количества осадков над Черным морем и их сезонный цикл в исторический период (1959–2022 гг.), полученных по данным атмосферного реанализа ERA5 (Hersbach, 2020). Основные результаты анализа сводятся к следующему.

Модельные расчеты указывают на наличие междесятилетних изменений количества осадков в Азово–Черноморском регионе в течение 21 века значительной амплитуды. Наличие выраженной низкочастотной изменчивости может сильно влиять на величину будущих изменений осадков при выборе разных временных интервалов для расчета трендов. Причем фазы этих квазипериодических мод не совпадают по результатам численных расчетов с использованием разных климатических моделей. Вместе с тем долговременные тенденции ожидаемых к концу 21 века изменений годового количества осадков над Черным морем начиная с 2015 года согласованы по трем отобранными численным моделям и характеризуются отрицательным медианным трендом. В целом, к концу 21 века вероятно уменьшение среднегодовых величин месячных (годовых) сумм осадков над Черным морем от 1,8 мм (около 22 мм) согласно модели CNRM-CM6-1-HR-f2 до 2,8 мм (около 34 мм) согласно модели GISS-E2-1-G-p3.

Рассматриваемые численные модели показывают значимое на 99%-ном доверительном уровне уменьшение годового количества осадков в окрестности Анатолийского и Кавказского побережий в период 2030–2099 гг. Вероятное уменьшение среднегодовых величин месячных (годовых) сумм осадков к концу 21 века в этих регионах составит почти 7 мм (более 80 мм).

В краткосрочной перспективе (2030–2049 гг.) по данным моделей CNRM-CM6-1-HR-f2 и GFDL-CM4 отмечается значимое увеличение медианы среднегодовых величин месячных (годовых) сумм осадков в северо-западной части Азово–Черноморского региона и на востоке Черного моря почти на 4 мм (почти на 48 мм). В то же время ожидается значимое уменьшение медианы среднегодовых величин месячных (годовых) сумм осадков на юго-западе рассматриваемого региона почти на 8 мм (почти на 96 мм) по отношению к базовому периоду (1995–2014 гг.). В долгосрочной перспективе (2080–2099 гг.) по данным всех моделей ожидается значимое уменьшение годовых сумм осадков на юге и юго-западе рассматриваемого региона.

*Работа выполнена в рамках госзадания ИПТС (№ госрегистрации 124020100120-9).*

## **Список использованной литературы:**

1. Eyring V., Bony S., Meehl G.A. et al. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization // Geosci. Model Dev. – 2016. – V. 9. – № 5. – P. 1937–1958. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016>
2. Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al. The ERA5 global reanalysis // Quart. J. Royal Meteorol. Soc. – 2020. – V. 146. – № 730. – P. 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>

## КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ЗИМНИХ ОСАДКОВ НАД ЧЕРНЫМ МОРЕМ ПО ДАННЫМ МОДЕЛЕЙ CMIP6 В РАМКАХ СЦЕНАРИЯ SSP2-4.5

Полонский А.Б., Сухонос П.А.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

[apolonsky5@mail.ru](mailto:apolonsky5@mail.ru)

Проанализированы оценки вероятных будущих изменений количества декабрьских осадков над Черным морем в 21 веке с использованием 17 реализаций следующих 11 климатических моделей, участвующих в 6-ой фазе международной программы CMIP6: CanESM5 r1 (пять реализаций), GISS-E2-1-G-r3 и MPI-ESM1-2-LR (по две реализации), CanESM5 r2, CESM2-WACCM, CNRM-ESM2-1 f2, INM-CM5-0, IPSL-CM6A-LR, MIROC-ES2L-f2, NorESM2-LM и UKESM1-0-LL f2 (по одной реализации) (Eyring, 2016). Отобранные реализации численных моделей адекватно воспроизводят долгопериодные тенденции изменения декабрьских осадков над Черным морем и их медиану за контрольный период (1959–2022 гг.), полученные по данным реанализа ERA5 (Hersbach, 2020). Исключение составляет климатическая модель MIROC-ES2L-f2, по данным которой медианные величины декабрьских осадков за контрольный период завышены почти в 2 раза, несмотря на правильное воспроизводство тренда. Основные результаты анализа сводятся к следующему.

В период 2030–2099 гг. изменение количества декабрьских осадков над Черным морем характеризуется значимым (на 95% доверительном уровне) положительным трендом в трех реализациях модели CanESM5 r1 и одной, полученной по модели CanESM5 r2. Соответствующие величины коэффициентов медианного тренда находятся в диапазоне от 0.33 до 0.52 мм/год, что свидетельствует о вероятном повышении количества декабрьских осадков к концу 21 века почти на 30 мм. В то же время, две другие реализации модели CanESM5 r1, одна реализация модели MPI-ESM1-2-LR и расчеты по модели UKESM1-0-LL f2 дают значимый на 95% доверительном уровне отрицательный тренд количества декабрьских осадков. Рассчитанные по этим данным величины коэффициентов медианного тренда находятся в диапазоне от –0.79 до –0.26 мм/год, что соответствует вероятному понижению количества декабрьских осадков к концу 21 века почти на 35 мм. Согласно данным остальных 8 реализаций указанных выше численных моделей значимые тенденции изменения декабрьских осадков отсутствуют.

Изменение декабрьских осадков над Черным морем, оцененное на доверительном уровне 90% по всему ансамблю отобранных реализаций, в будущие периоды по отношению к базовому (1995–2014 гг.) составит: в краткосрочной перспективе (2030–2049 гг.) –  $6.67 \pm 5.97$  мм, в среднесрочной перспективе (2060–2079 гг.) –  $7.26 \pm 5.88$  мм и в долгосрочной перспективе (2080–2099 гг.) –  $7.51 \pm 6.05$  мм.

Таким образом, высокая неопределенность полученных ансамблевых оценок не позволяет сделать однозначные выводы о характере проекций изменения декабрьских осадков по данным отобранных климатических моделей 6-ой фазы проекта CMIP для акватории Черного моря. Можно лишь отметить, что во второй половине 21 века вероятно некоторое повышение (хотя и незначимое на доверительном уровне 95% и выше) количества декабрьских осадков над Черным морем.

*Работа выполнена в рамках госзадания ИПТС (№ госрегистрации 124020100120-9).*

### Список использованной литературы:

1. Eyring V., Bony S., Meehl G.A. et al. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization // Geosci. Model Dev. – 2016. – V. 9. – № 5. – P. 1937–1958. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016>
2. Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al. The ERA5 global reanalysis // Quart. J. Royal Meteorol. Soc. – 2020. – V. 146. – № 730. – P. 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГРАНИЦ АРЕАЛА КОЛОРАДСКОГО ЖУКА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И СОСЕДНИХ СТРАН ПРИ НАБЛЮДАЕМЫХ И ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА В XXI ВЕКЕ

Попова Е.Н.<sup>1</sup>, Попов И.О.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт географии РАН», Москва, РФ

[en\\_popova@mail.ru](mailto:en_popova@mail.ru)

<sup>2</sup>ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им.акад. Ю.А.Израэля», Москва, РФ

[igor\\_o\\_popov@mail.ru](mailto:igor_o_popov@mail.ru)

Колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say) – один из наиболее опасных сельскохозяйственных вредителей картофеля и других важных сельскохозяйственных пасленовых культур, который может снизить урожай на 60-90%. Он отличается высокой эвриадаптивностью, способностью преодолевать большие расстояния и у него практически отсутствуют серьезные естественные враги. Зона возделывания картофеля - основного кормового растения для колорадского жука - шире его современного ареала, особенно в северных и восточных регионах. В этих условиях климатические факторы являются практически единственным ограничением на пути захвата им новых территорий. По данным целого ряда исследований, температура является основным фактором среды, определяющим потенциальные границы распространения колорадского жука на территории России. Наблюдаемые в последние десятилетия изменения климата, заключающиеся, прежде всего, в увеличении температуры приземного воздуха, приводят к изменениям границ ареалов различных эктотермных биологических организмов, к которым относится и колорадский жук.

Было проведено моделирование возможных изменений границ потенциального климатического ареала колорадского жука, которые определялись климатическими предикторами, отобранными по литературным источникам и предварительным оценкам. Для моделирования использовали наблюдаемые и расчетные климатические данные, полученные как с различных станций гидрометеорологических наблюдений, так и усреднением результатов расчетов, выполненных с помощью выбранных моделей общей циркуляции атмосферы и океана проекта CMIP5 при использовании сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему Земли группы RCP.

В результате проведенных исследований показано, что и наблюдаемые, и прогнозируемые при всех рассматриваемых сценариях, климатические изменения в XXI веке приводят к расширению ареала колорадского жука в северном, северо-восточном и восточном направлениях на территории России и соседних стран. Максимальное приращение ареала к концу XXI столетия будет наблюдаться при экстремальном сценарии RCP8.5. Смоделированные климатические ареалы колорадского жука при увеличении средней глобальной температуры воздуха на 2°C по отношению к доиндустриальному уровню, соответствующие всем рассмотренным сценариям, сходны между собой, но будут происходить в различные временные периоды. Полученные расчетные данные подтверждаются материалами наблюдений за фактическим распространением колорадского жука на территории России и соседних стран.

*Исследования проводились в рамках Государственного задания Института географии (ИГ) РАН FMWS-2024-0007, оценка климатических изменений выполнена согласно Государственному заданию ИГ РАН FMWS-2024-0001, данные по климату обработаны за счет средств темы 3.2 плана НИТР Росгидромета на 2025-29 гг., утвержденного приказом № 416 от 26.12.2024, регистрационный номер темы 125030703306-6 в системе ЕГИСУ НИОКТР.*

# ОСНОВНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ ОСЦИЛЛЯЦИИ МАДДЕНА – ДЖУЛИАНА С ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

*Сайфуллин Р.Р.*

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия  
rustamsajfullin056@gmail.com

Целью работы является исследование влияния осцилляции Маддена-Джулиана (ОМД) на термический режим Северной Евразии.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучение сезонной и долготной зависимости осцилляции Маддена-Джулиана;
- изучение взаимосвязи осцилляции Маддена-Джулиана с температурой воздуха;
- изучение долготных особенностей взаимосвязи ОМД с температурой воздуха.

Для характеристики осцилляции Маддена-Джулиана используется индекс Madden-Julian Oscillation (МЮ), имеющий десять центров (20°E, 70°E, 80°E, 100°E, 120°E, 140°E, 160°E, 120°W, 40°W и 10°W) усиленной конвекции, каждому из которых соответствует свой индекс. В работе рассматривается корреляция между индексами МЮ и приповерхностной температурой на высоте 2 метра за период 1979 – 2021 гг. (URL: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/dataset/ecmwf-reanalysis-v5>).

Согласно выполненному исследованию, можно отметить, что осцилляция Маддена-Джулиана оказывает значительное влияние на термический режим Северной Евразии. Прослеживается периодичность воздействия МЮ около 30-100 дней, в некоторые месяцы так или иначе воздействие МЮ отсутствует, либо имеет незначительный характер воздействия на территорию Северной Евразии. Примером может служить, слабое влияние на температуру воздуха в мае, сентябре, декабре и марте. Следует отметить, что в некоторые месяцы происходит явление так называемого «экваториального волновода», благодаря которому происходит, плавная смена отрицательного воздействия на положительное и наоборот. Сезонная активность МЮ может служить объяснением возникновения данного характера влияния на температуру Северной Евразии (Zhang, 2005).

## **Список используемой литературы:**

1. Zhang C. Madden-Julian oscillation //Reviews of Geophysics. – 2005. – Vol. 43. – № 2.

## ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И НИЗКОЧАСТОТНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ КАНАРСКОГО АПВЕЛЛИНГА

*Серебренников А.Н., Полонский А.Б.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
swsilv@gmail.com

Система апвеллинга Канарского течения – одна из крупнейших в Восточных пограничных апвеллинговых систем, поддерживающих очень продуктивную морскую экосистему. Канарский апвеллинг (КА) вызывается вдольбереговым северо-восточным ветром. Такой ветер преобладает на восточной границе субтропического антициклона и усиливается за счёт муссонного эффекта. Сочетание этих двух процессов приводит к формированию интенсивного прибрежного апвеллинга (Alves et al., 2023). В настоящей работе оценены тенденции и характеристики низкочастотной изменчивости интенсивности КА с использованием спутниковых данных о поле ветра и уровенной поверхности (позволяющих рассчитать необходимые параметры экмановских и градиентных течений, а также скорость подъема вод), начиная с 1993 и по 2023 гг.

Получено, что вклад геострофического переноса в формировании вертикальных движений вод в области КА приблизительно вдвое меньше по сравнению с экмановским сгоном и сопоставим с вкладом завихренности поля ветра. В среднем геострофические течения, формирующиеся в верхнем слое океана в области апвеллинга, приводят к ослаблению интенсивности подъема вод. Величина тренда суммарной скорости подъема верхнего слоя вод, осредненной по всей области КА, составляет около  $1.3 \times 10^{-6}$  м/с за 30 лет. Значимость линейного тренда не превышает 85%, что является следствием наличия интенсивной межгодовой и десятилетней изменчивости полей ветра и геострофических течений, а также зашумленности поля градиентных течений подсеточными (мезомасштабными) флюктуациями.

Полученная оценка долговременного тренда суммарной скорости подъема верхнего слоя вод, осредненной по всей области КА, близка к оценке тренда вертикальной скорости на нижней границе верхнего перемешанного слоя, рассчитанного по данным океанического ре-анализа с пространственным разрешением  $1/12^\circ \times 1/12^\circ$ . При этом значимость тренда, оцененного по данным ре-анализа, составляет менее 80%, т.е., она ниже значимости тренда, оцененного по спутниковым данным. Полученные результаты подтверждают сделанный ранее вывод (Полонский, Серебренников, 2018, 2021) о том, что по имеющимся данным наблюдений выделить на достаточно высоком доверительном уровне (превышающем 90%) тренд в интенсивности КА (и, предположительно, обусловленный антропогенным фактором) весьма проблематично. Если же это и удастся сделать на основании некоторых данных, доступных за временной интервал, лишь немного превышающий 40 лет, возникает вопрос о том, насколько такой тренд представляет собой сигнал именно антропогенного происхождения. Вполне вероятно, что он связан с естественной изменчивостью климатической системы, например, с Атлантической мультидекадной осцилляцией, типичный временной масштаб которой существенно больше длины имеющихся данных наблюдений.

### **Список использованной литературы:**

1. Alves J.M.R., Miranda P.M.A. and Caldeira R.M.A. Low-level jets drive the summer intra-seasonal variability of the Canary upwelling system // *Front. Mar. Sci.* 2023. V.10. Article 1068134.

2. Полонский А.Б., Серебренников А.Н. Многолетние тенденции в изменении температуры поверхности океана в зоне Канарского апвеллинга и их причины // Исследования Земли из космоса. 2018. № 3. С. 93–100.
3. Полонский А.Б., Серебренников А.Н. Долгопериодные тенденции интенсивности восточных пограничных апвеллинговых систем по различным спутниковым данным. Ч.1: Атлантические апвеллинги // Исследования Земли из космоса. 2021. № 5. С. 31–45.

## ВЛИЯНИЕ АНОМАЛЬНОЙ ЖАРЫ НА СМЕРТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ В ГОРОДЕ СЕВАСТОПОЛЕ

*Стефанович А.А., Воскресенска Е.Н.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
amazonenko@mail.ru

Экстремально высокие температуры создают серьезную нагрузку на организм человека, особенно для лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Тепловые волны способны провоцировать обострение хронических патологий, повышая риск летальных исходов. В данной работе на основе ретроспективных данных о месячной смертности от болезней системы кровообращения и частоте тепловых волн в теплый период года (май-октябрь) за 2016–2023 гг. получена оценка количественной и качественной связи этих параметров. Цель настоящей работы – выявить статистическую связь между экстремальными тепловыми явлениями и уровнем смертности населения в городе Севастополе.

За восьмилетний период наблюдений было зафиксировано 9 тепловых волн по среднесуточной температуре ( $T_{mean}$ ) и 10 – по максимальной ( $T_{max}$ ). Наибольшая концентрация экстремальных явлений отмечена в августе: 77,8% волн по  $T_{mean}$  и 80% по  $T_{max}$ . Особенно выделяется август 2022 года, когда было зарегистрировано три тепловых волны по  $T_{max}$ .

Сравнительный анализ выявил положительную корреляцию между тепловыми волнами и уровнем смертности. Среднемесячный показатель смертности в периоды без экстремальной жары составил 256,7 случая, тогда как в месяцы с тепловыми волнами он возрастал до 262,4 случая (+2,2%). Наиболее значительный рост этого показателя отмечен в августе 2017 года (310 случаев) и августе 2022 года (267 случаев).

Однако реакция на тепловое воздействие не была универсальной. В отдельные периоды (август 2020 и 2023 гг.) даже при наличии тепловых волн смертность оставалась на относительно низком уровне, что свидетельствует о влиянии дополнительных факторов – состояния здоровья населения, доступности медицинской помощи или эффективности защитных мер.

Анализ выявил отсроченное воздействие тепловых волн на смертность. В 4 случаях из 9 (примерно 44%) в месяц, следующий за тепловой волной, отмечался дальнейший рост показателей. Наиболее выраженный этому пример – октябрь 2018 года, когда после окончания тепловой волны в августе уровень смертности продолжал оставаться высоким.

Полученные оценки подтверждают значимое влияние экстремальных температур на смертность от сердечно-сосудистых заболеваний. При этом необходимо учитывать, что это влияние может варьироваться в зависимости от ряда факторов, включая временные рамки, общее состояние здоровья населения и другие внешние обстоятельства. Выявленные закономерности подчеркивают необходимость разработки целенаправленной стратегии защиты уязвимых групп населения в условиях учащения тепловых волн.

Результаты исследования демонстрируют статистически значимую связь между тепловыми волнами и повышением смертности от болезней системы кровообращения в г. Севастополе. В среднем, в месяцы с экстремальной жарой смертность возрастает на 2-5%. Полученные данные подчеркивают важность продолжения мониторинга аномальных температурных условий и последующей разработки стратегии по защите уязвимых групп населения в условиях изменения климата.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института природно-технических систем (№ госрегистрации 124013000609-2). Авторы выражают благодарность Государственному бюджетному учреждению здравоохранения Севастополя «Медицинский информационно-аналитический центр» (ГБУЗС «МИАЦ») за предоставление данных о смертности населения города Севастополя.*

# ОБ АНОМАЛИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА И ИХ ВЛИЯНИИ НА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗОНАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ ВЕКТОРА СКОРОСТИ ПРИЗЕМНОГО ВЕТРА В АФРИКАНСКО-ЕВРАЗИЙСКОМ РЕГИОНЕ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ЧАСТИ АТЛАНТИКИ

*Торбинский А.В., Полонский А.Б., Губарев А.В.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

[uzundja@mail.ru](mailto:uzundja@mail.ru)

Индоокеанский диполь (ИД) является одним из важнейших естественных режимов изменчивости крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы в экваториально-тропической зоне Мирового океана на межгодовом масштабе. Известно, что во время положительной фазы ИД (ИД+) возникает усиление восточных ветров в экваториально-тропической зоне Индийского океана (ИО). Это происходит из-за изменения разницы давления между восточной и западной частями бассейна. В западной части океана над аномально теплой водой происходит интенсивный нагрев воздуха, его подъем (конвекция) и формирование области низкого давления. В восточной части над аномально холодной водой воздух охлаждается, опускается и формируется область высокого давления. Эта разница давлений между западом (низкое) и востоком (высокое) создает устойчивый ветер, дующий с востока на запад вдоль экватора и представляющий собой нижнюю ветвь ячейки Уокера в экваториальной атмосфере (Tozuka, 2018). Что касается влияния ИД на удаленные регионы, то описанная изменчивость в экваториальной зоне ИО существенно влияет на общую циркуляцию атмосферы. Она сопровождается погодно-климатическими аномалиям не только в Индоокеанском бассейне, но и в других регионах земного шара. Ранее уже был выделен статистически значимый сигнал в полях приземной температуры воздуха (ПТВ) над Африканско-Европейским регионом в летне-осенний период, связанный с ИД (Торбинский и др., 2024). В данной работе проводится количественная оценка влияния ИД на межгодовую изменчивость зональной компоненты вектора скорости ветра ( $U$ ) в Африканско-Евразийском регионе и прилегающей части Атлантики. Для этого использованы результаты глобального атмосферного ре-анализа ERA5 за период 1960–2023 гг. по  $U$  с месячным разрешением в узлах регулярной сетки  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ . Исследовалась область, ограниченная координатами  $10^\circ$  ю.ш. –  $90^\circ$  с.ш. и  $30^\circ$  з.д. –  $70^\circ$  в.д. Полученные временные ряды  $U$  для различных месяцев анализировались совместно с рядами климатических индексов ИД и аномалий ТПО в западной части ИО. При этом применялись стандартные статистические методы. Показано, что события ИД в основном влияют на  $U$  в Африканско-Европейском регионе и прилегающей части Атлантики за счет изменчивости поля аномалий ТПО западной части ИО. При этом обнаружена существенная нестационарность анализируемых временных рядов, что отражает нестационарность процессов перераспределения тепла в климатической системе. Это проявляется в различных статистических характеристиках анализируемых временных рядов, включая и изменение основного периода ИД со временем.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Фундаментальные исследования процессов в климатической системе, определяющих пространственно-временную изменчивость морской среды и прилегающих территорий в широком диапазоне масштабов» (№ госрегистрации 124020100120-9)

**Список использованной литературы:**

1. Tozuka T., Endo S., Yamagata T. Anomalous Walker circulations associated with two flavors of the Indian Ocean Dipole // *Geophysical Research Letters*. 2016. Vol. 43 (10). P. 5378–5384.
2. Торбинский А.В., Полонский А.Б., Губарев А.В. О влиянии аномалий температуры поверхности Индийского океана на пространственно-временную изменчивость приземной температуры воздуха в Африканско-Евразийском регионе и прилегающей части Атлантики // *СКОС*. – 2024. – № 4 (58) – С. 7–16.

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИМОРСКИХ РЕКРЕАЦИОННЫХ МЕСТНОСТЕЙ АЗОВСКОГО МОРЯ

<sup>1</sup>Шевчук Л.А., <sup>2</sup>Воскресенская Е.Н., <sup>2</sup>Стефанович А.А.

<sup>1</sup>Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Филиал МГУ в городе Севастополе, <sup>2</sup>Институт природно-технических систем  
[shevachuk\\_lolita@mail.ru](mailto:shevachuk_lolita@mail.ru)

Целью работы является изучение особенностей изменения комплексных биоклиматических показателей в прибрежных местностях Азовского моря за многолетний период (73 года), уделяя отдельное внимание каждому месяцу года. В результате исследования предполагалось показать возможное влияние этих изменений на развитие туристско-рекреационной деятельности в этом регионе.

Для анализа биоклиматических условий были использованы ежесуточные приземные данные реанализа ERA5 с пространственным разрешением  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  за период 1950–2023 гг. по температуре воздуха, относительной влажности, атмосферному давлению на уровне моря, скорости ветра для пяти городов на побережье Азовского моря (Мариуполь, Геническ, Бердянск, Ейск, Таганрог).

В рамках исследования были рассчитаны коэффициенты линейного тренда и оценены уровни их значимости для ключевых биоклиматических индексов: индекса ветрового охлаждения ( $H_w$ ), нормальной эквивалентно-эффективной температуры ( $H_{ЭЭТ}$ ), эквивалентно-эффективной температуры ( $ЭЭТ$ ) и индекса духоты ( $E$ ), а затем для полученных новых рядов выделены дни с экстремальными значениями биоклиматических индексов по критерию ниже 5 и выше 95-го перцентиля и оценено количество дней с такими экстремальными условиями.

Результаты проведенных расчетов позволили проанализировать полученные оценки изменения, включая экстремальные, изучаемых биоклиматических индексов и сделать следующие выводы.

Зимние условия в регионе в последние 73 года смягчаются за счёт уменьшения ветрового охлаждения, однако при этом возрастает частота экстремально низких, дискомфортных температур. Смягчение зимних условий создает предпосылки для развития зимнего туризма и рекреации, однако увеличение частоты экстремальных холодов требует принятия мер по обеспечению безопасности и комфорта отдыхающих.

Весенние месяцы характеризуются стабильностью, но при этом отмечается тенденция к увеличению количества экстремально тёплых дней в мае.

Летний период становится более жарким, увеличивается количество дней с экстремально высокими значениями теплоощущения и с повышенной духотой. Такие ощущения создают дискомфорт для отдыхающих. Отмеченная летние жара и духота могут снижать привлекательность пляжного отдыха, что требует создания инфраструктуры, обеспечивающей защиту от теплового стресса.

Осенний период демонстрирует потенциал для расширения границ комфортного сезона за счёт увеличения количества дней с относительно тёплой погодой, однако в отдельные периоды может наблюдаться повышенная влажность. При этом увеличение продолжительности осеннего периода с комфортной температурой открывает новые возможности для привлечения туристов, предпочитающих более умеренные погодные условия.

## ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ В ПЕРИОД 1966-2024 ГГ. И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

*Янгиров А.Д.*

Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Институт экологии, биотехнологии и природопользования, Российская Федерация  
(420097, г. Казань, ул. Товарищеская, 5)  
[aydar.yangirov.00@mail.ru](mailto:aydar.yangirov.00@mail.ru)

В докладе рассматриваются резкие межсуточные перепады температуры и атмосферного давления на территории Среднего Поволжья в период 1966-2024 гг.

В качестве исходных данных в работе использовались ежедневные сведения о температуре воздуха и атмосферном давлении реанализа ERA5 в узлах регулярной сетки с разрешением  $0,25^\circ$  на территории Среднего Поволжья в период 1966-2024 гг.

Многолетние данные указанных метеовеличин подвергались статистической обработке, как в целом по периоду 1966-2024 гг., так и по подпериодам 1966-1994 и 1995-2024 гг. Находились средние сезонные значения, средние квадратические отклонения (СКО), коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ), повторяемость межсуточных перепадов температур воздуха более  $6^\circ\text{C}$  и атмосферного давления 8 гПа по сезонам. Оценивалось влияние циркуляционных мод на климатические показатели. С использованием коэффициента детерминации линейного тренда оценивался вклад линейного тренда в общую дисперсию температуры воздуха и атмосферного давления.

В результате комплексного анализа пространственно-временных изменений метеовеличин на территории Среднего Поволжья в период 1966-2024 гг. можно сделать следующие основные выводы.

В регионе в рассматриваемый период наблюдается потепление климата, проявляющаяся в значительном повышении средней годовой температуры воздуха со скоростью  $0,42^\circ\text{C}/10$  лет. Наиболее активно потепление происходит в зимний период (КНЛТ= $0,69^\circ\text{C}/10$  лет), наименьшая скорость потепления отмечается летом (КНЛТ= $0,31^\circ\text{C}/10$  лет). При этом в последний подпериод (1995-2024 гг.) скорость зимнего потепления заметно снизилась по сравнению с предыдущими десятилетиями.

Отмечается уменьшение частоты межсуточных перепадов температуры воздуха больше  $6^\circ\text{C}$  в зимний сезон в период 1995-2024 гг. по сравнению с более ранним периодом 1966-1994 гг.

Наиболее часто фиксируются межсуточные перепады температуры ( $>6^\circ\text{C}$ ) в зимний период, что превышает их суммарное число за остальные сезоны. Происходит также уменьшение дисперсии среднесуточной температуры воздуха.

Частота межсуточных перепадов атмосферного давления больше 8 гПа наиболее значительна зимой, при этом происходит ее слабое уменьшение с 23 случаев/сезон (период 1966-1994 гг.) до 22 случаев/сезон (период 1995-2024 гг.). По сезонам частота перепадов давления распределяется в следующей последовательности: зима, осень, весна, лето.

Выявлен отрицательный тренд среднегодового количества перепадов температуры выше  $6^\circ\text{C}$  (КНЛТ =  $-1,44$  случаев/10 лет), в то время как тренд для перепадов давления статистически незначим, что подтверждает общую тенденцию к снижению контрастности погодных условий в регионе.

### **СЕКЦИЯ 3**

## **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МОРСКИХ БЕРЕГОВЫХ ЛИНИЙ С УЧЕТОМ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

*Щодро А.Е., Неугомонов С.С. Божок И.Н.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

ashodro@ya.ru

Нами разработаны технические решения для комплексного укрепления берегов с учетом единства происходящих биофизических, биохимических и геологических процессов. Появилась основа для рационального использования водных ресурсов, и обеспечения экологической безопасности. Основные результаты научно-обоснованных решений планируется использовать в качестве мер защиты берегов в условиях воздействия морской среды. Элементы разработанных технологических решений могут быть задействованы при обеспечении устойчивости берегов русел рек и других водоемов. Имеет место постоянное исчезновение и сужение пляжей, а также обрушения прибрежных грунтовых массивов, находящихся на некотором удалении от береговой линии. Такая проблема очень актуальна для Крыма, Краснодарского края, и других регионов России, омываемых морем.

Сами пляжи и береговые массивы предлагается укреплять посредством реализации двух групп мероприятий:

1. Гидротехнические – обеспечивающие со стороны моря уменьшение интенсивности волнового воздействия и управление перемещениями донного грунтового материала (рис.1-а, б).

2. Геотехнологические – направленные на укрепление грунтового основания береговых линий, недопущение обрушений грунта в море и борьбы с фильтрацией (рис.1-в). Самые современные и совершенные из них, – это методы электрофизического спекания грунта и метод микро-цементации.

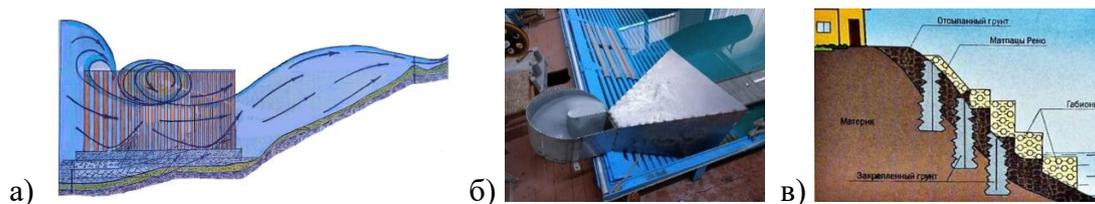


Рисунок 1. а) –схема снижения интенсивности волнового воздействия на прибрежный грунт посредством размещения волногасящих подводных конструкций; б) вихревой волногаситель; в) схема укрепления береговой части суши прибрежной территории.

# РАЗВИТИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА ДАННЫХ МОНИТОРИНГА МОРСКОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ И СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ LLM

*Шишкин Ю.Е.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
iurii.e.shishkin@gmail.com

Современные методы мониторинга водной среды формируют большие объемы разнородных массивов данных, требующих эффективных средств автоматизированного анализа. Выявление аномалий в таких данных имеет важное прикладное значение для задач океанологии и экологического контроля, однако традиционные статистические методы и алгоритмы машинного обучения часто функционируют как «чёрный ящик», сигнализируя об отклонениях без объяснения их причин и контекста, что затрудняет интерпретацию результатов и снижает доверие пользователей к таким системам. Особенно остро это проявляется в анализе данных мониторинга морской среды, где способность к содержательной интерпретации обнаруженных отклонений столь же важна, как и их корректное детектирование (Shishkin, 2016).

Предлагается комплексный подход (и реализующая его программа) к анализу данных мониторинга морской среды, объединяющий алгоритмические и семантические методы обработки. На первом этапе используется модуль автоматизированного обнаружения аномалий на основе выбора исследователем численного алгоритма (доступны: Z-score, Isolation Forest, Local Outlier Factor, One-Class SVM, Elliptic Envelope по расстоянию Махаланобиса), который применяется к многомерным наборам данных. На втором этапе выполняется построение интерактивных геопространственных карт с маркировкой обнаруженных аномалий, что позволяет локализовать участки с отклонениями и сопоставить их с географическими и гидрологическими особенностями акватории. Параллельно формируются графики и диаграммы анализируемых рядов мониторинга (гистограммы распределения, профили по глубине, временные ряды), обеспечивая наглядное представление динамики и статистических характеристик и расширяя возможности исследователя по поиску корреляций и тенденций — тем самым облегчая интерпретацию структур сложных данных.

На третьем этапе применяется ключевой компонент комплекса — интеллектуальный модуль семантического анализа на основе большой языковой модели (LLM), предназначенный для интерпретации выявленных аномалий с учетом контекстной информации и знаний предметной области. При обнаружении нетипичного отклонения система формирует структурированный запрос к LLM, снабженный необходимыми данными о контексте (масштаб отклонения, время и место, сопутствующие условия). Модель, обладая широкими встроенными знаниями и возможностью логических выводов, генерирует гипотезы о возможных причинах наблюдаемого явления и представляет их в виде понятного научного заключения. Например, комплекс поможет выявлять нетипичные события в массивах гидрофизических данных (аномальные скачки температуры, солёности, содержания кислорода) и быстро сформировать гипотезы об их происхождении с учётом океанологических знаний (штормовые явления, внутренние волны, апвеллинг либо ошибки датчиков). Новизна предложенного подхода заключается в интеграции алгоритмического и смыслового уровней анализа: существующие ранее решения как правило не объединяли

автоматическое обнаружение аномалий с их объяснением на естественном языке, поэтому предлагаемый комплекс заполняет этот пробел.

Важной сферой использования предложенного подхода является верификация данных: автоматическое выявление аномальных измерений позволяет отслеживать сбои датчиков или некорректные записи в системах сбора информации о морской среде. Обнаруженные аномалии могут помечаться для последующей экспертной проверки или фильтрации, повышая надежность и качество научных исследований и оперативного экологического контроля.

**Список использованной литературы:**

1. Shishkin Y.E. Big Data visualization in decision making // Science in Progress. Новосибирск: НГТУ, 2016. С. 203–205. ISBN 978-5-7782-3094-1.

## **ПОДВОДНЫЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В БУХТЕ АЛЕКСЕЕВА (О. ПОПОВА, АМУРСКИЙ ЗАЛИВ)**

*Фищенко В.К., Зимин П.С., Гончарова А.А., Машковский Д.А.*

ФГБНУ «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН»,  
Владивосток, Россия  
[fischenko@poi.dvo.ru](mailto:fischenko@poi.dvo.ru)

В ТОИ ДВО РАН с 2010 года ведутся работы по развертыванию системы оперативного научного мониторинга залива Петра Великого. Ее важным элементом является подсистема видеомониторинга, включавшая в разные годы до семи надводных и трех подводных сетевых IP-камер. В работе (Фищенко, 2018) были описаны развернутые в заливе комплексы подводного видеонаблюдения и представлены некоторые результаты их применения. В связи с организационно-техническими проблемами в начале 2020-х годов поддержка подводной части системы видеомониторинга была приостановлена. В 2023 году новая система подводного видеонаблюдения была развернута на одной из двух Морских экспериментальных станций (МЭС) института в бухте Алексеева (о. Попова, Амурский залив).

В восстановленной системе есть ряд особенностей, отличающих ее от предыдущих версий. IP-камера в герметичном металлическом кожухе установлена в 100 м от берега бухты на глубине около 4 м и направлена на искусственный риф. Последний представляют собой два рыбацких кухтыля, обросших морской растительностью и заселенных морскими гидробионтами. В связи с ограниченными возможностями каналов связи до Владивостока видео с камеры сначала поступает по проводному каналу в локальное береговое хранилище в виде следующих без перерывов 5-минутных роликов (разрешение кадра - 3840 x 2160 пикселей, скорость 10 кадр/сек). В нем хранятся видеоданные за 3 последних месяца, новые данные замещают старые. Каждый час один 5-минутный ролик пересылается в базу данных (БД) Океанологической информационно-аналитической системы (ОИАС) ТОИ ДВО РАН в здании института, объем последней достаточен для хранения видео более чем за 10 лет. Разработаны удобные интерфейсы для запроса и просмотра видео из БД сотрудниками института, привилегированным пользователям–экспертам предоставляется возможность комментировать видео, присваивать им т.н. теги, заводить тематические коллекции. При необходимости просмотра видео, отсутствующего в основной БД ОИАС, экспертам может быть предоставлен доступ к локальному хранилищу подводного видео на МЭС. Визуальный анализ полезен тем, что он позволяет обнаруживать и описывать редкие виды гидробионтов, интересные сюжеты сосуществования разных биологических видов, отслеживать общие тенденции в изменении подводного биоразнообразия бухты. Разработанное авторами программное обеспечение позволяет в режиме реального времени оценивать параметры гидрологических процессов – вариаций подводных течений, поверхностного волнения, колебаний уровня моря, а также оценивать некоторые параметры жизнедеятельности гидробионтов, в частности, «питательные» ритмы взрослых особей и зародышей морских желудей – баянусов, дыхательные ритмы морских раков. В докладе будут представлены соответствующие примеры.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы «Комплексное использование методов дистанционного зондирования Земли, а также наземных и подводных измерительных систем в исследованиях морских погодных образований, гидродинамических и биогеохимических процессов в верхнем слое океана и морей» (рег. номер 124022100080-0).

### **Список использованной литературы:**

1. Фищенко В.К., Зимин П.С., Зацерковный А.В., Гончарова А.А., Суботэ А.Е., Голик А.В. Стационарные системы подводного видеонаблюдения: возможности применения для мониторинга биоты прибрежных акваторий залива Петра Великого (Японское море) // Вестник ДВО РАН. — 2018. — № 1. — С. 149-160.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ОКЕАНСКОЙ ТОЛЩИ

Краснодубец Л.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Севастопольский государственный университет, ул. Университетская, 33

<sup>2</sup>Институт природно-технических систем, РФ, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

В статье обобщается цикл работ автора, посвящённых разработке и применению методического и программного обеспечения как составной части перспективных технологий вертикального профилирования океанской стратифицированной толщи при помощи морских автономных зондов-профилографов. Разработаны математические модели вертикального движения корпуса автономного зонда в океанской стратифицированной среде в форме дифференциальных уравнений относительно глубины и гидростатического давления с коэффициентами, зависящими от плотности морской воды. Эти уравнения, формирующие соответствующие процессы движения зонда, методом обратных задач динамики преобразованы к моделям динамических измерений, позволяющих по данным прямых измерений траекторных параметров движения зонда («глубинная» модель) или поданным временного ряда гидростатического давления («барическая» модель), которое регистрируется в процессе профилирования, формировать ординаты вертикальных распределений плотности морской воды как функций глубины или гидростатического давления соответственно. На этой основе предложено эффективное в вычислительном отношении алгоритмическое обеспечение для бортовой информационно-измерительной системы, работающей в режиме близком реальному времени в соответствии с предложенным базовым методом динамических измерений, выполняя автоматическое формирование в ходе зондирования вертикальные распределения основных характеристик стратификации океанской толщи поданным профиля плотности морской воды в зависимости от гидростатического давления. В случае использования «барической» модели все построенные за одно зондирование распределения вычислены по непосредственным измерениям, полученным от одного единственного датчика давления. Для расширения измерительной базы зонд может быть дооборудован стандартным измерительным каналом температуры. В результате получается РТ (Pressure Temperature) профилограф, который выгодно отличается от СТД профилографа тем, что имеет меньшее число датчиков, может работать без датчика температуры, измерительный канал для электропроводимости в принципе не нужен, распределение плотности строится в процессе профилирования по гидростатическому давлению и по глубине без привлечения уравнения TEOS-10. Показано, что для повышения скорости зондирования можно на базе профилографа построить smart структуру, оснастив профилограф устройством регулирования плавучести и адаптивной системой автоматического управления скоростными режимами его вертикального перемещения. Это позволит организовать «умное» профилирование за счёт автоматического выбора скоростного режима, обеспечивая гарантированную точность измерений. Верификация моделей, алгоритмического и программного обеспечения выполнена методом компьютерного моделирования. Исследовано влияние постоянных времени датчика гидростатического давления на точность измерений плотности морской воды. Получены оценки методической точности.

*Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 121122300070-9.*

### **Список использованной литературы:**

1. Краснодубец Л.А. Динамические измерения в задачах оперативной океанологии при исследовании свойств океанской толщи. СКОС. Науч. журнал. Севастополь, ИПТС. 2022. Вып. 1(47). С. 56–65.
2. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Моисеев Д.В. Учёт специфики термохалинных градиентов при СТД – профилировании моря. Вестник южного научного центра РАН. Т4, №2, 2008.С34-45.
3. Akhras G. Smart Materials and Structures. *Canadian Military J.* Autumn, 2000. P. 25-31.

## СИСТЕМА ПОГРУЖЕНИЯ-ВСПЛЫТИЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОГО ЗОНДА

Шановалов О.Ю.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем» (ИПТС), г. Севастополь, Россия

[neoton@list.ru](mailto:neoton@list.ru)

Устройства погружения-всплытия морских зондов — это механизмы, обеспечивающие погружение на заданную глубину и подъем подводных аппаратов, научных зондов или исследовательского оборудования с глубины на поверхность воды. Они критически важны для сохранения и передачи данных, восстановления аппаратуры и повторного использования устройств. В современных устройствах существует тенденция использования электромагнитных замков с механическим размыкателем.

Разработанная система погружения-всплытия океанографического измерительного зонда представлена на рис. 1.

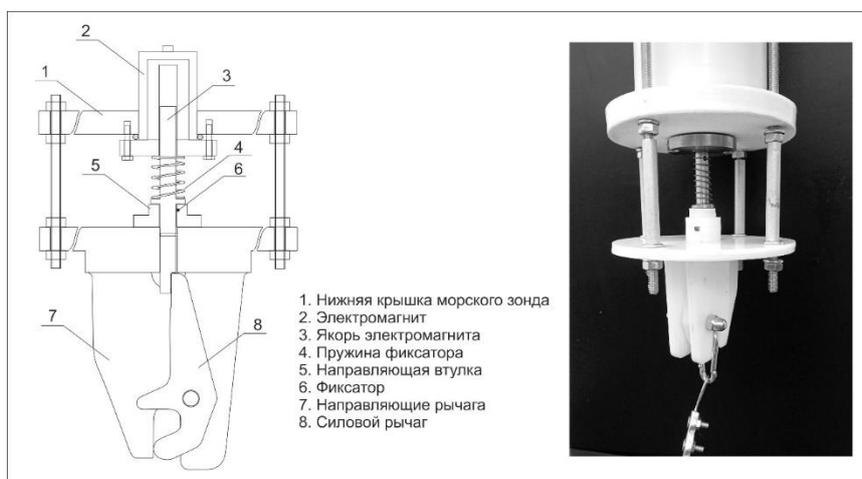


Рисунок 1 – Внешний вид системы погружения -всплытия океанографического измерительного зонда.

В состав системы входят электромагнит (2), якорь электромагнита (3), фиксаторы (4,6), силовой рычаг(8).

Система работает следующим образом. Силовым рычагом (8) фиксируется балластный груз и морской зонд готов к погружению. При проведенном погружении по заданной программе на электромагнит (2) подается управляющее напряжение, происходит втягивание якоря электромагнита (3) с одновременной фиксацией в нужном положении при помощи фиксатора (6). Происходит высвобождение силового рычага и сброс балластного груза. Морской измерительный зонд всплывает на поверхность для передачи данных на базовую станцию.

*Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124012700512-1.*

### Список использованной литературы:

1. Океанология: инструментальные методы измерения основных параметров морской воды: учебное пособие / В. С. Архипкин, А. Ю. Лазарюк, Д. Е. Левашов, А. Н. Рамазин. – Москва : МАКС Пресс, 2009. – 336 с.
2. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: Эко-Трендз, 2000. – 270 с.
3. Сайты: <https://patents.su/>, <https://www1.fips.ru>, <https://www.tenderguru.ru>

## СТАЦИОНАРНЫЕ ПУНКТЫ НАБЛЮДЕНИЙ СОСТАВА АТМОСФЕРЫ ИФА ИМ. А.М.ОБУХОВА РАН В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ И В Г. КИСЛОВОДСКЕ

*Беловсов В.А., Беликов И.Б., Моисеенко К.Б.*

ФГБУН Институт физики атмосферы им.А.М.Обухова РАН, г. Москва, Россия  
belousov@ifaran.ru

Одним из основных методов изучения процессов загрязнения атмосферы вследствие антропогенного воздействия является, как известно, постоянный мониторинг состава атмосферы. В Российской Федерации на общегосударственном уровне такой мониторинг осуществляется Росгидрометом. Кроме того, мониторинг состава воздуха осуществляют ведомственные сети (в частности, ГПБУ "Мосэкомониторинг" в г. Москве), а также пункты наблюдений, создаваемые по инициативе некоторых академических и отраслевых научных учреждений, в т.ч. и ИФА им.А.М.Обухова РАН (Belousov, 2023).

На Звенигородской научной станции ИФА им.А.М.Обухова РАН (Московская обл., Одинцовский г.о., дер.Новошихово) с 2022 года действует стационарный пункт наблюдений состава атмосферы, созданный на основе автоматизированного интегрированного комплекса аппаратуры.

Автоматизированный комплекс укомплектован приборами производства ведущих отечественных и зарубежных производителей. В настоящее время непрерывно измеряются приземные концентрации O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub>. В составе комплекса имеется прибор для измерений концентраций широкого ряда летучих органических соединений в приземном воздухе.

Отличительной особенностью комплекса является размещение всех его составных частей не в лабораторных помещениях, а во всепогодных шкафах, установленных на открытом воздухе на территории пункта наблюдений, что обеспечивает пожарную безопасность непрерывной и круглосуточной работы приборов комплекса.

В составе комплекса имеется метеорологическая мачта, позволяющая устанавливать измерительную аппаратуру на высотах от 5 до 20 метров над уровнем грунта. Приборы, установленные на мачте, автоматически измеряют метеорологические параметры: атмосферное давление, температуру и влажность воздуха, направление и скорость ветра, количество выпавших осадков. Также измеряются все характеристики турбулентности в приземном слое атмосферы и турбулентные потоки явного и скрытого тепла и CO<sub>2</sub>.

Программное обеспечение комплекса осуществляет полностью автоматизированную запись показаний приборов, а также технических параметров их функционирования. Наблюдение за работой комплекса осуществляется дистанционно, через сеть Интернет. Периодический контроль функционирования и калибровки приборов осуществляются с использованием поверочных газовых смесей.

С декабря 2024 г., помимо наблюдений на Звенигородской научной станции, проводятся аналогичные наблюдения в черте г. Кисловодска, в здании Кисловодской научной станции. (г. Кисловодск, ул. Гагарина, 84). В настоящее время непрерывно измеряются приземные концентрации O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>. В будущем планируется расширение числа измеряемых компонентов состава атмосферы, посредством включения в состав автоматизированных комплексов новых измерительных приборов.

Данные наблюдений на описанных стационарных пунктах используются в ИФА им.А.-М.Обухова РАН, главным образом, для верификации и последующего совершенствования фотохимических моделей прогноза загрязнения атмосферы.

### Список использованной литературы:

1. Belousov V.A., Belikov I.B., Moiseenko K.B., Skorokhod A.I. (2023), Variations of Organic and Inorganic Atmospheric Boundary Layer Gaseous Species by Observations in Moscow and Zvenigorod // Russian Journal of Earth Sciences. Vol. 23, ES0206, doi: 10.2205/2023ES02SI06.

# ГИБРИДНЫЕ МИКРОГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ ФОКУСИРУЮЩИМ СОЛНЕЧНЫМ КОЛЛЕКТОРОМ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Дологлонян А.В., Матвеев В.Т., Клименко А.Г.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
dologlonyan@mail.ru

Для среднесуточного поступления прямого солнечного излучения на единичную перпендикулярную солнечным лучам поверхность в период с апреля по сентябрь в некоторых районах РФ приход солнечной энергии достигает  $6,5 \dots 7,0$  кВт·ч/(м<sup>2</sup>·день), что соответствует максимальным среднесуточным поступлениям солнечной энергии в наиболее солнечных районах экваториальной зоны земного шара. При этом максимальная суммарная солнечная радиация в этот период года приходится на Сибирь, что связано с действием в этом районе антициклона, обеспечивающим снижение облачности и повышение прозрачности атмосферы. Это благоприятствует использованию встроенных фокусирующих солнечных коллекторов (ФСК) для повышения топливной экономичности микрогазотурбинных установок (МГТУ). Были рассмотрены МГТУ со встроенным ФСК на базе простого цикла (ПЦ) и ПЦ с турбокомпрессорным утилизатором (ТКУ) для климатических условий г. Якутск, которые характеризуются кроме высокого прихода солнечной радиации еще и большим сезонным перепадом температур с целью определения влияния сильно изменяющихся климатических факторов на эффективность энергетической установки.

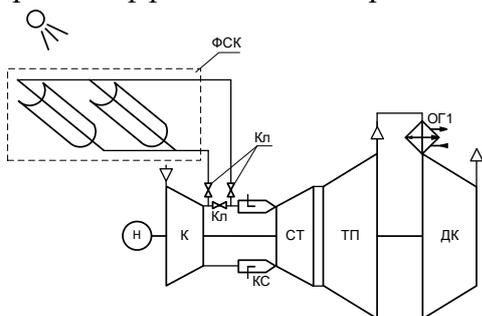


Рисунок 1 – Схема гибридной МГТУ на базе ПЦ+ТКУ: К – компрессор; КС – камера сгорания; Т – турбина; ОГ2 – охладитель газов; Н – нагрузка; ТП – турбина перерасширения; ДК – дожимающий компрессор; Кл – клапан

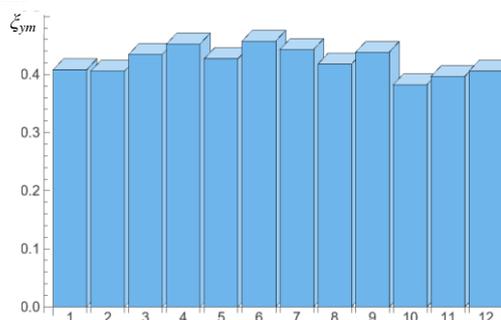


Рисунок 2 – Распределение среднемесячного коэффициента использования топлива по месяцам года для гибридной солнечной МГТУ на базе ПЦ+ТКУ,  $A_s = 1800$  м<sup>2</sup>

Проведенные исследования показали, что:

- в условиях Севера большие сезонные перепады температур оказывают существенное влияние на параметры работы гибридных солнечных МГТУ, при этом установки могут работать как в режиме постоянной мощности, так и в режиме постоянного приведенного расхода;

- включение ФСК в состав когенерационной МГТУ позволяет увеличить топливную экономичность на  $4 \dots 7$  % (см. рис. 2) и снижает выработку электроэнергии на  $3 \dots 5$  % в год, что необходимо учитывать при подборе базовой МГТУ;

- наиболее целесообразным (если есть возможность выхода на внешние электросети) режимом работы гибридных установок является режим постоянного приведенного расхода, который обеспечивает более высокую экономичность при пониженных температурах окружающего воздуха, однако это требует определенного запаса прочности, поскольку основные механические параметры МГТД (частота вращения, степень повышения давления в К) возрастают примерно на 10 %;

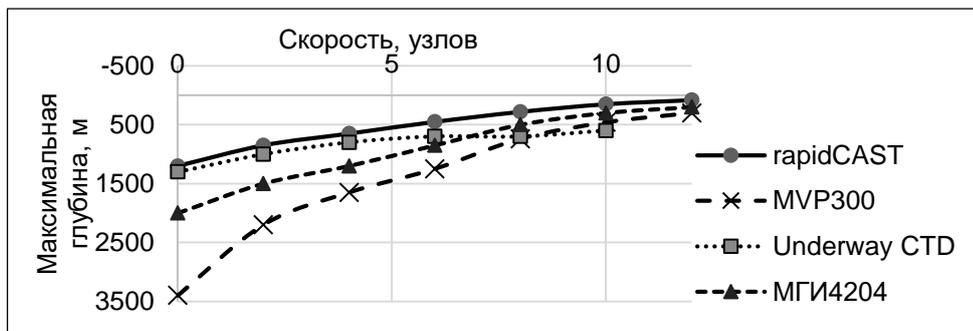
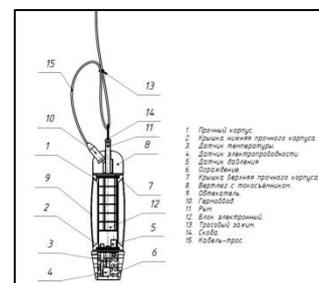
- наиболее экономичной является схема гибридной солнечной МГТУ на базе ПЦ+ТКУ (см. рис.1), однако в климатических условиях Севера, где теплоснабжение является в осенне-весенний период основой выживания наиболее целесообразной является схема на базе ПЦ, которая имеет значительно более высокий теплотехнический КПД.

# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МОРСКИЕ СИСТЕМЫ ЗОНДИРОВАНИЯ, ОСНОВАННЫЕ НА МЕТОДЕ ИЗМЕРЕНИЯ С ЦИКЛИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЕМ ГЛУБИНЫ ГИДРОЗОНДОВ

Греков Н.А., Рязанов В.А., Пасынков М.А.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
rjaz-17@yandex.ru

Суть метода заключается в том, что гидрозонд, являясь частью буксируемой системы, следует за судном. Периодически его погружают на заданную глубину, сматывая трос, кабель или фал. Однако для этого необходимо использовать лебедку с достаточным свободным ходом и мощностью, чтобы можно было выбрать зонд во время движения судна и иметь специальный зонд особой конструкции. Создание системы, использующей метод циклических изменений глубины, изначально было обусловлено необходимостью получения быстрых, точных и экономичных профилей с движущихся судов. В условиях растущего внимания к воздействию человеческой деятельности на окружающую среду, дополнительным стимулом для разработки таких систем является возможность их повторного использования, в отличие от одноразовых устройств. Это позволяет избежать накопления пластика и других потенциально опасных материалов на дне морей, что особенно важно в экологически уязвимых районах. Метод измерения с циклическим изменением глубины постоянно улучшается и заполняет нишу, которую не могут заполнить другие существующие буксируемые системы. Первые гидрозонды для этой системы были спроектированы, запатентованы, подвергнуты испытаниям и успешно применены на научных судах (Греков и др., 2020). Особое внимание было уделено узлу крепления между буксируемым кабелем и гидрозондом, и конструкция оказалась настолько удачной, что система могла работать в течение нескольких месяцев без необходимости переделки троса. Внешний вид запатентованного гидрозонда и узла крепления представлен на рисунке 1. Дальнейшее развитие гидрозондов для этого метода связано с появлением новых материалов и электронных компонентов. Особое внимание уделяется динамическим ошибкам измерительных каналов, которые из-за различных скоростей и направлений погружения не



соответствуют заявленным статическим неопределенностям, указанным в паспорте на прибор. Исследования по улучшению динамических погрешностей измерительных

каналов не прекращаются в силу постоянно изменяющихся условий эксплуатации и конструктивных особенностей гидроприборов. В этой части можно представить обширный анализ исследований, посвященных разработке методологии обработки данных, например, для точного определения солености на основе измерений, выполненных с использованием CTD и SVP-зондов различных производителей (Греков и др., 2020).

На рисунке 2 показаны результаты зондирования различных систем, разработанных отдельными компаниями. Характер этих графиков у всех систем идентичен и отличается лишь незначительными отклонениями, обусловленными конструкцией гидрозондов и используемыми тросами или кабель-тросами.

Выводы. Циклическое изменение глубины зондирования обеспечивает получение репрезентативных данных о пространственных и временных вариациях гидрологических характеристик, таких как температура, соленость, прозрачность и содержание растворенных

веществ и т.д. Этот метод является качественным инструментом в гидрологических исследованиях и мониторинге окружающей среды, позволяя ученым и специалистам получать точные и надежные данные для дальнейших аналитических и прогностических моделей.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Совершенствование технических средств и измерительных информационных технологий исследований природных вод» (№ госрегистрации 124012700512-1).*

**Список использованной литературы:**

1. Греков А.Н., Греков Н.А., Сычев Е.Н. Среднечастотные акустические методы и средства для исследования водной среды. Севастополь: ИПТС, 2020. 126 с. ISBN 978-5-6044196-6-3.

# ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ БУКСИРУЕМЫХ ЗОНДИРУЮЩИХ СИСТЕМ, ОСНАЩЕННЫХ ПЕРЕДОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ И ИНСТРУМЕНТАМИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ IN SITU ХАРАКТЕРИСТИК МОРСКОЙ ВОДЫ

*Греков А.Н., Греков Н.А., Мишуров В.Ж., Трусевич В.В., Шмырева И.Г.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

[i@angrekov.ru](mailto:i@angrekov.ru)

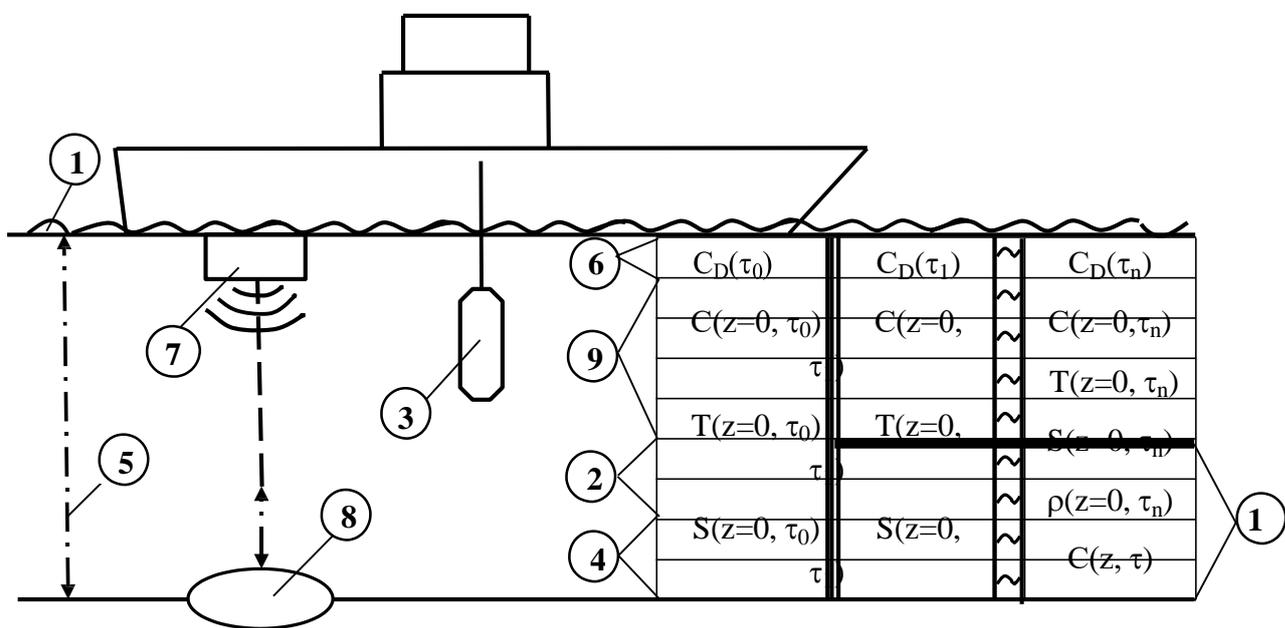
Рассмотрены ключевые методы, включая интегральные измерители, гирлянды гидрозондов, системы с автоматическим управлением глубиной и циклическим зондированием. Особое внимание уделено преимуществам буксируемых систем перед автономными устройствами (дрифтеры, глайдеры) и стационарными сетями: высокая мобильность, оперативная передача данных, гибкая адаптация траектории и глубины измерений. На основе экспериментальных данных и авторских разработок проведен сравнительный анализ методов, выделены их технические характеристики, ограничения и области применения. Например, метод циклического изменения глубины (до 1000 м на скорости 15 узлов) обеспечивает высокое разрешение при изучении микроструктурных процессов, а гибридные системы совмещают измерения STD, гидрохимии и турбулентности, сокращая время экспедиций. Результаты представлены в табличной форме, включая оценку методов по критериям: пространственно-временное разрешение, скорость буксировки, комплексность измерений. Практические рекомендации подчеркивают целесообразность комбинирования методов для решения конкретных задач (микроструктурные, мезомасштабные, крупномасштабные исследования). Ключевым выводом является формирование новой парадигмы экспедиционных исследований, основанной на синхронном мультипараметрическом мониторинге в реальном времени. Это позволяет перейти от локальных замеров к динамическому управлению процессом зондирования, что значительно повышает эффективность изучения океанических процессов и оптимизирует ресурсные затраты.

Таблица – Результаты анализа методов и систем измерения пространственно-временных характеристик океанов и морей на ходу судна

№ п/п	Назначение и характеристика метода	Методы и системы измерения пространственно-временных характеристик океанов и морей на ходу судна							
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
1	Исследование микроструктурных и тонкоструктурных пространственно-временных характеристик воды: по вертикали от 0,1 мм, по горизонтали от 1 см	0	1	0	0	1	0	0	1
2	Исследование мезомасштабных пространственно-временных характеристик морских и океанических акваторий: по вертикали от 1 м, по горизонтали от 100 м	0	1	1	1	1	1	1	1
3	Работа на полном ходу судна (16 узлов до глубины 1000 м)	1	1	0	0	1	1	1	1
4	Вертикальное погружение	0	1	0	0	1	-1	-0	1
5	Сохранность погружаемого устройства (гидрозонда)	1	1	1	1	1	0	1	1
6	Комплексность измерений	0	1	1	1	1	1	0	1
7	Попутные измерения	1	0	0	0	0	1	0	1
8	Комплексность измерений с батометрами	0	1	0	0	1	0	0	1
9	Погружение и всплытие по заданной траектории	0	0	0	0	0	0	1	0
10	Сложность в реализации	0	1	1	1	1	0	1	0
11	Исследование крупномасштабных пространственно-временных характеристик океанов и морей: по вертикали от 100 м, по горизонтали от 100 км	1	0	0	1	1	1	1	1

Таким образом, использование современных методов и технологий в области съемки предоставляет исследователям не только широкие возможности для разработки плана

эксперимента, но и позволяет контролировать его в процессе изучения, обеспечивая глубокое понимание сути исследуемых явлений. Грамотное применение рассмотренных методов, систем и технологий в океанографических исследованиях может привести к существенной экономической выгоде за счет оптимизации временных и других показателей.



*Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Совершенствование технических средств и измерительных информационных технологий исследований природных вод» (№ госрегистрации 124012700512-1).*

# ОБНАРУЖЕНИЕ АНОМАЛИЙ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ZERO-SHOT МОДЕЛИ MOIRAI-MOE

Греков А.Н., Маврин А.С., Кузьмин К.А.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

[i@angrekov.ru](mailto:i@angrekov.ru)

В работе представлена методология Zero-shot обнаружения аномалий во временных рядах, регистрируемых биологическими системами раннего предупреждения (BEWS), основанными на мониторинге активности двустворчатых моллюсков (Grekov et al., 2019). В качестве основного инструмента использована модель Moirai-MoE, реализующая архитектуру смеси экспертов (Mixture of Experts) с динамической специализацией на уровне токенов, что обеспечивает адаптивное распознавание аномалий в условиях нестационарности и шумовых искажений без дополнительного обучения.

Исследование выполнено на реальных данных активности моллюсков *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758), зарегистрированных автоматизированной системой BEWS, функционирующей на одном из водозаборов Севастополя. Сравнение с традиционными алгоритмами (Isolation Forest, ARIMA (Маврин и др., 2023), SARIMAX (Греков и др., ИИ, 2024), Prophet (Grekov et al., Forecasting, 2024) и др.) показало, что применение модели Moirai-MoE позволяет сократить задержку детектирования аномальных событий на 30–60 минут, одновременно снижая долю ложных срабатываний.

Установлено, что оптимальный интервал усреднения сигналов (20–30 минут) обеспечивает наилучший баланс между точностью прогноза и уровнем ложных тревог, а длина контекста от 8 до 12 часов и количество прогнозных точек от 2 до 3 обеспечивают устойчивое функционирование модели в режиме реального времени.

Разработанный подход продемонстрировал высокую устойчивость к вариациям поведения гидробионтов и параметров водной среды, что особенно важно при эксплуатации BEWS в нестационарных природных условиях. Zero-shot-парадигма, не требующая предварительного обучения, существенно снижает вычислительные затраты, упрощает развертывание и повышает переносимость решений между различными экосистемами.

Результаты исследования показывают, что интеграция Moirai-MoE в интеллектуальные комплексы биомониторинга открывает возможности для создания универсальных и ресурсоэффективных систем экологического контроля, объединяющих биоиндикацию с современными методами машинного обучения и обеспечивающих высокую адаптивность к динамическим изменениям среды.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Совершенствование технических средств и измерительных информационных технологий исследований природных вод» (№ госрегистрации 124012700512-1).*

## Список литературы:

1. Греков А.Н., Вышкваркова Е.В., Маврин А.С. Алгоритм обнаружения аномалий с помощью модели SARIMA для программного обеспечения автоматизированного комплекса биомониторинга водной среды // Искусственный интеллект и принятие решений. 2024. № 1. С 52–67.
2. Маврин А.С., Греков А.Н., Вышкваркова Е.В. Обнаружение аномалий моделью SARIMAX в рядах активности двустворчатых моллюсков для автоматизированного

комплекса биомониторинга водной среды // Системы контроля окружающей среды – 2023: тезисы докладов Международной научно-практической конференции. Севастополь, 2023. С. 26.

3. Grekov A.N., Kuzmin K.A., Mishurov V.Z. Automated early warning system for water environment based on behavioral reactions of bivalves // 2019 International Russian Automation Conference IEEE. 2019. P. 1–5.
4. Grekov A.N., Vyshkvarkova E.V., Mavrin A.S. Forecasting and Anomaly Detection in BEWS: Comparative Study of Theta, Croston, and Prophet Algorithms // Forecasting. 2024. Vol. 6, No. 2. P. 343–356. DOI: 10.3390/forecast6020019. EDN FXCICY.

# ДИСТАНЦИОННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ВИБРАЦИИ СИСТЕМ ТРУБОПРОВОДОВ И ВОЗДУХОВОДОВ АЭС

Коренькова А.А., Рачицкая А.А., Нурзай В.А., Губарев Ф.А.

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

[meleenda@yandex.ru](mailto:meleenda@yandex.ru)

Цель данной работы – исследование возможности использования дистанционных оптических методов, основанных на лазерной спекл-корреляции (Елугачев, 2023) и фотомодуляции света с применением голографических плёнок (Nurzai, 2024), для контроля вибрации систем перекачки жидкостей и систем вентиляции.

Измерения вибрации систем перекачки воды и масла производились одновременно двумя методами и в разных режимах работы. В водонасосной системе (рис. 1, а) режимы – ламинарный и кавитации, в перекачки масла (рис. 1, б) – нормальная работа и два режима кавитации. При наступлении кавитации наблюдается снижение частоты вибрации трубопровода.

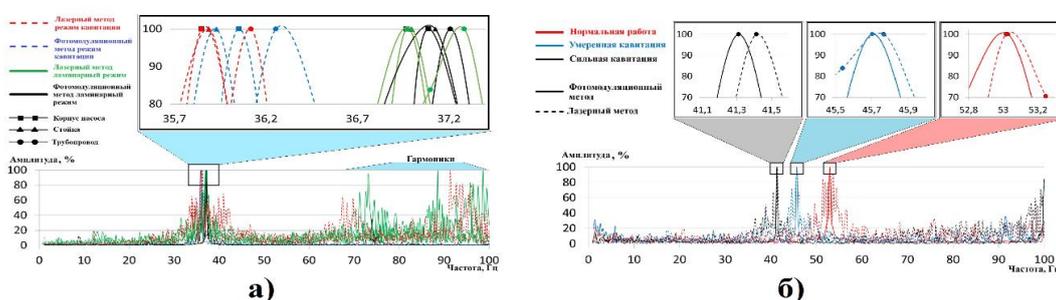


Рис. 1. Результаты частотного анализа вибрации.

а – водонасосной системы, б – технической системы перекачки масла

Измерения относительной амплитуды вибрации проводились на длинном горизонтальном участке воздуховода. Результаты фиксации переходного процесса перекрытия воздушного потока для обоих методов представлены на рис. 2, а. Для машинной обработки проведено усреднение (децимация) данных за выбранный временной период рис. 2 б.

Прямая часть горизонтального воздуховода 400x300  
Перекрытие воздушного потока

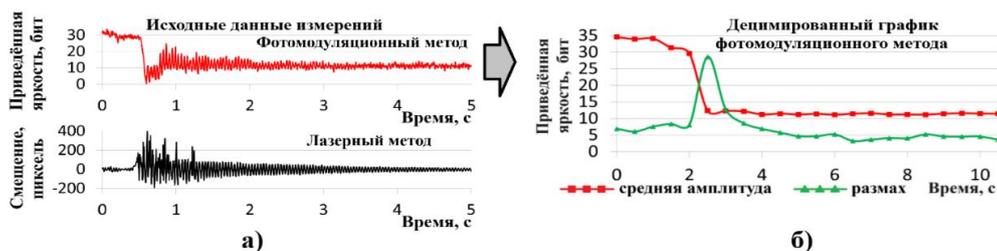


Рис. 2. Визуализация колебаний пролёта воздуховода при перекрытии воздушного потока.

а – исходные данные измерений вибрации, б – усреднённые параметры вибрации

## Список использованной литературы:

1. Елугачев П.А. Применение технологии флопов в техническом зрении киберфизических систем для диагностики автодорожных мостов / П.А. Елугачев, Ф.А. Губарев, А.А. Банников, А.В. Мостовщиков // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2023. – Т. 25, No 2. – С. 191–206.
2. Nurzai V.A., Gubarev F.A., Lej V.A. Optical methods for measuring movements to control the vibration of technological equipment. Environmental control systems, 2024, No. 55, pp. 118–129.

## ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ОТБОРА ПРОБ ФЛЮИДОВ ИЗ ХОЛОДНЫХ СИПОВ НА ПРИМЕРАХ БУХТЫ ЛАСПИ (ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)

<sup>1,2</sup>Лысенко В.И., <sup>3</sup>Шик Н.В.

<sup>1</sup>ФГБНУ «Институт природно-технических систем». Россия, г. Севастополь. Россия

<sup>2</sup>Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Филиал МГУ в г. Севастополь. Россия

[Niagara\\_sev@mail.ru](mailto:Niagara_sev@mail.ru)

<sup>3</sup>ГБОУ ДО «Севастопольский центр туризма, краеведения, спорта и экскурсий», г. Севастополь

В наши дни мировое сообщество обеспокоено проблемами потепления климата, таяния ледников и повышением уровня Мирового океана. Их главной причиной является парниковый эффект, который связан с увеличением в атмосфере углекислого газа и метана. Значительная часть из них поступают с флюидами из сипов дна морей и океанов. Поэтому актуальными являются работы по выработке методики отбора проб флюидов из них.

Участок с выходами газа сипов находится на пересечении Ласпинского и Берегового разломов и на глубинах от 1.5 до 3.0 метров. Выходы пузырьков флюидов приурочены к трем пляжным бактериальным постройкам. За двадцатилетний период наблюдения было установлено, что дебит отдельных струй газа менялся в течение часа, суток и времен года. Его объемы выбросов изменялись от 8.6 до 37.6 мл/мин.

При взятии первых проб на состав флюидов в 2014 году газ отбирался в пятилитровую емкость. Она устанавливалась и крепилась над сипом. Время отбора составляло 40, 45 и 50 минут. Из неё под водой газ отбирался в пол литровые бутылки и анализы выполнялись в лаборатории ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ. В пробе, отобранной за 45 минут, содержание метана составляло 81.9%, а взятии газа за 50 минут его содержание увеличилось до 90.8 – 91.9%.

При последующем опробовании была усовершенствована методика отбора проб, что позволило отбирать газ в фармацевтический флакон объемом 100 мл в течение 5.0-10.0 минут.

В результате было установлено, что непостоянные объемы выбросов газов характеризуются переменным газовым составом флюидов. Его состав был непостоянным в течение нескольких минут. Главным компонентом флюидов являлся CH<sub>4</sub> (55.74 – 61.18). Общая сумма в пробах тяжелых углеводородов не превышала 1.5 %. Дополнительными компонентами в флюидах являются N<sub>2</sub> (9.6 – 40.1%), O<sub>2</sub> (0.27 – 8.9%), CO<sub>2</sub> (0.099 – 0.37%), He (0.292 – 1.189%), H<sub>2</sub> (3.12 – 6.33ppm), H<sub>2</sub>S (0.13ppm), COS (0.042 – 0.081ppm) и CS<sub>2</sub> (0.162 – 4.125ppm). Для выяснения влияния времени взятия проб на состав флюидов, был осуществлен отбор газ в фармацевтические флаконы объемом 100 мл в течение 35, 45 и 50 минут. В результате в составе газов увеличилось содержание CH<sub>4</sub> (78.1-85.1 %) и уменьшилось содержание N<sub>2</sub> (6.8-8.6 %), O<sub>2</sub> (5.4-6.1 %), CO<sub>2</sub> (0.18-0.05 %) и He (0.43-0.45 %). Данные анализов доказали, что результаты опробования зависят от затрат времени на отбор пробы.

Состав флюидов бухты Ласпи отличается от содержаний газов в холодных сипах Черного моря. По данным опробования струй газа на северо-западном шельфе и палеорусле Днепра, в их состав входили CH<sub>4</sub> (94.9 - 99.0%) и всего несколько процентов N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и H<sub>2</sub>. При этом пробы, отобранные на большей глубине, характеризуются более высокими содержаниями в них CH<sub>4</sub>. Такой процентный состав газов, можно объяснить методикой опробования. В указанных исследованиях взятия проб газа занимал существенный интервал времени. При этом происходило разделение (дифференциация) смеси газа по удельному весу, что установили авторы при взятии проб флюидов за разные промежутки времени.

По результатам выполненных методических исследований установлено, что флюиды бухты Ласпи имеют многокомпонентный газовый состав. Результаты анализов состава газов флюидов зависят от временного промежутка, за который были отобраны пробы.

*Работа поддержана государственной бюджетной темой в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124020100120-9.*

# АНАЛИЗ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОНСТРУКТИВНОЙ КОНСТАНТЫ АВТОНОМНОГО ЗОНДА-ПРОФИЛОГРАФА ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПЛОТНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ

Семькина И.Ю.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
arinasemykina@gmail.com

Среди методов определения плотности морской воды *in situ* представляет интерес метод динамических измерений с использованием автономного зонда-профилографа (Краснодубец, 2024), дающий вертикальный профиль плотности морской воды.

Для реализации метода необходимо знать конструктивную константу:

$$a = \frac{C_x S_m}{2V_b}, \text{ м}^{-1},$$

где  $V_b$  – объем корпусной части зонда,  $\text{м}^3$ ;  $S_m$  – площадь поперечного сечения зонда,  $\text{м}^2$ ;  $C_x$  – коэффициент лобового сопротивления, безр.

Суммарная стандартная неопределенность ее вычисления может быть записана следующим образом:

$$u(a) = \sqrt{(k_{C_x} u(C_x))^2 + (k_{S_m} u(S_m))^2 + (k_{V_b} u(V_b))^2};$$

$$k_{C_x} = \frac{\partial a}{\partial C_x} = \frac{S_m}{2V_b}; \quad k_{S_m} = \frac{\partial a}{\partial S_m} = \frac{C_x}{2V_b}; \quad k_{V_b} = \frac{\partial a}{\partial V_b} = -\frac{C_x S_m}{2V_b^2},$$

где  $u(x)$  – неопределенность измерения величины  $x$ , а  $k_x$  – соответствующий коэффициент чувствительности.

Для количественной оценки неопределенности  $u(a)$  диапазоны изменения  $x$  и значения  $u(x)$  определены на основе экспертного анализа или рациональных технических соображений. При наилучших оценках неопределенностей  $u(C_x)=0,0228$ ,  $u(S_m)=9,425 \times 10^{-7} \text{ м}^2$  и  $u(V_b)=9,839 \times 10^{-8} \text{ м}^3$ , минимальное значение  $u(a)$  составляет  $0,0057 \text{ м}^{-1}$ . Анализ коэффициентов чувствительности (рис. 1) показал, что наибольший вклад в формирование  $u(a)$  вносит составляющая, обусловленная неопределенностью  $C_x$ . Все составляющие  $u(a)$  в значительной мере зависят от линейных размеров зонда и с их ростом снижаются.

Таким образом можно утверждать, что при выборе конструкции зонда-профилографа целесообразно повышать  $V_b$  при снижении  $S_m$ . Указанные конструктивные соотношения

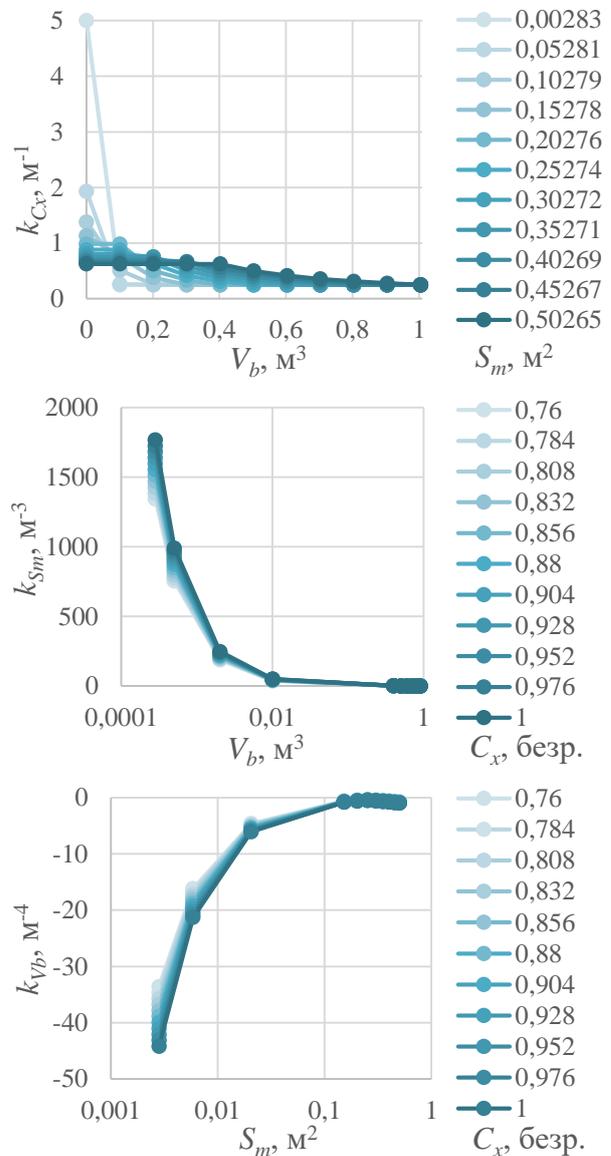


Рисунок 1 – Коэффициенты чувствительности

предполагают увеличение отношения длины зонда к его диаметру, что дополнительно снижет  $C_x$ .

*Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТГС № госрегистрации 124012700512-1.*

**Список использованной литературы:**

1. Краснодубец Л.А., Шишкин Ю.Е., Шаповалов О.Ю., Клименко А.В., Пеньков М.Н. Морской автономный зонд-профилограф // Системы контроля окружающей среды. – 2024. – № 1(55). – С. 42–52.

## О РАЗДЕЛЕНИИ ДИБЕНЗОПИРЕНОВ В МЕТОДЕ ВЭЖХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛОНКИ ОТ MACHEREY-NAGEL

*Халиков И.С., Корунов А.О.*

ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия

E-mail: Khalikov@rpatyphoon.ru

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) представляют собой большую группу органических соединений с двумя или более конденсированными ароматическими кольцами, которые являются широко распространенными загрязнителями окружающей среды (Халиков, 2024).

Большую озабоченность среди высокомолекулярных ПАУ вызывают дибензопирены, которые состоят из 6 конденсированных ароматических колец с молекулярной массой 302, образованных из центрального пиренового фрагмента с двумя дополнительными бензольными кольцами. В их группу входят следующие изомеры – дибенз(*a,l*)пирен (DBalP; CAS №191-30-0), дибенз(*a,i*)пирен (DBaiP; CAS № 189-55-9), дибенз(*a,h*)пирен (DBahP; CAS №189-64-0), дибенз(*a,e*)пирен (DBaeP; CAS №192-65-4). Дибензопирены не уступают по мутагенной и канцерогенной активности бенз(*a*)пирену, а некоторые из них (DBalP, DBahP, DBaiP) на 1-2 порядка превосходят его (IARC, 2010).

Присутствие дибензопириенов было показано в разных экологических матрицах – в твердых частицах воздуха, выхлопных газах транспорта, каменноугольной смоле, автомобильных шинах, золе, почве, донных отложениях, пищевых продуктах и многих других объектов. Основными источниками дибензопириенов в окружающей среде является сжигание древесины, угля, нефтепродуктов, биомассы, а также выбросы автотранспорта.

Исследования о концентрациях дибензопириенов в воздухе показали, что использование в качестве маркера только бенз(*a*)пирена может привести к недооценке канцерогенности ПАУ. Определение и контроль концентраций дибензопириенов в объектах природной среды рекомендованы Всемирной организацией здравоохранения.

Для идентификации и количественного определения дибензопириенов использовали хроматограф "LC-20" (Shimadzu) с флуориметрическим детектором "RF-20A" и детектором на основе диодной матрицы "SPD-M20A". Измерения проводили с применением колонки NUCLEOSIL 100-5 C18 PAH (150 x 4,6 мм; 5 мкм) и защитным картриджем (5 x 3 мм) производства фирмы Macherey-Nagel (Германия) в условиях градиентного элюирования смесью ацетонитрила и воды от 70% (0-5 мин) до 90% (20 мин) и далее до 100% (25 мин), при скорости потока 1,0 мл/мин и температуре 40 °С. Объем аликвоты для ввода пробы – 10 мкл. В качестве градуировочных стандартов использовали смеси ПАУ и стандартные растворы индивидуальных дибензопириенов от "Dr. Ehrenstorfer GmbH". Правильность результатов определения ПАУ подтверждали методом "введено-найдено".

По времени удерживания на хроматограммах дибензопирены среди некоторых других ПАУ располагались следующим образом: дибенз(*a,l*)пирен (17,2 мин), бенз(*g,h,i*)перилен (17,9 мин), инден(*1,2,3-c,d*)пирен (18,8 мин), дибенз(*a,e*)пирен (20,3 мин), антантрен (22,1 мин), коронен (25,0 мин), дибенз(*a,i*)пирен (27,6 мин), дибенз(*a,h*)пирен (30,0 мин).

В течение 30 мин происходило разделение с удовлетворительным разрешением и достаточной эффективностью смеси 25 ПАУ.

### **Список использованной литературы:**

1. Халиков И.С. Оценка возможности диагностики источников загрязнения атмосферного воздуха полициклическими ароматическими углеводородами по их компонентному составу: Монография. ФГБУ "НПО "Тайфун" Росгидромета России. – Тамбов: Издательство Юконф, 2024. – 80 с.
2. IARC (International agency for Research on Cancer). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures. – Lyon, France, 2010. – Vol. 92. – 853 pp.

# МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ПОСТРОЕНИЯ ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

*Писарев В. И.*

Севастопольский государственный университет, Россия

pisarev.valsidalv@gmail.com

В задачах мониторинга состояния оборудования природно-технических систем, включая силовые трансформаторы АЭС, широко используются сенсоры для измерения среды (температура, влажность, электромагнитные помехи и др.), влияющих на деградацию оборудования. Возрастающая интеграция измерительных систем и методов интеллектуальной обработки больших массивов сенсорных данных находит отражение не только в оценке работоспособности оборудования, но и в анализе состояния окружающей среды.

В ходе предыдущих исследований удалось построить гибридную модель, где средняя абсолютная ошибка прогноза остаточного срока службы оборудования составила 33 дня, а предложенный подход превзошёл по точности базисный в 2,42 раза (Alchakov, 2025). Среди возможных улучшений было отмечено, что модель можно усовершенствовать за счёт: 1) расширения исходной обучающей выборки путём генерации синтетических данных на основе имитационных (математических) моделей, формализующих влияние природных и эксплуатационных параметров на деградацию; 2) интеграции разработанного подхода с дополнительными ансамблевыми методами и физически-обоснованными имитационными моделями, что позволит построить многоуровневую систему прогноза с учётом параметров как технологического процесса, так и внешней природной среды.

Математическая модель позволяет формализовать и количественно описывать динамику деградационных процессов и влияние внешней природной среды, создавая основу для интеграции физических закономерностей с алгоритмами машинного обучения, что подтверждают существующие исследования, где гибридные методы, сочетающие имитационные модели и методы машинного обучения, позволяют повысить точность прогноза на 15–20% по сравнению с прогнозированием только при помощи методов машинного обучения (Chao, 2022). Эффективность применения имитационных моделей для генерации синтетических данных подтверждается исследованиями промышленных механических систем, где синтетические данные улучшают устойчивость и обобщаемость гибридных подходов к прогнозированию (Polverino, 2023). Данная методология применима к моделированию синтетических данных при оценке воздействия факторов природной среды.

Так, использование комплексного гибридного подхода, сочетающего современные методы измерения и мониторинга параметров природной среды с имитационным математическим моделированием и машинным обучением, способно обеспечить прирост точности, объяснимости и адаптивности прогнозирования остаточного ресурса оборудования, а в условиях ограниченности и неоднородности сенсорных данных в промышленном секторе это решение открывает новые перспективы для развития интеллектуальных систем поддержки принятия решений по управлению и эксплуатации природно-технических и инженерных объектов.

## **Список использованной литературы:**

1. Alchakov, V. Application of Machine Learning Methods and Hybrid Modeling for Predicting the Remaining Useful Life of Equipment / V. Alchakov, V. Pisarev // 2025 IEEE 26th

- International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM).  
– Altai, Russian Federation. – 2025. – P. 1600-1605. — DOI  
10.1109/EDM65517.2025.11096662.
2. Chao, M. A. Fusing physics-based and deep learning models for prognostics / M. A. Chao, C. Kulkarni [et al.]// Reliability Engineering & System Safety. – 2022. – Vol. 217.
  3. Polverino, L. Machine learning for prognostics and health management of industrial mechanical systems and equipment: A systematic literature review / L. Polverino, R. Abbate, P. Manco [et al.]// International Journal of Engineering Business Management. – 2023. – Vol. 15.

## **ЦИФРОВАЯ МЕДИЦИНСКАЯ КЛИМОТОТЕРАПИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РЕКРЕАЦИИ И САНАТОРНО-КУРОРТНОГО ЛЕЧЕНИЯ**

*Титов В.Ю.<sup>1</sup>, Евстигнеев В.П.<sup>2</sup>, Абазова С.В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> ФИЦ ИУ РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> СевГУ, г. Севастополь, Россия

<sup>3</sup> ГБУЗ РК НИИ ДКФиМР, г. Евпатория, Россия

[vtitov@frccsc.ru](mailto:vtitov@frccsc.ru)

В Советском Союзе существовал научно обоснованный порядок оздоровления отдыхающих. Выполнялся расчёт оптимального времени принятия солнечных ванн, продолжительности купания на основе текущих параметров окружающей среды.

В 2025 году на курорте Евпатория введена в коммерческую эксплуатацию система рассылки «Бюллетеня климотерапии», призванная на новом техническом уровне доставлять заказчикам рекомендации медицинского характера, необходимые для климотечения и безопасного отдыха различных групп населения в текущей погодной ситуации. Измерительные средства находятся непосредственно на пляже курорта, что является ключевым моментом для создания цифрового двойника города: исходные данные собираются в местах, где важна минимальная задержка по времени, если контролируемые параметры вышли за пределы безопасных значений.

Воздействие природных факторов оказывает значимое влияние на состояние человека, и может послужить как усилению эффекта санаторно-курортного лечения, так и его ослаблению или полной невозможности продолжения лечения в связи с существенным ухудшением самочувствия пациента.

Научно-практическая задача состоит в создании сети измерительных комплексов, расположенных непосредственно в местах разрешённого купания и с обслуживанием компонентов системы не чаще, чем требует регламент обследования дна водоёмами для продления разрешения на купание. Средства измерения дают информацию как по состоянию воздуха, включая парциальную плотность кислорода, так и показатели воды, где задача контроля требует расширения за счёт измерения биологических параметров загрязнённости и опасности водоёма. Предлагается усовершенствовать данную систему и распространить на все курорты России, включая курорты с речными и озёрными водоёмами.

Данная система цифровой климотологии должна стать частью цифрового двойника города: предоставляя курортную аналитику в реальном времени, предсказывать и вырабатывать решения по устранению препятствий по отдыху и оздоровлению населения. Наличие загрязнения выше пороговых значений или неблагоприятной погоды (шторма).

В настоящее время проходят сертификацию как средства измерения, проектируются, разрабатываются на базе СевГУ датчики метеорологических параметров воды и воздуха, контроля уровня загрязнения, контроля полезных факторов окружающей среды.

В создании системы участвуют: ГБУЗ РК НИИ ДКФиМР г. Евпатория (медицинская составляющая), СевГУ г. Севастополь (разработка цифровых датчиков), ФИЦ ИУ РАН г. Москва (информационные компоненты).

## СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ МАССИВОВ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ О СОДЕРЖАНИИ ХЛОРОФИЛЛА А НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

*Евстигнеев В.П., Кириленко Н.Ф., Дегтяр И.В., Минский И.А.*

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

[vald\\_e@rambler.ru](mailto:vald_e@rambler.ru)

Дистанционное спутниковое зондирование морской поверхности океанов и морей является динамически развивающимся направлением океанографии последних десятилетий. Системы усвоения спутниковой информации являются важнейшим элементом верификации и валидации численных глобальных и региональных моделей атмосферной и океанической циркуляции. Использование спутниковой информации давно стало неотъемлемой частью исследований морских экосистем и факторов, обуславливающих их функционирование. Для северо-запада Черного моря информация о поверхностном содержании хлорофилла а содержится в массивах данных сканеров SeaWiFS, MODIS, MERIS, VIIRS и др. за период с 1997 года. В открытом доступе существуют массивы объединенных по всем сканерам данных. Например, на портале Европейского космического агентства представлены массивы данных, объединенных методом Garver-Siegel-Maritorena. Вследствие действия ряда факторов, таких как наличие облачности, ошибки алгоритма атмосферной коррекции и пр., карты полей оптических показателей содержат участки с пропусками. Для северо-запада Черного моря по среднемесячным данным за период 1997-2024 гг. в среднем в 25% случаев объем потерянной информации составлял от 10 до 35%, причем наибольшие потери относятся к зимним месяцам. Ранее были предложены несколько техник восстановления целостности массивов данных путем синтетического заполнения пропусков на основе статистических свойств всей выборки данных.

В настоящей работе представлен результат сравнения качества восстановления целостности спутниковых массивов данных по содержанию хлорофилла а в поверхностном слое северо-запада Черного моря, выполненных двумя методиками – метод DINEOF, основанный на использовании ЭОФ-разложения, и метод 2D-SSA, основанный на анализе сингулярного спектра. Вследствие существенной неоднородности характеристик вариабельности полей пигмента в выбранном регионе (высокая степень вариабельности в придунайской области / низкая вариабельность в открытой части моря), предварительно определены однородные районы по близкими значениями коэффициента вариации. Всего на северо-западном шельфе Черного моря были выделены три района, для каждого из которых по отдельности выполнялась реконструкция полей указанными способами.

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ (проект № 25-27-00404).*

# ГИБКИЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ МИКРОГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ХОЛОДА

Дологлонян А.В., Матвеев В.Т., Клименко А.Г.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
dologlonyan@mail.ru

Для достижения гибкости в объемах производства энергии и высокой тепловой эффективности газотурбинной энергетической установки (ГТУ) можно применить различные тепловые и конструктивные схемы, а также управление потоками теплоты в газотурбинном двигателе (ГТД). ГТД обладают способностью изменять рабочий процесс за счет управления характеристиками различных элементов двигателя. Изменение характеристик элементов ГТУ и через них процессов в циклах ГТД в определенных условиях может оказывать эффективное управляющее воздействие на изменение теплотехнических характеристик комбинированной ГТУ. Изменять тепловую мощность когенерационного ГТД возможно с помощью параллельного блока утилизации теплоты, который позволяет перераспределять поток выхлопных газов между установкой органического цикла Ренкина (ОЦР) и котлом-утилизатором. Это имеет значение при циклической или переменной тепловой нагрузке. Климат большинства портов сибирского региона Северного морского пути (Игарка, Дудинка и т.д.) является резко континентальным и сезонные перепады температур находится в пределах 40 °С. Это обстоятельство позволяет использовать местный климатический ресурс холода (МРХ) для повышения эффективности установок ОЦР и комбинированной ГТУ в целом. Были рассмотрены характеристики гибких комбинированных микрогазотурбинных установок (МГТУ) с параллельным блоком утилизации теплоты и использованием МРХ.

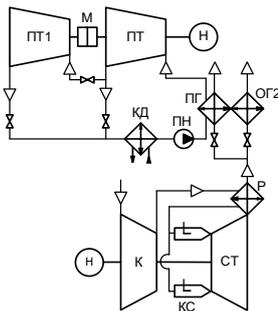


Рисунок 1 – Схема комбинированной МГТУ на базе ПЦ+Р: К – компрессор; КС – камера сгорания; Т – турбина; ОГ2 – охладитель газов; Н – нагрузка; Р – регенератор; Кл – клапан; ПТ – паровая турбина; ПТ1 – дополнительная паровая турбина; КД – конденсатор; ПН – питательный насос; ПГ – парогенератор; М – разъединительная муфта

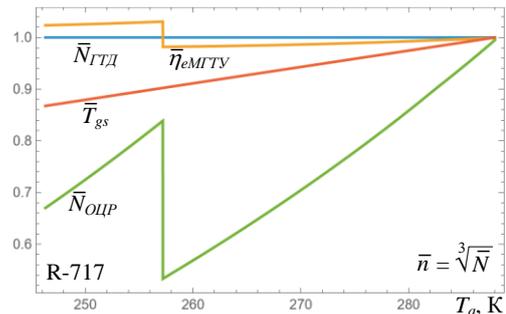


Рисунок 2 – Зависимость относительных параметров от температуры окружающего воздуха при изотермическом способе регулирования МГТУ на базе ПЦ+Р и установки ОЦР с R-717 при винтовом способе регулирования (ВСП)

Проведенные исследования показали, что:

1. Применение дополнительной паровой турбины в составе установки ОЦР комбинированной МГТУ позволяет поднять ее эффективный КПД с октября по март на 1,4...4,4 % в зависимости от конфигурации базовой МГТУ, что обеспечивает относительный прирост среднегодового эффективного КПД на 1,7...5,8 % при использовании аммиака в качестве рабочего тела установки ОЦР. При использовании R-134a в качестве рабочего тела установки ОЦР эти цифры составят 2,0...2,7 % и 2,4...3,3 %. Для приводных машин эти показатели будут меньше на 1...2 %.

2. Наиболее эффективной конфигурацией базовой МГТУ для аммиака является ПЦ+Р, а для R-134a – ПЦ+ТКУ+Р. При ВСП МГТУ на базе ПЦ+Р является самой эффективной для обоих рабочих тел ОЦР.

3. Оптимальная для запуска ПТ1 температура окружающей среды практически не зависит от базовой конфигурации МГТУ и рода рабочего тела ОЦР, а зависит от распределения температуры воздуха по сезонам года.

# ОБНАРУЖЕНИЕ ДОЖДЯ ПО ТЕЛЕВИЗИОННЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*Иванов В. А., Михайлюк Ю. П., Начаров Д. В.*

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия  
1122334455vlad@mail.ru

Аннотация — разработан алгоритм обнаружения дождя на телевизионных изображениях для систем контроля окружающей среды с использованием искусственной нейронной сети (ИНС) на основе архитектуры VGG-16 с модификацией выходного слоя. ИНС обучена на 1000 синтетических изображений (512×512), точность классификации по метрике accuracy составляет 90,5 %. Предложенное решение может применяться для мониторинга метеоусловий с использованием существующих сетей видеонаблюдения.

1. Введение. Контроль окружающей среды требует мониторинга осадков для оценки их влияния на экосистемы. Многочисленные и применяемые в разнообразных по назначению телевизионных системах (например, системах видеонаблюдения, могут быть источником разнородных метеоданных с относительно высокими пространственным и временным разрешениями.

2. Основная часть. Задача: бинарная классификация («0» — нет дождя, «1» — есть). Использована VGG-16 с заменой выходного блока на полносвязный слой (см. рисунок 1), обучались 25 089 параметров. Данные: 1000 синтетических изображений (500 на класс), тест — 200, валидация — 64. Параметры: batch size=32, Adam (lr=0.001), binary cross-entropy. Результат: точность 90,5%, устойчивость к освещению.

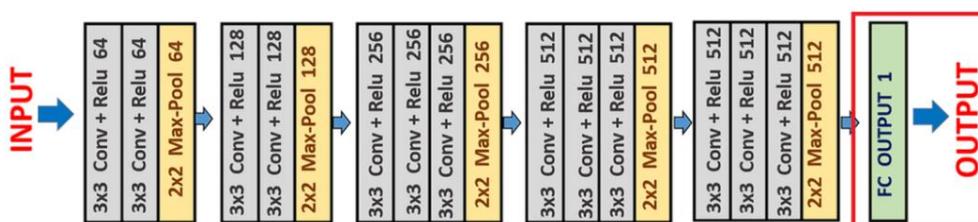


Рисунок 1 – модификация архитектуры VGG-16 для обнаружения дождя по телевизионным изображениям

3. Заключение. Таким образом, предложено современное техническое решение для обнаружения дождя путем анализа видеопотока с использованием ИНС, которое может быть внедрено в существующих системах и сетях видеонаблюдения для повышения пространственного и временного разрешения в задачах мониторинга осадков.

## Список использованной литературы:

1. С. Рашка. Python и машинное обучение. СПб.: Питер, 2020.
2. K. Simonyan, A. Zisserman. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. arXiv:1409.1556, 2014.
3. H. Zhang, V. M. Patel. Density-aware single image de-raining using a multi-stream dense network // IEEE Trans. Image Processing. 2019. Vol. 28, no. 8. P. 3988–4001.
4. Smith J. Environmental Monitoring with AI. Springer, 2023.
5. Ivanov A. et al. Rain Detection for Ecological Systems. Ecol. Tech. J., 2024.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ПРИ РАСЧЕТЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

*Олейников А.М.<sup>1</sup>, Канов Л.Н.<sup>2</sup>*

Институт природно-технических систем, РФ, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

<sup>2</sup>Севастопольский государственный университет, ул. Университетская, 33,

Inkanov48@mail.ru

Часто применяемые в последнее время локальные электроэнергетические системы обеспечивают повышение доступности, надежности и экономичности распределительных сетей за счет цифровизации и использования интеллектуальных систем управления. Актуальной задачей здесь является повышение точности расчета режимов подобных систем электроснабжения. Такие расчеты обычно выполняются решением комплексных дифференциальных уравнений с учетом зависимостей параметров распределительных линий по длине [Олейников А.М., 2024]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d \operatorname{Re} U(x)}{dx} &= -r_0(x) \cdot \operatorname{Re} I(x) + \omega L_0 \cdot \operatorname{Im} I(x); & \frac{d \operatorname{Im} U(x)}{dx} &= -r_0(x) \cdot \operatorname{Im} I(x) - \omega L_0 \cdot \operatorname{Re} I(x); \\ \frac{d \operatorname{Re} I(x)}{dx} &= -g_0(x) \cdot \operatorname{Re} U(x) + \omega C_0 \cdot \operatorname{Im} U(x); & \frac{d \operatorname{Im} I(x)}{dx} &= -g_0(x) \cdot \operatorname{Im} U(x) - \omega C_0 \cdot \operatorname{Re} U(x). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Особенностью анализа этой системы уравнений является учет граничных условий на концах линий:  $\dot{U}(0); \dot{U}(l); \dot{I}(0); \dot{I}(l)$ . Поэтому возникает необходимость решения краевых задач, которое выполняется обычно методом пристрелки, т.е. многократным решением (1) с корректировкой начальных условий  $\dot{U}(0), \dot{I}(0)$  по полученным конечным значениям  $\dot{U}'(l), \dot{I}'(l)$  путем сравнения их с нужными значениями  $\dot{U}(l), \dot{I}(l)$ . Это сводится к минимизации критерия ошибки

$$D(\operatorname{Re} U(0), \operatorname{Im} U(0), \operatorname{Re} I(0), \operatorname{Im} I(0)) = \left( |\dot{U}'(l)| - |\dot{U}(l)| \right)^2 + \left( |\dot{I}'(l)| - |\dot{I}(l)| \right)^2. \quad (2)$$

Предлагается применение более эффективной минимизации с использованием градиента критерия  $D$  с компонентами  $\frac{\partial D}{\partial \operatorname{Re} U(0)}$ ;  $\frac{\partial D}{\partial \operatorname{Im} U(0)}$ ;  $\frac{\partial D}{\partial \operatorname{Re} I(0)}$ ;  $\frac{\partial D}{\partial \operatorname{Im} I(0)}$ . Рассмотрим пример

системы с двумя центрами питания и с нагрузкой  $\underline{Z}_H = R_H + jX_H$ , см. рис. Граничные условия на концах кабелей и нагрузке заданы:  $\dot{E}_1 = \dot{U}_1(0) = \dot{U}_3(0)$ ;  $\dot{E}_2 = \dot{U}_1(l_1) = \dot{U}_2(0)$ ;

$\dot{U}_H = \dot{U}_3(l_3) = \dot{U}_2(l_2)$ ;  $\dot{I}_3(l_3) + \dot{I}_2(l_2) = \dot{I}_H = \frac{\dot{U}_H}{\underline{Z}_H}$ . Нужно найти  $\dot{I}_1(0)$ , чтобы  $\dot{U}_1(l_1) = \dot{E}_2$ ; найти  $\dot{I}_2(0)$ , чтобы  $\dot{U}_2(l_2) = \dot{U}_H$ , тогда и  $\dot{I}_2(l_2)$ , и  $\dot{I}_3(l_3) = \dot{I}_H - \dot{I}_2(l_2)$ ; найти  $\dot{I}_3(0)$ , чтобы  $\dot{U}_3(l_3) = \dot{U}_H$ .

Определим функций чувствительности для расчета режима линии 1 с критерием (2) в виде  $D = (\operatorname{Re} U'_1(l_1) - \operatorname{Re} U_2(0))^2 + (\operatorname{Im} U'_1(l_1) - \operatorname{Im} U_2(0))^2$ . Компонент градиента по  $\operatorname{Re} I_1(0)$  примет вид

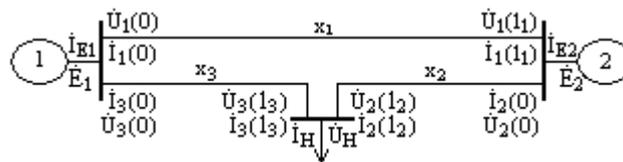
$$\frac{\partial D}{\partial \operatorname{Re} I_1(0)} = 2(\operatorname{Re} U'_1(l_1) - \operatorname{Re} U_2(0)) \frac{\partial \operatorname{Re} U'_1(l_1)}{\partial \operatorname{Re} I_1(0)} + 2(\operatorname{Im} U'_1(l_1) - \operatorname{Im} U_2(0)) \frac{\partial \operatorname{Im} U'_1(l_1)}{\partial \operatorname{Re} I_1(0)}.$$

Аналогично определяется и второй компонент градиента по  $\operatorname{Im} I_1(0)$ . Частные производные в этих компонентах находятся решением уравнений, полученных дифференцированием

уравнений (1) по  $\text{Re} I_1(0)$  и  $\text{Im} I_1(0)$  с начальными значениями при  $x_1 = 0$ :  $\frac{\partial \text{Re} U_1'(0)}{\partial \text{Re} I_1(0)} = 0$ ;

$\frac{\partial \text{Im} U_1'(0)}{\partial \text{Re} I_1(0)} = 0$ ;  $\frac{\partial \text{Re} I_1(0)}{\partial \text{Re} I_1(0)} = 1$ ;  $\frac{\partial \text{Im} I_1(0)}{\partial \text{Re} I_1(0)} = 0$ , рассматриваемых при  $x_1 = l_1$ . Аналогично

находятся функции чувствительности по  $\text{Im} I_1(0)$ , а также для двух других кабелей. После определения компонент градиента каким-либо градиентным методом находятся новые значения начальных условий.



### Список использованной литературы:

1. Олейников А.М., Канов Л.Н. Повышение точности анализа режимов распределительных линий электроэнергетических систем / Системы контроля окружающей среды: научно-технический журнал. – Севастополь, ИПТС. – 2024. Вып. 4 (58). – С.151-158.

# ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОВОДОРΟΣЛЕЙ

Гулин А.С., Тренкеншу Р.П.

ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН»,

г. Севастополь, Россия

[gulins\\_gent@mail.ru](mailto:gulins_gent@mail.ru)

Микроводоросли являются одним из важнейших объектов биотехнологии. На данный момент культивирование микроводорослей характеризуется высокой себестоимостью производства. С целью повышения эффективности культивирования внедряются автоматизированные комплексы, как для исследования, так и для управления процессами роста.

В работе представлены результаты комплексной апробации мобильного аппаратно-программного комплекса для исследования микроводорослей. С помощью разработанного устройства проведены комплексные исследования роста микроводорослей как в лабораторных условиях, так и в максимально приближенных к естественным. Получены кривые роста микроводоросли *Tetraselmis viridis* и цианобактерий *Arthrospira platensis*.

В качестве объектов исследования использовали: культуру цианобактерий *Spirulina (Arthrospira) platensis* North. Geitl; культуру зеленой жгутиковой микроводоросли *Tetraselmis viridis* Rouch (*syn. Platimonas viridis*). Экспериментальная установка регистрировала с интервалом 10 минут параметры облученности, оптической плотности и температуры суспензии микроводорослей.

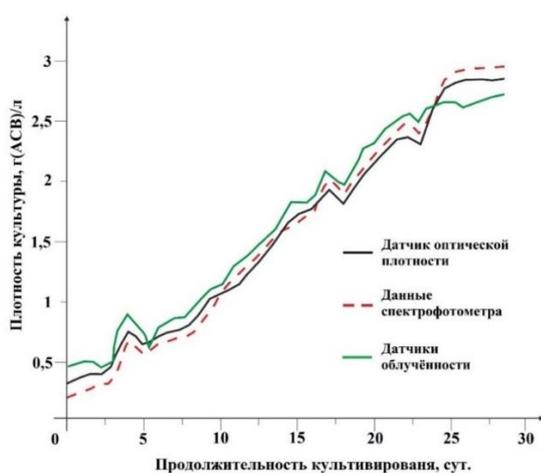


Рисунок 1 – Ростые характеристики микроводоросли *Tetraselmis viridis*

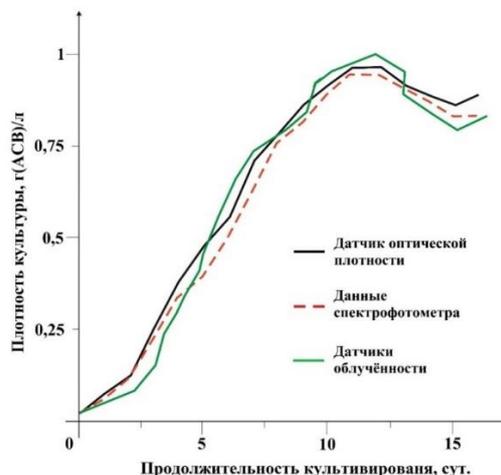


Рисунок 2 – Ростые характеристики цианобактерий *Arthrospira platensis*

Проведенная апробация подтвердила теоретические результаты, показав высокую точность определения основных параметров роста микроводорослей, таких как концентрация биомассы в диапазоне от 0,08 г/л до 2,76 г/л на уровне от 96 до 98%, облученность на поверхности фотобиореактора в диапазоне от 0 до 98 клк и температуры суспензии микроводорослей. Возможность непрерывного контроля основных параметров роста микроводорослей, позволяет использовать устройство для получения данных о росте различных видов микроводорослей как в лабораторных исследованиях, так и в экспедиционных, не покидая водоема.

**Список использованной литературы:**

1. Макарова, Е. И. Прикладные аспекты применения микроводорослей – обитателей водных экосистем / Е. И. Макарова, И. П. Отурина, А. И. Сидякин // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – Вып. 20. – С. 120–133.
2. Чекушкин, А. А. Система контроля роста культуры *Arthrospira platensis* в полупромышленных условиях / А. А. Чекушкин, А. С. Гулин, А. С. Лелеков // Нанотехнологии: разработка, применение – XXI век. – 2024. – Т. 16, № 2. – С. 23–30.

# СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ СУДОВ: ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОГАЗОВОГО ЭЖЕКТОРА В СИСТЕМУ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ

*Растихин П.С.<sup>1</sup>, Кириченко А.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ПТБ «Гранит», г. Севастополь, <sup>2</sup>ЧВВМУ им. П.С. Нахимова, г. Севастополь  
[pavelrastihin@yandex.ru](mailto:pavelrastihin@yandex.ru)

В борьбе с пожарами на кораблях важное значение приобретает не только необходимость снижения интенсивности пожара, его локализация и ликвидация, защита личного состава от воздействия опасных факторов пожара, но и воздействие средств пожаротушения на окружающую среду.

Актуальность разработки новых технических средств борьбы с пожарами на базе прямоточных распылительных теплообменников (далее ПРТО) обусловлена необходимостью снижения высоких температур до допустимых пределов, обеспечения безопасной эвакуации персонала, проведения аварийных и других неотложных работ в зоне пожара, а также исключением попадания рабочих жидкостей устройств пожаротушения на электротехническое и другое работающее оборудование, экономической целесообразностью (предотвращённого ущерба, цены систем пожаротушения и их эксплуатации).

Авторами статьи предложен способ подавления и тушения пожаров охлажденными газообразными продуктами горения и устройство для его реализации. При работе ПРТО газообразные продукты горения, как результат химической реакции горения, направляют в устройство для очистки от твердых аэрозолей, охлаждения, увеличения влагосодержания и подают в зону горения. Этим достигается одновременное комплексное воздействие на очаг пожара, а именно:

- разбавление паров топлива и кислорода;
- увеличение теплоотвода от зоны горения на нагрев искусственно вводимой смеси;
- снижение скорости реакции и ее прекращение.

Существенным отличием предлагаемого конструктивного решения от исследованных ранее состоит в том, что в выходной части устройства установлен отстойник - разделитель, в котором происходит разделение газо-жидкостной смеси на жидкостную и парогазовую составляющие с отделением твердых аэрозолей (дисперсная фаза), фильтрующий сменный элемент который позволяет проводить очистку отработанной рабочей жидкости от аэрозолей и препятствует попаданию твердой фазы ГВС в общекорабельную канализационную систему. При этом очищенная, охлажденная парогазовая составляющая подается обратно в аварийное помещение, а отработанная рабочая жидкость удаляется самотеком за пределы устройства. Экспериментально доказано, что при определенных условиях ПРТО способен не только снизить тепловую мощность пожара, но и потушить его как путем непосредственного воздействия на очаг, так и косвенно, путем воздействия на газоздушную смесь, сформированную очагом пожара в помещении.

## **Список использованной литературы:**

1. Радзиевский С.И. Пожаробезопасность и противопожарная защита кораблей [Текст] / С.И. Радзиевский, В.М. Хнычкин. – Л.: Судостроение, 1987. – 200 с.
2. ГОСТ В 25252-82. Защита кораблей и судов военно-морского флота противопожарная и противовзрывная.
3. Растихин П.С. Технологии водогазового эжектора для дымоподавления при пожарах в отсеках и помещениях радиолокационных средств, размещенных на кораблях и судах / Е.В. Никитин // Актуальные вопросы состояния и перспектив развития вооружения, военной и специальной техники Воздушно-космических сил: сборник материалов «V Всероссийской научно-практической конференции». – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023 г. – 439с.

## РАЗРАБОТКА НОВОГО МЕТОДА ВЫДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ВИХРЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАГРАНЖЕВА ПОДХОДА (LEBDA)

Новоселова Е.В.<sup>1,2,3,4</sup>, Будянский М.В.<sup>2,3</sup>, Улейский М.Ю.<sup>3</sup>, Удалов А.А.<sup>3</sup>, Файман П.А.<sup>2,3</sup>, Дидов А.А.<sup>2,3</sup>, Белоненко Т.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Тихоокеанский океанологический институт имени В. И. Ильичёва ДВО РАН,  
г. Владивосток, Россия

<sup>4</sup>Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени  
Нансена (Фонд «Нансен-центр»), г. Санкт-Петербург, Россия  
[novoselovaa.elena@gmail.com](mailto:novoselovaa.elena@gmail.com)

В данной работе предлагается новый алгоритм определения динамических границ мезомасштабных вихрей, который мы назвали Lagrangian Eddy Boundary Delineation Algorithm (LEBDA). В отличие от традиционных методов, базирующихся на анализе геострофических скоростей в фиксированный момент времени, LEBDA использует лагранжеву концепцию и учитывает временную эволюцию вихря. Основная идея заключается в построении двухмерной (2D) границы вихря не только на основании мгновенного распределения скоростей, но и с учетом их изменения в течение определенного временного интервала до и после рассматриваемой даты. Это позволяет учесть временную согласованность границ вихря, что особенно важно для корректного описания его динамики.

Известно, что форма и границы вихрей подвержены значительным вариациям. Если определять границу вихря в каждый отдельный день, например, методом автоматической идентификации, можно заметить резкие изменения контура от суток к суткам, что затрудняет анализ долгоживущих структур. В LEBDA данная проблема решается за счет использования ретроспективного подхода, при котором контур вихря определяется на основе анализа траекторий пассивных маркеров вблизи вихря и их эволюции в течение определенного временного периода. Практическая реализация метода предполагает анализ изменения структуры вихря в течение месяца – 15 дней до и 15 дней после рассматриваемой даты. Такой временной интервал выбран с учетом мезомасштабной изменчивости течений, имеющей характерную синоптическую временную шкалу. Этот подход позволяет сгладить “прыгающие” значения границ, обеспечивая более реалистичное и согласованное описание динамики вихря. Таким образом, предложенный метод не только позволяет избежать артефактов, связанных с высокой суточной изменчивостью границ, но и обеспечивает более целостное представление об эволюции вихря в течение характерного временного периода его существования.

В настоящем исследовании показаны способы применения LEBDA для анализа вихревой динамики на примере Лофотенского вихря, расположенного в Норвежском море. Оконтуривание вихря производилось на основе спутниковых альтиметрических данных AVISO и результатах гидродинамического моделирования в ROMS.

*Исследование выполнено при поддержке гранта Санкт-Петербургского университета № 129659573 (анализ данных) и грантов Российского научного фонда №25-17-00021 (концептуализация, анализ данных, написание текста, обзор литературы) и №24-77-00063 (моделирование слежения за частицами, анализ данных, подготовка рисунков). Лагранжев анализ проводился на высокопроизводительном вычислительном кластере Тихоокеанского океанологического института (государственное задание №124022100072-5).*

## ВЫЯВЛЕНИЕ КОМПОНЕНТ СМЕШАННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МОРСКОЙ СРЕДЫ

*Шишкин Ю.Е., Скотков А.В.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
iurii.e.shishkin@gmail.com

В практике экологического мониторинга морской среды выборки измерений нередко представляют собой смесь нескольких статистических совокупностей. Это обусловлено одновременным действием независимых природных и антропогенных факторов: суточной и сезонной изменчивости, динамики течений и апвеллинга, распреснения, локальных сбросов загрязняющих веществ, судоходной активности и др. Нарушение предпосылки статистической однородности затрудняет корректное применение стандартных процедур анализа и может приводить к искажению оценок средних, дисперсий и корреляций, а также к ошибкам при проверке гипотез (Шишкин, 2024).

Предлагается алгоритм выявления и разделения компонентов распределения в смешанной выборке на основе анализа гистограммы. Если гистограмма эмпирических данных имеет два или более выраженных экстремума, можно предположить наличие композиции распределений — присутствие по крайней мере двух групп наблюдений с различными законами распределения. Вводится разделяющая граница между пиками гистограммы, формируются две вспомогательные подвыборки (меньше и больше границы), после чего оценивается качество разделения.

Критериальную оценку целесообразно выполнять по критерию согласия  $\chi^2$ : рассчитывается  $\chi^2$  для исходной выборки (при фиксированном законе — например, нормальном) и  $\chi^2$  для каждой из двух подвыборок. Вводится метрический показатель  $R = \max(\chi^2_1, \chi^2_2) / \chi^2_0$ , где  $\chi^2_0$  — значение для исходной выборки,  $\chi^2_1, \chi^2_2$  — для подвыборок. Если  $R < 1$ , разделение оправдано: даже «наименее благоприятная» подвыборка согласуется с принятым законом лучше, чем исходная смесь. Положение границы оптимизируется перебором: граница монотонно смещается в интервале между модами, при каждом положении пересчитывается  $R$ , и выбирается минимум  $R$  как количественно обоснованная граница наилучшего разделения. Процедура вычислительно проста и пригодна для реализации в прикладных средствах анализа данных мониторинга. Алгоритм естественно обобщается на случай трех и более мод (последовательное введение нескольких границ) и допускает использование других критериев согласия (например, Колмогорова–Смирнова) при отклонении компонент от нормальности.

Практическая применимость подложенного подхода для типовых задач мониторинга профилей водной толщи (температура, соленость, растворенный кислород, флуоресценция хлорофилла, мутность) позволяет:

- отделить фоновые условия от эпизодических событий (шторм, апвеллинг, сброс);
- разнести суточную и сезонную изменчивость при анализе стационарных рядов с буйков и гидропостов;
- снизить влияние псевдокорреляций, возникающих из-за смешения режимов, и корректнее оценивать тренды;
- настроить пороги тревог в системах экологического контроля, так как оптимальная граница разделения дает естественную «линию отсечения» между режимами.

Таким образом, предложенный подход обеспечивает алгоритмическую разрешимость задачи выявления композиции распределений в данных морского экологического мониторинга и повышает достоверность статистических выводов. Выделение статистически однородных подвыборок повышает интерпретируемость измерений и поддерживает принятие обоснованных решений в системах контроля природной среды, прибрежных и морских акваторий.

**Список использованной литературы:**

1. Шишкин Ю.Е., Скатков А.В. Информационные технологии на основе полимодельного комплекса для решения задач синтеза гетерогенной мониторинговой сети // Системы контроля окружающей среды. 2024. № 2 (56). С. 74-83.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВОЗДУХА

*Самойлов С.Ю., Евстигнеев В.П.*

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

[SYSamoylov@sevsu.ru](mailto:SYSamoylov@sevsu.ru)

Решение оптимизационных задач методом Монте-Карло предполагает итеративный процесс случайного поиска оптимальной конфигурации метеокомплексов. На первом этапе генерируется случайное расположение заданного количества метеокомплексов на территории. Каждое такое расположение оценивается с помощью целевой функции, учитывающей все заданные критерии и их веса. Следующим шагом является внесение случайных изменений в расположение метеокомплексов. Эти изменения могут включать перемещение отдельных комплексов, добавление или удаление комплексов. После каждого изменения новое расположение оценивается целевой функцией. Ключевым элементом метода Монте-Карло является принятие или отклонение новых конфигураций, основываясь на изменении значения целевой функции [1]. Если значение целевой функции улучшается (уменьшается в случае минимизации или увеличивается в случае максимизации), новая конфигурация принимается. Если значение ухудшается, новая конфигурация может быть принята с некоторой вероятностью, зависящей от степени ухудшения и температуры (параметра, контролирующего вероятность принятия неоптимальных решений).

Процесс генерации случайных конфигураций, их оценки и принятия/отклонения повторяется множество раз. По мере итераций метод Монте-Карло постепенно сходится к оптимальному или близкому к оптимальному решению. В конце процесса выбирается конфигурация, соответствующая наилучшему значению целевой функции, как оптимальное расположение метеокомплексов.

Пример целевой функции, которая должна количественно оценивать качество конкретного расположения метеокомплексов, выглядит так:

$$\text{cost} = w1 * \text{cover\_score} + w2 * \text{error\_score} + w3 * \text{constraint\_penalty} + w4 * \text{budget\_penalty},$$

где компоненты целевой функции, покрытие:  $\text{cover\_score} = \text{percentage\_covered}$ ; ошибка интерполяции:  $\text{error\_score} = - \text{sum}(\text{interpolation\_error\_at\_random\_points}) / \text{number\_of\_points}$ , чем меньше ошибка, тем лучше, поэтому используем знак минус; штрафы за нарушение ограничений:  $\text{constraint\_penalty} = -1000$  if  $\text{station\_in\_restricted\_area}$  else 0 – очень большой штраф, чтобы избежать таких решений,  $\text{budget\_penalty} = - (\text{number\_of\_stations\_exceeding\_budget} * \text{cost\_per\_station} * 100)$  – штраф за превышение бюджета;

$w1, w2, w3, w4$  – веса, определяющие важность соответствующих факторов. Подбор весов – важная часть процесса и может быть проведен экспертно или с помощью методов оптимизации.

Для улучшения стратегии метода Монте-Карло можно использовать генетические алгоритмы (случайные мутации и кроссоверы) для поиска оптимального решения [2], что позволит повысить качество мониторинга воздуха и снизить затраты на обслуживание системы наблюдения.

## Список использованной литературы:

1. Михайлов Г.А., Войтишек А.В. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло. Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Академия, 2006. – 370 с.
2. Куликова И.В. Построение генетического алгоритма для решения задач оптимизации с различными ограничениями для параметров // Современные наукоемкие технологии. – 2020. №2. С. 40 – 44.

## О СТРУКТУРЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭМПИРИЧЕСКИХ ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫХ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ

*Сычев Е.Н., Греков А.Н., Греков Н.А.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

[sychov-e@rambler.ru](mailto:sychov-e@rambler.ru)

Успешное решение множества важнейших научных и технических задач в областях гидрофизики, гидробиологии, оптики и др. требует наличия как можно более точных уравнений состояния природных или искусственных сред, в которых происходят исследуемые гидро- или газодинамические процессы. Наличие таких уравнений состояния позволяет рассчитать интересующее нас значение неизвестного параметра состояния данной среды по значениям известных, либо заданных, параметров состояния этой среды.

Поскольку в большинстве случаев либо форма, либо коэффициенты, либо и то, и другое, для теоретических уравнений состояния, как правило, неизвестны, на практике принято использовать эмпирические экспериментально-обоснованные уравнения состояния, коэффициенты которых определяются методом наименьших квадратов по данным прецизионных измерений, выполненных в ходе специальных многочисленных экспериментов. Формы эмпирических уравнений могут быть самыми различными. Наиболее популярной формой для эмпирических уравнений является полиномиальная форма, которая в зависимости от количества аргументов  $X_j$  ( $NA = \{1, 2, 3, 4\}$ ) принимает следующий вид:

$$\begin{aligned}
 NA = 1) Y(X_1) &= \sum_{j_1=0}^{j_1=N_1} b_{j_1} X_1^{j_1}, \quad NA = 2) & Y(X_1, X_2) &= \\
 \sum_{j_1=0}^{j_1=N_1} \sum_{j_2=0}^{j_2=N_2} b_{j_1, j_2} X_1^{j_1} X_2^{j_2}, & & & \\
 NA = 3) Y(X_1, X_2, X_3) &= \sum_{j_1=0}^{j_1=N_1} \sum_{j_2=0}^{j_2=N_2} \sum_{j_3=0}^{j_3=N_3} b_{j_1, j_2, j_3} X_1^{j_1} X_2^{j_2} X_3^{j_3}, \\
 NA = 4) Y(X_1, X_2, X_3, X_4) &= \\
 \sum_{j_1=0}^{j_1=N_1} \sum_{j_2=0}^{j_2=N_2} \sum_{j_3=0}^{j_3=N_3} \sum_{j_4=0}^{j_4=N_4} b_{j_1, j_2, j_3, j_4} X_1^{j_1} X_2^{j_2} X_3^{j_3} X_4^{j_4}. & & &
 \end{aligned}$$

Здесь  $N_j$  – порядок интерполяции по индексам  $j = \{j_1, j_2, j_3, j_4\}$ . Количество значений, принимаемых индексами ( $M_j$ ), на единицу больше порядка интерполяции  $M_j = N_j + 1$ . Например, при выборе одинакового порядка  $N_j = 5$  для каждого из индексов получим одно и тоже значение  $M_j = 6$ . Количество коэффициентов ( $NB$ ) в уравнении, не имеющем пропусков, будет равно количеству комбинаций индексов, которое в данном случае определяется в зависимости от значений  $M_j$  и  $NA$  по простой формуле  $NB = (M_j)^{NA}$ . Для принятых значений получим  $NB(NA = \{1, 2, 3, 4\}) = \{6, 36, 216, 1296\}$ . Из результатов следует, что уже при трех аргументах количество коэффициентов становится слишком большим - 216. Это связано с тем, что при  $NA > 1$  в уравнении появляются смешанные элементы, которые одновременно содержат произведения функций разных аргументов. Нами установлено, что количество смешанных элементов уравнения является избыточным, т.к. с увеличением значений индексов, а значит и степеней аргументов, взаимозависимость этих элементов быстро возрастает. Для уменьшения количества элементов уравнения нами предложен специальный метод редукции математических моделей уравнений состояния. Принцип этого метода заключается в том, что для любой упорядоченной по старшинству пары неповторяющихся индексов ( $j_a \neq j_b$ ) из списка индексов  $\{j_1, j_2, j_3, j_4\}$  из состава

математической модели уравнения исключаются все элементы, у которых для текущих значений индексов  $[jb]$  и  $[ja]$  выполняется условие  $[jb] > (Mj+1-[ja])$ .

Предлагаемый метод редукции структуры математических моделей уравнений состояния в полиномиальной форме позволяет снизить число коэффициентов уравнений до приемлемого уровня:  $NB(NA=\{1, 2, 3, 4\})(ред) = \{6, 21, 56, 126\}$ .

Данный подход также может быть рекомендован для использования при построении математических моделей эмпирических экспериментально-обоснованных уравнений различного назначения, имеющих полиномиальную форму.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Совершенствование технических средств и измерительных информационных технологий исследований природных вод» (№ госрегистрации 124012700512-1).*

# ГРАФИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭМПИРИЧЕСКИХ ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫХ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ

Сычев Е.Н., Кузьмин К.А., Греков Н.А.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

[sychove@rambler.ru](mailto:sychove@rambler.ru)

Для оперативной визуальной оценки качества математических моделей уравнений состояния предлагается использовать совокупность следующих трех графических критериев: 1) диаграмма коэффициентов уравнения; 2) диаграмма отклонений опытных данных от расчетных; 3) диаграмма средних отклонений на изолиниях входных параметров.

Критерий 1) является очень хорошим индикатором наличия взаимозависимых структурных элементов в составе модели уравнения. При вычислении коэффициентов уравнений наличие взаимозависимых элементов приводит к неустойчивым решениям плохого качества. Плохие решения легко обнаруживают себя наличием больших, а в худших случаях просто огромных, осцилляций коэффициентов. На рис. 1 для сравнения показаны диаграммы коэффициентов двух уравнений. Какое из них является плохим (N72), а какое хорошим (N42)件нятно с первого взгляда даже без особых пояснений. После исключения из состава модели N72 взаимозависимых структурных элементов получаем модель N42, которая дает хорошее устойчивое решение при существенно меньшем числе (42) коэффициентов.

Критерии 2) и 3) хорошо выявляют пригодность или непригодность проверяемых математических моделей уравнений состояния в целом. Из рис. 2 следует, что модель N10 является худшей, т.к. имеет значительно большие величины отклонений данных по сравнению с моделью N42. На рис.3 красным цветом выделены линии средних отклонений  $\Delta n_{cp}(T)$ , которые в идеальных случаях должны совпадать с линией абсцисс. Из рис. 3 следует, что в отличие от модели N42, модель N10 не удовлетворяет также и этому условию.

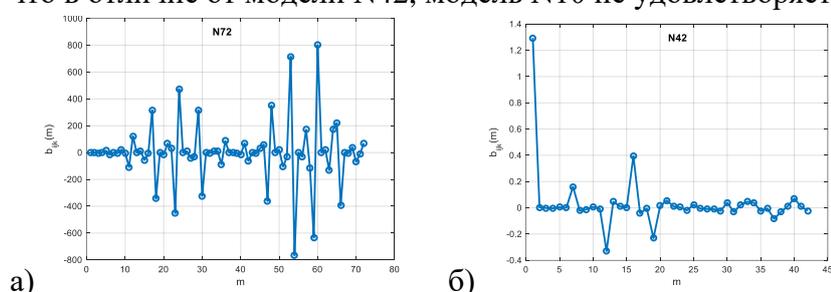


Рисунок 1 – Диаграммы коэффициентов уравнений: (а) – N72, (б) – N42

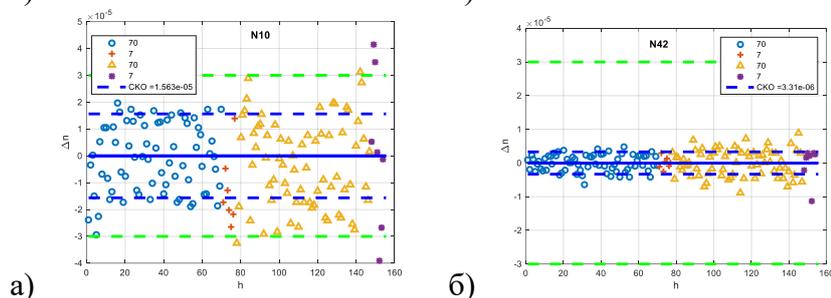


Рисунок 2 – Отклонения ( $\Delta n$ ) табличных значений  $n$  от расчетных для уравнений: (а) – N10, (б) –

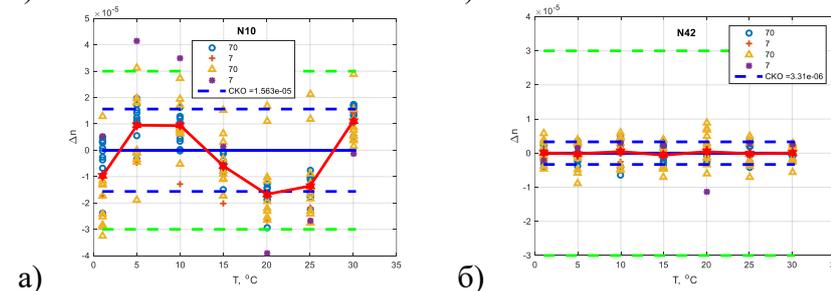


Рисунок 3 – Отклонения  $\Delta n(T)$  в зависимости от температуры для уравнений: (а) – N10, (б) – N42

Результаты исследования демонстрируют, что графические методы оценки качества моделей являются важным инструментом для верификации и валидации эмпирических интерполяционных уравнений. Они позволяют не только количественно оценить точность моделей, но и качественно интерпретировать их результаты, что способствует более глубокому пониманию процессов, происходящих в морской среде.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Совершенствование технических средств и измерительных информационных технологий исследований природных вод» (№ госрегистрации 124012700512-1).*

## РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА НА БАЗЕ ГАЗОВЫХ ТУРБИН

Матвеевко В.Т., Дологлонян А.В., Клименко А.Г.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

email: kag195877@gmail.com

«Энергетическая стратегия Российской Федерации в период до 2050 г.» предусматривает реализацию технологий распределенной генерации с высоким коэффициентом полезного действия для решения задачи повышения эффективности энергоснабжения удаленных и изолированных территорий, отдельных промышленных и гражданских объектов. Работа газотурбинной установки в когенерационном режиме часто носит сезонный характер, поэтому повышение КПД газотурбинных двигателей (ГТД) малой мощности является задачей актуальной, особенно для ГТД простого цикла.

В Севастополе был создан опытный газотурбогенератор с турбокомпрессорным утилизатором (ТКУ). В опытной когенерационной установке использован газотурбогенератор АИ-8.

Испытания газотурбогенератора подтвердили достоверность теоретических разработок по турбокомпрессорной утилизации теплоты, установка обладает хорошими экономическими и эксплуатационными качествами на всех режимах работы. Установлены уникальные свойства ГТУ с ТКУ – постоянно высокий КПД на всех режимах нагружения.

Результаты расчетов характеристик ГТУ с утилизационным оборудованием показали общую энергоэффективность когенерационных установок, а применение ТКУ увеличивает долю вырабатываемой электроэнергии и, следовательно, рост электрического КПД установки.

На выходе из турбины перерасширения (ТП) газ имеет температуру порядка 350-400 °С, что позволяет применить тепловой контур с высокотемпературным теплоносителем и обеспечить в теплый период погоды выработку дополнительной электроэнергии в парогазотурбинной установке (рис. 1) на основе органического цикла Ренкина (ОЦР).

Подключив к выхлопу ГТД (рис. 2) котел-утилизатор МГТУ превращается в мини теплоэлектростанцию (ТЭЦ), которая обеспечит объект энергией по требованию сезона.

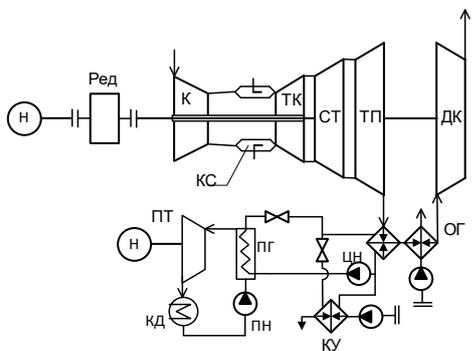


Рисунок 1 – ГТД с турбокомпрессорным утилизатором и термоконтуром: КС – камера сгорания; ТК – турбина компрессора; СТ – силовая турбина; ТП – турбина перерасширения; ДК – дожимающий компрессор; ТТ – теплофикационный теплообменник; ОГ – охладитель газа; ПТ – паровая турбина; ПГ – парогенератор; ПН – питательный насос; ЦН – циркуляционный насос; КУ – котел-утилизатор; Ред – редуктор

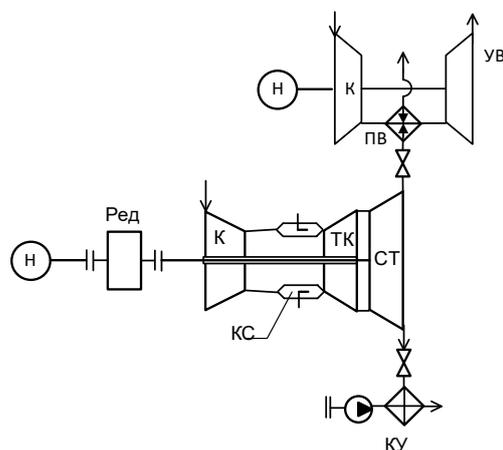


Рисунок 2 – ГТД с утилизационной воздушной турбиной и котлом-утилизатором: ПВ – подогреватель воздуха; УВТ – утилизационная воздушная турбина. Остальные обозначения как на рис. 1

Заключение:

1. Комбинирование малых ГТД простого цикла с турбокомпрессорным утилизатором увеличивает КПД установки относительно на 15-25% при высоком теплотехническом (общем) КПД.
2. Комбинирование МГТД простого цикла с утилизационными воздушными турбинами обеспечивает относительный прирост КПД установки на 18-27%, а при переключении на УК обеспечивает высокий общий КПД.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНО-ВОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Клюжгин А.В., Егорова Ю.А.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

г. Саратов, Россия

ulaee@rambler.ru

Аннотация. Эффективная защита объектов окружающей природной среды требует использования новейших инновационных технологических решений, позволяющих осуществлять экологический мониторинг. В настоящее время появился новый тип - это беспилотные воздушно-водные транспортные средства (БВВТС), способные передвигаться по воздуху и воде, и полностью интегрированные в единый комплекс.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, отбор проб, экологический мониторинг

В рамках решения актуальной задачи по улучшению технических возможностей современных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) для целей экологического мониторинга объектов окружающей среды предлагается использовать новый тип - БВВТС, способных передвигаться по воздуху и воде, и полностью интегрированные в единый комплекс. На кафедре «Экология и техносферная безопасность» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. разработан гибридный комплекс, способный выполнять задачи экологического контроля (рис. 1).



Рисунок 1 – Гибридный комплекс для целей экологического мониторинга (разработка Саратовского ГТУ им.Гагарина Ю.А.)

Комплекс состоит из воздушной и надводной частей. Воздушная часть представляет собой квадрокоптер с базовым набором составных частей – рамы или фюзеляжа, двигателей, аккумуляторных батарей, бортового управления режимами полёта, внешних сигнальных устройств, подвесного оборудования, набора систем питания, связи, позиционирования. Надводная часть (шасси) гибридного БЛА состоит из двух понтонов, соединённых основной перемышкой и образующих устойчивую плавучую платформу для БЛА. К перемышке снизу прикреплён пробоотборник для отбора проб с поверхности водоёма. Также для отбора пробы с глубины водоёма к лебедочной системе БЛА крепится трос с кольцом, на котором закрепляется батометр. Преимущества комплекса: увеличенное время нахождения на водной поверхности без расхода электроэнергии АКБ или горючего для двигателей винтомоторных групп (ВМГ) БЛА; возможность передвижения и маневрирования по водной поверхности с использованием штатных ВМГ БЛА и пульта управления; возможность фиксации точки отбора для взятия контрольных проб (при необходимости); возможность экспресс- доставки проб в лабораторию с помощью БЛА без использования надводной части; проведение анализа состояния воды, исследования дна и береговой линии; возможность использования сменных пробоотборников; автоматическое определение момента касания и заполнения пробоотборником пробы с поверхности воды.

## ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА СОХРАНЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ ПРИМОРСКОЙ АТМОСФЕРЫ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ

Руднев В.П.

Филиал ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Сочи, Россия  
[stc-sochi@mail.ru](mailto:stc-sochi@mail.ru)

В настоящее время почти во всех изделиях сложных технических систем эксплуатируются клееные агрегаты из сплавов и полимерных композиционных материалов (ПКМ), которые имеют длительный срок эксплуатации и подвержены воздействию агрессивных факторов природной среды. Одной из приоритетных задач является сохранение продолжительное время адгезионной прочности клеевых соединений в реальных условиях эксплуатации. Применение защитных покрытий способствует решению этой задачи.

Проверка эффективности защитных свойств атмосферостойкой эмали ВЭ-69 на основе фторполиуретанового связующего была выполнена на клеевых соединениях ПКМ (стеклопластика ВПС-48/7781 и углепластика ВКУ-39) с использованием эпоксидного клея ВК-9 (ТУ 1-595-14-842-2009) в условиях приморской среды влажных субтропиков.

Натурные климатические испытания проводили в соответствии с ГОСТ 9.906–83 и ГОСТ 9.708–83. Длительная экспозиция образцов (ГОСТ Р 57834-2017) в защищенном и не защищенном состоянии осуществлялась на открытых атмосферных стендах (Рис. 1).



Рисунок 1- Экспозиция образцов клеевых соединений (а) и внешний вид незащищенных эмалью образцов после 8 лет экспозиции в приморской атмосфере влажных субтропиков (б)

После длительной экспозиции определены разрушающие нагрузки (Рис. 2) и рассчитаны пределы прочности при сдвиге клеевых соединений.

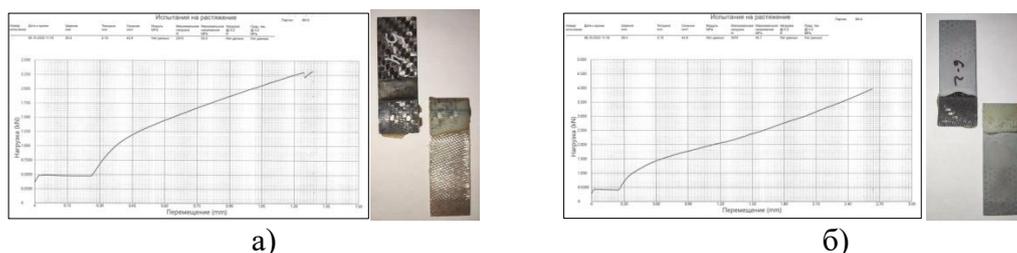


Рисунок 2 - Определение разрушающей нагрузки (ГОСТ Р 57834-2017) для клеевого соединения ВПС-48/7781 // ВКУ 39 без покрытия (а) и с полимерным покрытием ВЭ-69 после 8 лет экспозиции

Анализ полученных результатов свидетельствует об эффективной защитной способности эмали ВЭ-69. После 8 лет экспозиции для не защищенного клеевого соединения снижение предела прочности при сдвиге составило 46%, а для защищенного эмалью ВЭ-69 всего лишь 15%.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Совершенствование технических средств и измерительных информационных технологий исследований природных вод» (№ госрегистрации 124012700512-1).*

## О ТОЧНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ В MATLAB ПРОЦЕССА ПОГРУЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ЗОНДА-ПРОФИЛОГРАФА

Семькина И.Ю., Велиляев А.С.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
arinasemykina@gmail.com

На этапе разработке новых технических средств важным источником данных об их функционировании служит математическое и компьютерное моделирование. В то же время результаты компьютерного моделирования зависят не только от точности и детализации математического описания, но от инструмента, используемого для реализации модели. Этот фактор имеет дополнительную значимость, когда речь идет о разработке средств измерения.

В Институте природно-технических систем под руководством доктора технических наук, профессора Л.А. Краснодубца разрабатывается метод динамических измерений плотности морской воды. Для его анализа требуется моделирование динамики погружения автономного зонда-профилографа, компьютерная модель реализуется в MATLAB Simulink. Математическая основа для моделирования, включая принимаемые допущения, изложена в (Краснодубец, 2021) и представляет собой следующую систему уравнений:

$$m\ddot{z}(t)^2 = F_g - F_b - F_d; F_g = mg; F_b = \rho g V_b; F_d = 0,5 C_x S_m \rho \dot{z}(t)^2; p(t) = p_a + \rho g z(t),$$

где  $F_g$  – сила тяжести;  $F_b$  – выталкивающая архимедова сила;  $F_d$  – сила гидродинамического сопротивления;  $m$  – масса зонда;  $g$  – ускорение свободного падения;  $V_b$  – объем корпусной части зонда;  $S_m$  – площадь поперечного сечения зонда;  $C_x$  – коэффициент лобового сопротивления;  $\rho$  – плотность морской воды;  $p_a$  – атмосферное давление;  $p$  – гидростатическое давление;  $z$  – глубина погружения зонда.

В качестве переменной состояния относительно которой строится модель в MATLAB Simulink может использоваться  $z$  (обозначим как модель M1) или  $p$  (модель M2), а в последнем случае возможно объединить  $F_g$  и  $F_b$  в равнодействующую силу и ввести конструктивную константу (модель M3). Выходными переменными всех моделей являются  $p(t)$ ,  $\dot{p}(t)$  и  $z(t)$ .

С помощью M1, M2 и M3 при нулевых начальных условиях выполнено моделирование процесса погружения автономного зонда-профилографа, параметры которого рассчитаны для погружения со скоростью 1 м/с. Профиль плотности по глубине задан по данным о реальном профиле плотности  $\rho(p)$ , полученным от зонда Argo для 77° с.ш. В качестве решателя использован ode45.

Результаты моделирования (рис. 1) показывают, что расхождения между моделями сопоставимы с инструментальной погрешностью датчиков давления и по мере погружения растут. Полученные расхождения можно интерпретировать как методическая погрешность метода динамических измерений плотности морской воды, которую следует дополнительно учитывать при оценке суммарной погрешности измерений.

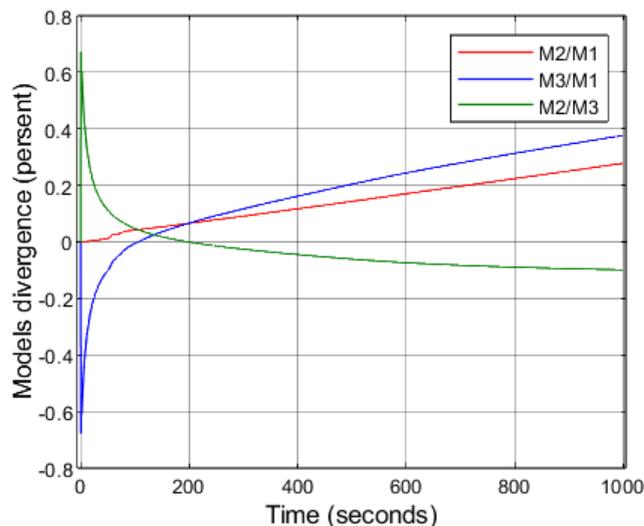


Рисунок 1 – Расхождение  $p(t)$  по данным моделей M1, M2 и M3

*Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124012700512-1.*

### Список использованной литературы:

1. Краснодубец Л.А., Забурдаев В.И., Альчаков В.В. Управление морскими буями-профиломерами как метод повышения репрезентативности термохалинных измерений. Модели движения // Морской гидрофизический журнал. – 2012. – № 4. – С. 69–79.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИХ-ФИЛЬТРОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРОФИЛЯ ПЛОТНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ

Семькина И.Ю., Смокталь Н.Н.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
arinasemykina@gmail.com

Метод динамических измерений плотности морской воды с применением автономного зонда-профилографа (Краснодубец, 2024) обладает значительным потенциалом для практического использования в климатологии, океанологии и рыболовстве, а также в смежных областях. В нем предполагается использование только одного датчика давления, при этом для построения вертикального профиля плотности вычисляются производные давления. Исследование погрешностей метода показало, что наиболее критичной является составляющая, обусловленная погрешностью вычисления второй производной давления. При вычислении производных программным образом с применением разностных схем наиболее оптимистичным значением суммарной погрешности является  $0,00864 \text{ кг/м}^3$ , при целевом значении  $0,001 \text{ кг/м}^3$ . Возможной альтернативой разностным схемам является аппаратное вычисление производных либо использование цифровых фильтров-дифференциаторов.

В данной работе рассматриваются цифровые фильтры-дифференциаторы с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры). Фильтры настраивают так, чтобы их амплитудно-частотная характеристика  $A(\omega)$  на частоте  $f_{a\text{цп}}$  проходила ниже уровня  $1/X$ , где  $X$  – коэффициент усиления погрешности аналого-цифрового преобразования при дифференцировании. Настройка фильтра проводилась в MATLAB по рекомендациям (Солонина, 2009) с помощью filterDesigner, полученные характеристики показаны на рис. 1. Применение КИХ-фильтров позволяет снизить суммарную погрешность профилирования практически в четыре раза.

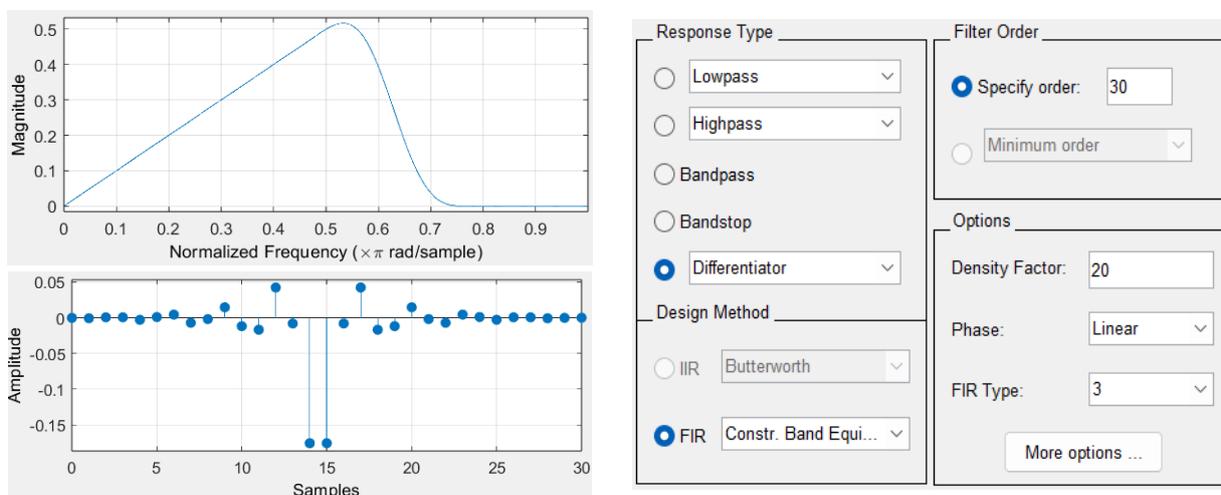


Рисунок 1 – Характеристики синтезированного КИХ-фильтра

Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124012700512-1.

### Список использованной литературы:

1. Краснодубец Л.А., Шишкин Ю.Е., Шаповалов О.Ю., Клименко А.В., Пеньков М.Н. Морской автономный зонд-профилограф // Системы контроля окружающей среды. – 2024. – № 1(55). – С. 42–52.
2. Солонина А.И. Моделирование цифровой обработки сигналов в MATLAB. Часть 9. Моделирование цифровых преобразователей Гильберта и дифференциаторов программными средствами и средствами GUI FDATool MATLAB // Компоненты и технологии. – 2009. – № 7(96). – С. 106–110.

## МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБОСНОВАНИЯ ЗНАЧИМЫХ ФАКТОРОВ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОГО ЗАРЯДА В МОРСКОЙ ВОДЕ

Семыкина И.Ю.<sup>1</sup>, Велиляев А.С.<sup>1</sup>, Смокталь Н.Н.<sup>1</sup>, Завьялов В.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия  
arinasemykina@gmail.com

Для системы беспроводного заряда автономных плавучих аппаратов, функционирующей в морской воде в условиях качки требуется построить адекватную математическую модель. Потенциально значимыми факторами для модели являются изменение взаимной индуктивности катушек вследствие их смещения, вихревые токи и паразитная емкость между передающей и приемной катушками при рабочей частоте резонансного контура в килогерцовом диапазоне, а также нелинейные полупроводниковые коммутационные элементы.

Для принятия решения об объеме принимаемых допущений были проведены экспериментальные исследования. Объектом выступила система беспроводного заряда мощностью 150 Вт с последовательной LC-топологией и многослойными катушками с габаритными размерами 30×30 см, включающая высокочастотный инвертор на транзисторах IRFP90N20DPBF напряжением 200 В и током 94 А, выпрямитель на диодах Шоттки STPS160H100TV напряжением 100 В и током 160 А. В качестве источника питания использовались две последовательно соединенные аккумуляторные батареи VARTA B32 45Ah 330A напряжением 12В каждая, а также источник постоянного тока Delta Elektronika SM330-AR-22 при напряжении 24 В. В качестве измерителей использовались цифровые мультиметры MASTECH MS 8217.

Эксперименты проводились в два этапа: при погружении катушек в пресную воду (рис. 1) и в морскую воду (рис. 2). Каждый этап состоял из серии экспериментов, отличающихся расстоянием между передающей и приемной катушками и уровнем погружения в воду. В ходе каждого эксперимента запускалась беспроводная передача энергии, рабочая частота устанавливалась в диапазоне от 90 до 130 кГц с шагом 130 Гц, фиксировались токи и напряжения в цепях постоянного тока на передающей и принимающей стороне, тем самым формировались частотные характеристики (рис. 3) для их дальнейшего сопоставления с результатами моделирования. Для синхронизации измерений заданная частота и показания приборов фиксировались с использованием видеосъемки.



Рисунок 1 – Эксперимент в пресной воде

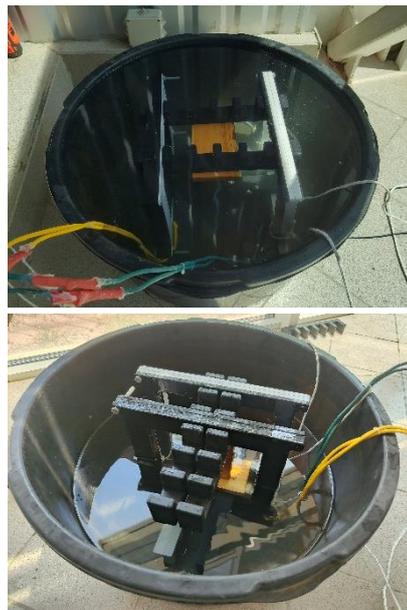


Рисунок 2 – Эксперимент в морской воде

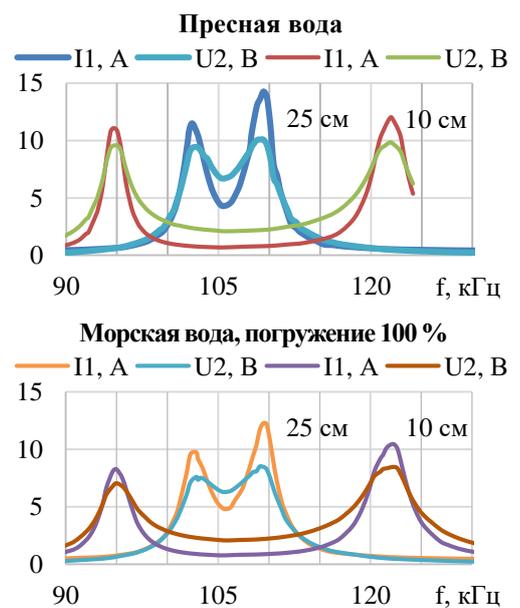


Рисунок 3 – Частотные характеристики

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-29-00182,  
<https://rscf.ru/project/25-29-00182/>.*

**ВАРИАНТЫ АЛГОРИТМОВ-КАНДИДАТОВ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО  
ОЦЕНИВАНИЯ ВЗАИМНОЙ ИНДУКТИВНОСТИ МЕЖДУ КАТУШКАМИ  
СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОГО ЗАРЯДА**

Семькина И.Ю.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
arinasemykina@gmail.com

Системы беспроводного заряда являются перспективной технологией для автономных плавучих аппаратов, обеспечивающей заряд их аккумуляторов при сближении аппарата и док-станции на расстояние, не превышающее эффективную дальность беспроводной передачи энергии. Важным фактором при этом является качка, изменяющая взаимное расположение передатчика и приемника. Для обеспечения эффективности функционирования такой систем беспроводного заряда она должна в своем составе иметь наблюдатель, реализующий динамическую оценку взаимной индуктивности  $L_m$  либо, что эквивалентно, коэффициента связи  $k$ . Некоторые варианты алгоритмов-кандидатов и их сравнительные характеристики приведены на рис. 1.

Оценивание $k$ или $L_m$					
Через импеданс системы		С использованием наблюдателей			
Измеряют $I_1, U_1, I_2, U_2$	Измеряют $I_1$ , сравнивают с опорным	Метод наименьших квадратов	Метод роя частиц	Расширенный фильтр Калмана	Машинное обучение
(Li, 2025) Нужен контроль резонанса	(Zhao, 2019) $\Delta \approx 10\%$ , зависит от $R_l$	(Kobayashi, 2015) $\Delta 10-13\%$ , $t = 0,001$ с	(Chow, 2017) $\Delta = 0,075\%$ , $t < 15$ мин	(Bentalhik, 2021) $\Delta \approx 0,01\%$ , $t = 0,01-0,05$ с	(Zhang, 2022) $\Delta < 5.7\%$ , $t < 0,01$ с, оценка $R_l$

Рисунок 1 – Варианты алгоритмов-кандидатов

*This research was supported by the Russian Science Foundation, Project 25-29-00182, <https://rscf.ru/project/25-29-00182/>.*

**References:**

1. Bentalhik I., El fadil H., Lassoui A., Koundi M., El idrissi Z., Giri F. Adaptive Observer Design for a Bidirectional AC/DC Totem Pole PFC Power Converter // IFAC PapersOnLine. – 2021. – Vol. 55. – No. 12. – P. 438–443. DOI: 10.1016/j.ifacol.2022.07.351.
2. Chow P.W., Chun, H., Chen, C.S., Wan, W. Use of transmitter-side electrical information to estimate system parameters of wireless inductive links // IEEE Trans. Power Electron. – 2017. – Vol. 32(9). P. 7169–7186. DOI: .1109/TPEL.2016.2623681.
3. Kobayashi D., Imura T., Hori Y. Real-time coupling coefficient estimation and maximum efficiency control on dynamic wireless power transfer for electric vehicles // 2015 IEEE PELS Workshop on Emerging Technologies: Wireless Power. – Daejeon, South Korea, 2015. – P. 1–6. DOI: 10.1109/WoW.2015.7132799.
4. Li J., Shi J., Huang H., Wang Z., Zhang Y., Qin H., Zhang G. AUV Wireless Power Transfer System Multi-objective Optimization Design and Robust Control Strategies // Ocean Engineering. – Vol. 341. – 2025. – P. 122745. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2025.122745.
5. Zhang H., Tan P., Shangguan X., Zhang X., Liu H. Machine learning-based parameter identification method for wireless power transfer systems // Journal of Power Electronics. – 2022. – Vol. 22. – P. 1606–1616. DOI: 10.1007/s43236-022-00454-6.
6. Zhao Q., Wang A., Liu J., Wang X. The Load Estimation and Power Tracking Integrated Control Strategy for Dual-Sides Controlled LCC Compensated Wireless Charging System // IEEE Access. –2019. – Vol. 7. – P. 75749–75761. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2922329.

## КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ SM5651

Клименко А.В.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем» (ИПТС), г. Севастополь, Россия

[chirpyu@mail.ru](mailto:chirpyu@mail.ru)

В разрабатываемом по патенту (Гайский, 2023) гидростатическом измерителе плотности самым критическим элементом конструкции является дифференциальный датчик давления, у которого повышение чувствительности достигается низким диапазоном давлений (до 1000 Па). Он должен сочетать в себе не только ультранизкий диапазон давления, но и обладать удовлетворительными прочностными характеристиками для работы в морской среде. Известен датчик AMS 5812 используемый для газовой среды с пьезорезистивным чувствительным элементом, цифровым I2C выходом и компенсацией по температуре. Однако его стоимость неприемлема для текущей разработки. Нами был выбран дешевый аналог этой микросхемы в таком же исполнении и содержащем лишь тензометрический измерительный мост марки SM5651 также с малым диапазоном до 1000 Па. Для использования этого датчика в водной среде его рабочее пространство заливалось силиконовым маслом высокой вязкости марки 1000, что позволило использовать этот датчик в морской воде.

Для исследования температурной зависимости дифференциального датчика SM5651 к его корпусу приклеивался цифровой датчик температуры DS18D20 и микросхема подвергалась воздействию температуры. На рис. 1 приведена зависимость выходного кода датчика от температуры, которая хорошо аппроксимируется линейным полиномом:

с величиной достоверности информации  $32332 \pm 9962$ .

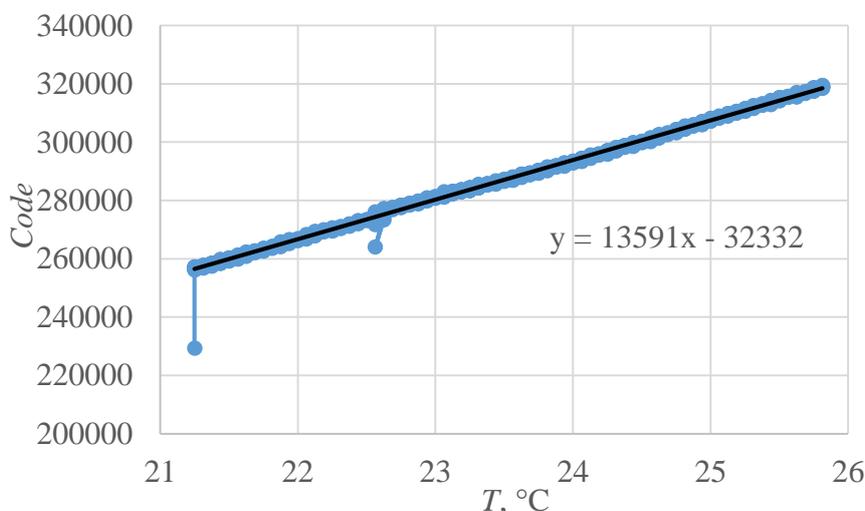


Рисунок 1 – График зависимости выходного кода дифференциального датчика давления  $Code$  от температуры корпуса  $T$ .

Полученная зависимость может быть использована для компенсации влияния температуры на дифференциальный датчик давления SM5651 и повышения точности

Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124012700512-1.

### Список использованной литературы:

1. Гайский В.А. Патент на изобретение РФ № 2792263. Измеритель плотности жидкости и его варианты: заявитель и патентообладатель: ФГБНУ «Институт природно-технических систем». Оpubл. 21.03.2023. Бюл. № 9.

Тезисы докладов  
Международной научно-практической конференции  
«Системы контроля окружающей среды – 2025»

Conference Abstracts  
International Scientific and Practical Conference  
"Environmental Control Systems – 2025"

На русском и английском языках

In Russian and English

Подписано к печати 30.10.2025.

Заказ 32. Тираж 250 экз.

---

Отпечатано ИП Куликов А.С.  
299043 г. Севастополь, ул. Аксютина, д. 16, кв. 52  
Тел.: +7 978 832 21 89