

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 – 2024»**

CONFERENCE ABSTRACTS

**International Scientific and Practical Conference
"Environmental Control Systems – 2024"**



Севастополь
05 – 08 ноября 2024 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**Международной научно-практической конференции
«Системы контроля окружающей среды – 2024»**

CONFERENCE ABSTRACTS

**International Scientific and Practical Conference
"Environmental Control Systems – 2024"**

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

Севастополь

2024 г.

УДК 55

Системы контроля окружающей среды – 2024 / Тезисы докладов Международной научно-практической конференции. – Севастополь, 05 – 08 ноября 2024 г. – Севастополь: ИП Куликов А.С., 2024. – 280 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. Краснодарец 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 978-5-6051824-6-7

©Авторы материалов

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Маевский А.М.</i> Опыт прикладной верификации технологий оперативной океанологии на базе отечественных МРТС и МРТК глайдерного типа.	15
<i>Полонский А.Б.</i> О современном состоянии климатической системы.	16
<i>Семенов В.А.</i> Реконструкция изменений площади морских льдов в Арктике в XX веке.	17

СЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

<i>Абазова С.В., Евстигнеев В.П., Возняк Н.Ю., Власенко С.В., Османов Э.А., Наумова В.А.</i> Применение климатических факторов в санаторно-курортном лечении на курорте Евпатория.	21
<i>Веляев Ю.О., Майоров Д.В.</i> О возможности применения модифицированного диоксида кремния, получаемого из минерального сырья, в хроматографии.	22
<i>Вышкваркова Е.В., Греков А.Н., Маврин А.С., Трусевич В.В.</i> Сравнение алгоритмов Theta, Croston и Prophet для прогнозирования и обнаружения аномалий в биологических системах раннего оповещения.	23
<i>Гарцман Б.И., Энтин А.Л., Толкачева В.Ф.</i> Современный ГИС-инструментарий анализа структуры речных систем и морфологии их бассейнов.	24
<i>Глухов А.А., Анциферов А.В., Камбурова Л.А.</i> Микросейсмический мониторинг углепородных массивов.	25
<i>Греков А.Н., Греков Н.А.</i> Океанографическая автомобильная информационно-измерительная система для определения вертикального распределения скорости звука.	26
<i>Губарев А.В., Полонский А.Б., Валле А.А.</i> Банк океанологических данных Института природно-технических систем.	27
<i>Гузев О.А., Борисенко Э.В., Бударецкий С.И.</i> Стенд для исследований теплового состояния насыпи, продуваемой воздухом и прогреваемой внешним и внутренним источниками тепла.	28
<i>Дологлонян А.В., Матвеев В.Т., Клименко А.Г.</i> Регулирование производства тепла в когенерационных микрогазотурбинных установках (МГТУ) с применением силового управляемого электронного преобразователя.	29

<i>Иванов Е.Н.</i> Организация системы контроля температурных параметров высокогорных территорий по высотным уровням.	30
<i>Клименко А.В.</i> Лабораторные испытания макета гидростатического измерителя плотности морской воды.	31
<i>Клименко А.Г., Дологлонян А.В., Матвеев В.Т.</i> Анализ современных технологий повышения эффективности использования тепловых выбросов двигателей внутреннего сгорания (ДВС).	32
<i>Ковзель Д.Г.</i> Комплекс гидроакустического мониторинга акваторий «Шельф-14».	33
<i>Красnodубец Л.А.</i> Применение метода динамических измерений для определения текущей глубины погружения автономного профилографа.	34
<i>Красnodубец Л.Л., Канов Л.Н.</i> Оптимальное управление электроприводом погружного зонда в условиях переменной плотности морской воды.	35
<i>Кузьмин К.А.</i> Оценка влияния радиальных колебаний в ультразвуковом пьезоизлучателе на метрологические характеристики измерителя скорости звука в воде.	36
<i>Ломия Р.Ф., Строчан Т.П.</i> Подводный мониторинг ихтиофауны с использованием ip-камер и алгоритмов машинного обучения.	37
<i>Манульчев Д.С.</i> Акустическое поле в акватории во время забивки кондукторной колонны на берегу.	38
<i>Мишуков В.Ж., Кузьмин К.А., Трусевич В.В., Рязанов В.А., Пасынков М.А.</i> Двигательная реакция створок мидий на воздействие оптического излучения в диапазоне 400–1000 нм для решения задач экологического мониторинга водной среды.	39
<i>Носова А.О., Успенская М.В., Олехнович Р.О.</i> Применение методов термического анализа для обнаружения и определения массовой концентрации микрочастиц поливинилхлорида в пробах почв.	40
<i>Нурзай В.А., Губарев Ф.А., Смокталь Н.Н., Лей В.А.</i> Измерение параметров вибрации корпусов электрических машин.	41
<i>Олейников А.М., Канов Л.Н.</i> Определение места повреждения изоляции линии электропитания.	42
<i>Пасынков М.А., Рязанов В.А., Кузьмин К.А., Мишуков В.Ж.</i> Разработка автономного измерителя.	43
<i>Пеньков М.Н.</i> Применение акселерометра ADXL345 при измерении профиля плотности.	44
<i>Руднев В.П.</i> Исследование трещиностойкости конструкционных алюминиевых сплавов при длительном воздействии статической нагрузки и	45

коррозионной среды.

<i>Руднева И.И., Медянкина М.В., Шайда В.Г.</i> Оценка токсичности буровых растворов методами биотестирования.	46
<i>Рязанов В.А., Пасынков М.А., Мишуров В.Ж., Кузьмин К.А.</i> Технология повышения качества протектора ультразвукового первичного преобразователя.	47
<i>Сальников В.Г.</i> Испытания на водопоглощение образца углепластика в морской среде с контролем изменения массы гравиметрическим методом	48
<i>Самойлов С.Ю., Евстигнеев В.П., Егоркин А.А.</i> Разработка методики создания объединенной гетерогенной сети мониторинга атмосферного воздуха с применением комплекса «МетеоДозор».	49
<i>Семыкина И.Ю.</i> Методы обнаружения утечек в подводных трубопроводах.	50
<i>Силкин П.П.</i> Оценка возможности использования хронологий плотности клеточной стенки в дендроклиматических исследованиях.	51
<i>Халиков И.С.</i> Использование колонки hawach scientific (Китай) в методе ВЭЖХ для определения ПАУ.	52
<i>Химченко Е.В.</i> Контактные наблюдения внутренних волн в Черном море.	53
<i>Чачиев Д.Р., Сосновский Ю.В.</i> Модель потерь сигнала, адаптированная под условия Крымского полуострова.	54
<i>Чердакова А.С., Гальченко С.В., Воробьева Е.В.</i> Эффективность очистки нефтезагрязненных вод методом пневмосепарирования в присутствии гуминового препарата.	55
<i>Шаповалов О.Ю.</i> Макетирование конструкции и электронных блоков измерительного зонда и приемной базовой станции.	56
<i>Шишкин Ю.Е.</i> Дифференциальный подход в разработке модели системы измерения плотности воды и анализе данных.	57
<i>Шишкин Ю.Е.</i> Создание и применение программных алгоритмов на основе машинного обучения для обнаружения экологических аномалий в морских системах.	58
<i>Щодро А.Е.</i> Новые принципы методов расчёта размыва берегов.	59

СЕКЦИЯ 2. ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<i>Антохина О.Ю., Антохин П.Н., Гочаков А.В., Збиранник А.А., Газимов Т.Ф.</i> Синоптические условия формирования экстремальных осадков на юге Восточной Сибири и в Монголии.	63
---	----

<i>Афанасьева В.В., Воскресенская Е.Н., Марчукова О.В.</i> Роль пассатов в формировании событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья.	64
<i>Базюра Е.А., Полонский А.Б.</i> Изменчивость различных компонент теплового баланса на поверхности северной части Атлантического океана.	65
<i>Богданович А.Ю.</i> Система RANGES для расчета климатической области распространения климатообусловленного явления.	66
<i>Бурундукова О.А., Марчукова О.В.</i> Климатические аномалии Арктического региона в периоды явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья.	67
<i>Валле А.А., Полонский А.Б.</i> Об изменчивости растворенного кислорода в водах северо-западного шельфа Черного моря в весенний период.	68
<i>Верецагина М.А.</i> Развитие сельского хозяйства в суровых климатических условиях.	69
<i>Возная Т.В., Курченко В.М., Полонский А.Б.</i> Аномалии температуры поверхности океана в области Канарского и Чилийского апвеллингов и влияние событий Эль-Ниньо на них.	70
<i>Воронцов А.А., Булыгин А.М., Нефедова Г.И.</i> Тенденции климатических изменений термохалинных условий в прибрежных районах Черного и Азовского морей.	71
<i>Гайко Л.А.</i> Особенности температурного режима южной части Дальневосточного морского заповедника (залив Петра Великого, СЗ Японского моря).	72
<i>Гребнева Е.А., Полонский А.Б.</i> Оценка точности данных ре-анализа stems bs-biogeochemistry в воспроизведении трендов величины Рн в Черном море.	73
<i>Добровольский С.Г., Юшков В.П., Соломонова И.В.</i> О применении теории Хассельманна для оценки неопределенностей прогнозов глобального климата.	74
<i>Добролюбов Н.Ю., Семенов С.М.</i> Об изменениях годового хода среднемесячной температуры воздуха в приповерхностном слое.	75
<i>Евстигнеев В.П., Наумова В.А., Воронцов А.А.</i> Экстремальные штормы в Азово-черноморском регионе в контексте многолетней изменчивости ветро-волновых аномалий в регионе.	76
<i>Егоркин А.А., Журавский В.Ю.</i> Ретроспективный анализ мезомасштабной модели WRF с учетом различных схем параметризации.	77
<i>Жаринова Э.А., Нечепуренко О.Е., Пустовалов К.Н.</i> Пространственно-временная изменчивость молниевой активности в регионах Арктики.	78
<i>Зотов Л.В., Сидоренков Н.С.</i> Сопоставление глобальной температуры с особенностями во вращении Земли.	79

<i>Капустин А.В., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С.</i> Оценка климатической изменчивости температуры воздуха в Крыму.	80
<i>Касландзия Н.Д., Ахсалба А.К.</i> Исследование режима атмосферных осадков на территории Республики Абхазия в 21-столетий.	81
<i>Кузнецова В.П.</i> Анализ гидрометеорологических условий как фактора пирогенной опасности юга Западной Сибири.	82
<i>Лазарева А.И., Марчукова О.В.</i> Влияние изменения климата на популяцию белого медведя на острове Врангеля.	83
<i>Лубков А.С., Воскресенская Е.Н.</i> Прогнозирование явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья с применением нейросетевого моделирования и сопоставление результатов с мировым опытом.	84
<i>Лубков А.С., Вышкваркова Е.В., Воскресенская Е.Н., Щодро А.Е.</i> Модель прогнозирования катастрофических паводков на территории Крыма.	85
<i>Лытов В.М., Трофименко Ю.В., Гинзбург В.А., Якубович А.Н., Шелмаков С.В., Деянов Д.А., Шашина Е.В., Зеленова М.С., Зайнулин С.М.</i> Реализация транспортной модели для оценки выбросов парниковых газов от автомобильного и внедорожного транспорта на национальном уровне.	86
<i>Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.</i> Изменения циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе.	87
<i>Мирзоев В.А., Гайдукова Е.В.</i> Изменения климата и окружающей среды в бассейне реки Зеравшан (Узбекистан).	88
<i>Новоселова Е.В., Файман П.А., Дидов А.А., Будянский М.В., Белоненко Т.В., Улейский М.Ю.</i> Применение гидродинамического и лагранжева моделирования для исследования динамики вод Лофотенского вихря.	89
<i>Носкова Е.В., Вахнина И.Л.</i> Современные климатические тенденции Забайкальского края.	90
<i>Ормели Е.И., Перелыгина Ю.М.</i> Оценка условий засухливости Правобережных районов Саратовской области.	91
<i>Парфенова А.В., Кулыгин В.В.</i> Анализ изменения индекса аридности в бассейне нижнего Дона.	92
<i>Пачулия Э.В., Экба Я.А.</i> Условие возникновения шквалов на территории Абхазии.	93
<i>Пекарникова М.Е., Валиуллина К.Б.</i> Правовое регулирование эмиссии метана и его роль в достижении основной цели Парижского соглашения. Общий анализ проблемы.	94
<i>Переведенцев Ю.П., Мирсаева Н.А., Гурьянов В.В., Николаев А.А., Тагиров М.Ш.</i> Долгопериодные климатические изменения в Казани и их	95

последствия.

<i>Полонский А.Б., Сухонос П.А.</i> Оценка качества воспроизведения межгодовых изменений осадков над Чёрным морем по данным моделей проекта СМIP6.	96
<i>Полонский А.Б., Сухонос П.А.</i> Оценка качества воспроизведения сезонного цикла осадков над Чёрным морем по данным моделей проекта СМIP6.	97
<i>Поповнин В.В.</i> Эскалация сокращения водно-ледовых ресурсов Кавказа: миф или реальность?	98
<i>Постникова Т.Н., Рыбак О.О., Губанов А.С., Зеколлари Х., Хусс М.</i> Прогноз образования новых прогляциальных озёр по мере отступления ледников Эльбруса в XXI веке.	99
<i>Русинова В.К.</i> Изменения температурно-влажностного режима на Европейской территории России.	100
<i>Рыбак О.О., Рыбак Е.А.</i> Влияет ли погодный шум на модельные оценки поверхностного баланса массы горного ледника?	101
<i>Сафина Р.А., Марчукова О.В.</i> Выбор моделей СМIP6 для анализа будущих изменений климата Сибири.	102
<i>Семенова К.А., Волкова Е.С.</i> Анализ климатических явлений теплого периода, воздействующих на урожайность сельхозкультур на равнинной южно-таежной территории Западной Сибири.	103
<i>Серебренников А.Н., Полонский А.Б.</i> Геоострофический перенос в системе восточных пограничных апвеллингов. Атлантические апвеллинги.	104
<i>Соколов А.В., Коваль А.В., Савенкова Е.Н.</i> Оценка связи динамического режима мезосферы со стратосферной циркуляцией по данным ре-анализа и свч-радиометрии.	105
<i>Стефанович А.А., Воскресенская Е.Н.</i> Оценка условий теплового комфорта во время аномальной жары на территории города Севастополя.	106
<i>Сухонос О.Ю., Вышкваркова Е.В.</i> Тенденции изменения индекса Шеффера, как индикатора риска разрушения деревянных конструкций объектов культурного наследия, на Европейской части России.	107
<i>Торбинский А.В., Полонский А.Б., Губарев А.В.</i> Об аномалиях температуры поверхности Индийского океана и их влиянии на пространственно-временную изменчивость приземной температуры воздуха в Африканско-Европейском регионе и прилегающей части Атлантики.	108
<i>Федотов А.Б.</i> Исследование вихревого поля, генерируемого струйным зональным ветровым течением в океане.	109

<i>Чередыко Н.Н., Волкова М.А., Кужевская И.В.</i> Изменения аридных ландшафтов юга Сибири в XXI в.	110
<i>Шушпанов А.А., Пекарникова М.Е.</i> Выбросы парниковых газов и климатическая политика Российской Федерации.	111
<i>Экба Я.А., Хинтуба Л.В.</i> Оценка влияния парниковых газов на температуру приповерхностного слоя воздуха в Абхазии.	112

СЕКЦИЯ 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

<i>Агаркова-Лях И.В., Васейкина Н.А.</i> Оценка потребностей Севастополя в пляжах в условиях развития туррынка и роста численности населения.	115
<i>Александров Е.Г., Егоркин А.А.</i> Анализ загрязнения водного объекта приморской территории с применением численного моделирования.	116
<i>Андреева Н.А., Пеньков М.Н., Шупова Е.В.</i> Влияние переменного магнитного поля на пигментный состав двух штаммов цианобактерий.	117
<i>Бакурова Э.Ю., Имшенник Е.В., Нахутин А.И.</i> Разработка уточненных национальных коэффициентов выбросов диоксида углерода от производства технического углерода на предприятиях Российской Федерации.	118
<i>Березнев А.А.</i> Влияние деятельности аэропорта Шереметьево на состояние окружающей среды. Оценка деятельности за 2023 г.	119
<i>Галушин Д.А., Громов С.А.</i> Оценка влажных выпадений соединений серы на территории Центрального федерального округа России по результатам моделирования ЕМЕП в 2015 - 2021 гг.	120
<i>Губарева Т.С., Амеличев Г.Н., Токарев С.В., Вахрушев Б.А., Гарцман Б.И., Науменко В.Г., Амеличев Е.Г., Вахрушев И.Б.</i> Гидрологическая структура стока в карстовых бассейнах Горного Крыма.	121
<i>Дубас В.В., Алексашкин И.В., Калягина В.О., Хижняк Ю.С.</i> Эколого-геохимическое состояние почв под посадками сосны крымской (<i>Pinus pallasiana</i>) Карадагского природного заповедника.	122
<i>Егоркин А.А.</i> Краткосрочное прогнозирование качества атмосферного воздуха с применением технологий искусственного интеллекта.	123
<i>Егоркин А.А., Конченко Д.О.</i> Использование элементов искусственного интеллекта для прогнозирования состояния окружающей среды приморской территории.	124
<i>Жигачева Е.С., Громов С.А.</i> Тенденции изменения концентраций основных ионов в природных водах двух малых рек Азиатской части России за 15 лет (2009–2023 гг.).	125

<i>Ильин А.В., Ершов М.А., Савеленко В.Д., Зеленова М.С., Гинзбург В.А., Зайнулин С.М., Лытов В.М.</i> Исследование компонентного состава приоритетных видов газового топлива для разработки национальных коэффициентов выбросов CO ₂ .	126
<i>Казанкова И.И.</i> О возможности влияния событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья на потенциальную пополняемость популяции мидии у берегов Крыма.	127
<i>Киселёва А.А., Шулико Н.Н.</i> Экологическое состояние ризосферы яровой мягкой пшеницы.	128
<i>Королёв М.А., Яковлева Е.В., Габов Д.Н., Шамрикова Е.В., Жангуров Е.В., Панюков А.Н.</i> Аккумуляция полициклических ароматических углеводородов в почвах и растениях горных тундр Полярного Урала: экологические и токсикологические аспекты.	129
<i>Красовская В.С., Воскресенская Е.Н.</i> Закономерности связи вегетационного индекса NDVI с приземной температурой и осадками.	130
<i>Куликова А.П., Егоркин А.А.</i> Распространение загрязняющих веществ в условиях сложного рельефа.	131
<i>Лей В.А., Нурзай В.А., Гаврисенко С.Л.</i> Разработка географической информационной системы для цифровой инвентаризации стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха города Севастополя.	132
<i>Лобковский В.А., Куст Г.С., Андреева О.В.</i> Оценка деградации земель: особенности использования глобальных и региональных индикаторов.	133
<i>Лукина М.Д., Егоркин А.А.</i> CFD – моделирование рассеивания загрязняющих веществ на урбанизированных приморских территориях с учетом вторичных химических превращений.	134
<i>Лысенко В.И.</i> Влияние флюидов сипов бухты Ласпи на гидросферу, атмосферу и биосферу (Южный берег Крыма).	135
<i>Лю-Лян-Мин Е.И., Шамрикова Е.В., Груздев И.В., Жангуров Е.В.</i> Липидные компоненты почв Полярного Урала на карбонатных породах (хребет Большой Пайпудынский).	136
<i>Ляпина Е.Е.</i> Особенности накопления химических элементов в хвое южного берега Республики Крым.	137
<i>Марандиди С.И., Ахсалба А.К., Кишмария Я.Ш.</i> Исследование концентрации метана в атмосферном воздухе на территории Республики Абхазия.	138
<i>Мегер Я.В., Пионтковский С.А.</i> Пространственное распределение и соотношение биомассы желетелого и кормового зоопланктона в мировом океане.	139

<i>Мельникова Е.Б.</i> Особенности интенсивности свечения гидробионтов при различных уровнях загрязнения тяжелыми металлами.	140
<i>Мирсанов М.А., Нечепуренко О.Е.</i> Потоки скрытого и явного тепла на участках стационара «Васюганье».	141
<i>Мищенко К.И., Громов С.А., Жадановская Е.А.</i> Оценка изменения выбросов в атмосферу на территории Сибири и Дальнего Востока России для характеристики регионального загрязнения.	142
<i>Новиков А.А., Каширина Е.С.</i> Оценка репрезентативности цифровых моделей рельефа Srtm gl1, aster gdem v3, alos v3.2 copernicus dem v1.2.	143
<i>Пастухов Б.В., Парамонов С.Г.</i> Соединения серы и азота в атмосферном воздухе фоновых районов Европейской части России.	144
<i>Петренко А.Е., Лысенко В.И., Новохацкая А.А.</i> Результаты обследования экологического состояния поверхностных источников юго-западного Крыма.	145
<i>Попов И.О., Попова Е.Н.</i> Разработка методики снижения числа климатических предикторов в моделировании ареалов видов.	146
<i>Походня Е.И., Динкелакер Н.В.</i> Накопление тяжёлых металлов в экосистемах урбанизированных территорий в условиях климатических аномалий.	147
<i>Смирнова Л.Л., Катунина Е.В.</i> Органические соединения в месячных суммарных атмосферных выпадениях на Севастопольском взморье.	148
<i>Терентьев А.С.</i> Трофическая структура зообентоса Керченского пролива при различных уровнях его развития.	149
<i>Титов В.Ю., Абазова С.В., Ступников С.А.</i> Методы создания конвейера данных обработки измерений параметров окружающей среды для целей курортной медицины.	150
<i>Факаева Н.Р., Демежко Д.Ю., Горностаева А.А., Хацкевич Б.Д.</i> Теплопроводность снежного покрова в Екатеринбурге.	151
<i>Чернышев А.В., Зубкова В.М.</i> Оценка накопительной способности инвазионного растения <i>Solidago gigantea</i> Ait. по отношению к тяжелым металлам (ТМ).	152
<i>Шишкин Г.И., Гурьянов В.В.</i> Пространственно-временное распределение мелкодисперсных частиц PM10 в атмосфере Приволжского федерального округа.	153
<i>Шулико Н.Н.</i> Микробный ценоз – индикатор экологического состояния лугово-черноземной почв.	154

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

**ОПЫТ ПРИКЛАДНОЙ ВЕРИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ
ОПЕРАТИВНОЙ ОКЕАНОЛОГИИ НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
МРТС И МРТК ГЛАЙДЕРНОГО ТИПА**

Маевский А.М.

Акционерное общество «Научно-Производственное Предприятие Подводных Технологий
«Океанос», г. Санкт-Петербург, Россия
office@oceanos.ru

Мониторинг и исследование морских акваторий сегодня является одним из приоритетных направлений морской политики РФ. Охрана окружающей среды при передвижении судов по Северному морскому пути, обеспечение безопасности критических объектов морской инфраструктуры, поиск углеводородных месторождений и многие другие задачи могут быть успешно решены элементами морских робототехнических комплексов (МРТК) в составе подводных и волновых глайдеров.

Высокая степень автономности подводного глайдера, возможности интеллектуального анализа текущих результатов мониторинга и корректировки миссии, модульность исполнения и групповые алгоритмы применения в паре с волновым глайдером или БПЛА способны существенно увеличить скорость получения большого массива океанологических данных. Это обеспечивает высокую точность прогнозирования климатических изменений, а также сокращает экономические затраты на проведение исследований.

В России практической разработкой глайдеров занимаются научные команды СПбГМТУ и АО «НПП ПТ «Океанос». Созданные ими ходовые стенды подводного и волнового глайдеров прошли неоднократное апробирование различных конструктивных и программно-аппаратных решений. Результаты учений «Безопасная Арктика – 2023» и морского натурного эксперимента на Беломорской Биологической Станции МГУ демонстрируют возможность применения МРТК глайдерного типа для решения широкого спектра задач, в том числе мониторинга и патрулирования акватории.

Список использованной литературы:

Маевский А. М., Гайкович Б. А. Разработка гибридных автономных необитаемых аппаратов для исследования месторождений углеводородов // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2019. – № 2(39). – С. 29–40.

Маевский А. М., Занин В. Ю., Турсенев С. А. Применение групп автономных необитаемых подводных аппаратов планерного типа в качестве систем мониторинга подводных потенциально-опасных объектов на примере мониторинга экологического состояния акватории при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с аварийными разливами нефти и нефтепродуктов // «Научно-аналитический журнал вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС РОССИИ». – 2021. – № 2. – С. 25–32.

Маевский А. М., Печайко И. А., Турсенев С. А. Применение морских робототехнических комплексов для мониторинга и анализа потенциально опасных подводных объектов // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2021. – № 2(58). – С. 32–39.

Nikushchenko D., Maevskiy A., Kozhemyakin I., Ryzhov V., Goreliy A., Sulima T. Development of a Structural-Functional Approach for Heterogeneous Glider-Type Marine Robotic Complexes' Group Interaction to Solve Environmental Monitoring and Patrolling Problems // Journal of Marine Science and Engineering. – 2022. – № 10 – 1531. – DOI 10.3390/jmse10101531.

Xu J., Wang X., Liu P., Duan Q. Adaptive Proportional-Integral Sliding Mode-Based Fault Tolerant Control for Autonomous Underwater Vehicles with Thrusters Saturation and Potential Failure // Journal of Marine Science and Engineering – 2022 – № 10. – DOI 10.3390/jmse10111614.

О СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Полонский А.Б.

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

apolonsky5@mail.ru

Доклад посвящен обсуждению состояния глобальной климатической системы в последние десятилетия. Анализируется относительная роль различных механизмов, приведших к тому, что 2023 год оказался самым теплым за период инструментальных наблюдений, начиная со второй половины 19 века. Последовательно рассмотрены тренды приземной температуры столетнего масштаба (являющиеся, главным образом, следствием глобального потепления антропогенного происхождения), междесятилетние и межгодовые естественные вариации в системе «океан-атмосфера» (проявляющиеся, в частности, в виде квазипериодических мод типа Атлантической Мультидекадной Осцилляции – АМО, Тихоокеанского декадного колебания и Эль-Ниньо-Южной Осцилляции – ЭНЮК). Сделан вывод, что вклад естественной климатической изменчивости в аномальное потепление 2023 года составляет более 2/3. Отмечено, что три самых теплых года за весь период инструментальных наблюдений совпали с событиями ЭНЮК и пришлись на теплую фазу АМО. Во второй части доклада подробно анализируется величина естественных источников и стоков углерода в климатической системе по сравнению с антропогенными выбросами. Поскольку глобальные антропогенные выбросы на годовом масштабе относительно невелики (составляют порядка 10% от величины чистой первичной продукции), меняющаяся от года к году эмиссия углекислого газа в результате хозяйственной деятельности человека вносит малый вклад межгодовую изменчивость содержания CO_2 в атмосфере. В тоже время, возрастающая со временем эмиссия парниковых газов, а также из-за того, что большинство этих газов, включая CO_2 , относятся к долгоживущим, глобальное потепление антропогенного характера существенно влияет на климатические характеристики на временных масштабах от нескольких десятилетий. Подчеркивается продолжающееся интенсивное увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере, которая достигла в 2023 году 419.3 ± 0.1 ppm (частей на миллион, т.е., $\sim 0,042\%$). Это величина на 50% превышает величину содержания CO_2 в атмосфере в доиндустриальную эпоху. Причем рост этой концентрации по сравнению с 2022 годом составил 2.8 ppm и был четвертым по скорости увеличения среднегодовой концентрации CO_2 за период соответствующих регулярных наблюдений, начатых в 1960-х гг. (несмотря на подписание Парижского соглашения 2015 года).

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ПЛОЩАДИ МОРСКИХ ЛЬДОВ В АРКТИКЕ В XX ВЕКЕ

Семенов В.А.

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

Институт географии РАН, г. Москва, Россия

vasemenov@ifaran.ru

Сокращение площади морского льда в Арктике в последние десятилетия является одним из самых ярких проявлений продолжающегося глобального потепления. Изменения площади морских льдов в Арктике непрерывно наблюдаются со спутников с 1979 года, относительно хорошо отслеживаются с 1950-х годов, но крайне неопределенны в более ранний период из-за отсутствия достаточного количества наблюдений. Середина XX века характеризовалась сильным потеплением в Арктике, так называемым потеплением начала двадцатого века (ПСДВ), величина которого совсем недавно была превышена продолжающимся потеплением. В то время как температурные колебания во время ПСДВ относительно хорошо изучены, нет единого мнения о том, сопровождалось ли потепление быстрым сокращением морского льда, как в современный период.

В последние годы были опубликованы несколько реконструкций исторических данных о концентрации морского льда (КМЛ) на основе обобщенных региональных данных или путем с помощью гибридного модельно-эмпирического подхода. В данном докладе представлена новая реконструкция КМЛ за период 1901–2019 гг. на основе связей между пространственно-временной структурой вариаций КМЛ и температурой приземного воздуха, температурой поверхности моря и давлением на уровне моря (Semenov et al., 2024). Реконструированные данные о морском льде за март и сентябрь сравниваются с часто используемыми массивами данных HadISST1.1 (Raynet et al., 2003) и SIBT1850 (Walsh et al., 2017). Новая реконструкция показывает значительное уменьшение КМЛ с 1920 по 1940 гг., совпадающее с потеплением начала 20 века в Арктике. Такая отрицательная аномалия КМЛ отсутствует в данных HadISST1.1. Амплитуда аномалии SIA достигает около 0,8 млн. км² в марте и 1,5 млн. км² в сентябре. Аномалия примерно в три раза сильнее, чем в массиве данных SIBT1850. Более значительное сокращение КМЛ в сентябре в значительной степени обусловлено более сильным уменьшением КМЛ в западном секторе Северного Ледовитого океана в широтной зоне 70–80° с. ш.

Новая реконструкция предоставляет исследователям среднемесячные сеточные данные по КМЛ с начала XX века, которые могут быть использованы, в том числе, в качестве граничных условий для атмосферных реанализов и модельных экспериментов по изучению климата Арктики в первой половине XX века.

Исследование выполнено при частичной поддержке Российского научного фонда, грант № 23-47-00104.

Список использованной литературы:

Rayner N. A., Parker D. E., Horton E. B., Folland C. K., Alexander L. V., Rowell D. P., Kent E. C., Kaplan A. Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century // *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. – 2003. – Vol. 108, No. D14. – P. 4407. – DOI 10.1029/2002JD002670.

Semenov V. A., Aldonina T. A., Li F., Keenlyside N. Arctic Sea Ice Variations in the First Half of the 20th Century: A New Reconstruction Based on Hydrometeorological Data // *Advances in Atmospheric Sciences*. – 2024. – Vol. 41. – P. 1483–1495. – DOI 10.1007/s00376-024-3320-x.

Walsh J. E., Fetterer F., Scott Stewart J., Chapman W. L. A Database for Depicting Arctic Sea Ice Variations Back to 1850 // *Geographical Review*. – 2017. – Vol. 107. – P. 89–107. – DOI 10.1111/j.1931-0846.2016.12195.x.

СЕКЦИЯ 1

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

ПРИМЕНЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В САНАТОРНО-КУРОРТНОМ ЛЕЧЕНИИ НА КУРОРТЕ ЕВПАТОРИЯ

Абазова С.В.¹, Евстигнеев В.П.², Возняк Н.Ю.¹, Власенко С.В.¹, Османов Э.А.¹, Наумова В.А.³

¹ГБУЗ РК «Научно-исследовательский институт детской курортологии, физиотерапии и медицинской реабилитации», г. Евпатория, Россия

²ФГАОУВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

³ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
bioklimaticheskaya@mail.ru

Евпатория – Всесоюзная детская здравница (1936 г.) – обладает уникальными климатическими, грязевыми и бальнеотерапевтическими ресурсами. Положительное влияние климата на здоровье человека на крымских курортах применяется как одно из основных лечебных средств, в том числе и при лечении детей.

В общем комплексе оздоровительных и реабилитационных мероприятий, проводимых при санаторно-курортном лечении, особое место занимает климатотерапия – применение дозированного воздействия на организм таких климатопогодных факторов как температура и влажность воздуха, интенсивность солнечной радиации, скорость ветра, облачность и количество осадков, атмосферное давление.

При назначении климатических процедур важно учитывать степень воздействия и уровень комфортности климата для конкретного человека. Для рационального использования климатических факторов курорта в 1925 г. была создана Биоклиматическая станция (БКС), где с 1926 г. профессором, научным сотрудником ВНИИ метрологии (г. Ленинград), инженером-физиком А. Н. Бойко, проводились актинометрические исследования, которые позволяли евпаторийскому курорту разрабатывать и внедрять в практику самые передовые технологии дозирования метеофакторов. В результате проводимых исследований, по предложению профессора А. Н. Бойко на Евпаторийском курорте впервые в Советском союзе была внедрена в широкую курортную практику дозировка солнечных процедур в калориях вместо минут.

С 1956 г. впервые в мировой практике БКС перешла с дозирования солнечных ванн по калориям на их дозирование в лечебных дозах с учетом ультрафиолетового (УФ) излучения Солнца, поскольку именно УФ-часть солнечного спектра является наиболее биологически значимой. Профессор В. А. Яковенко первый определил эквивалентно-эффективную температуру при отпуске солнечных ванн.

Таки образом, проводимые, на протяжении 100 лет клинические наблюдения и исследования по влиянию климатических факторов на организм человека, течению хронических заболеваний позволяют констатировать факт формирования в г. Евпатории научной школы мирового уровня «Медицинская климатология».

На данном этапе БКС продолжает работу по направлению «Медицинская климатология», которое включает в себя следующие методы: клинико-физиологические, общей метрологии и климатологии.

Для сбора необходимых метеоданных, сотрудниками отделения медицинской климатологии ГБУЗ РК «НИИ детской курортологии, физиотерапии и медицинской реабилитации» используется автоматическая метеорологическая станция «Сокол-М1», позволяющая фиксировать различные значения погодных показателей в круглосуточном режиме для дальнейшего применения их при расчете биоклиматических индексов и определении комфортности пребывания на курорте Евпатория.

Находящиеся на санаторно-курортном лечении дети проходят специально разработанный трехразовый опрос, позволяющий выявить влияние метеофакторов на их общее состояние. Полученные сведения позволяют установить взаимосвязь погодных условий и объективного состояния детей, оценить влияние климатических факторов на нормализацию функций детского организма, особое внимание уделяется профилактике метеопатических реакций, что в совокупности позволяет применять на курорте климатолечение как один из методов восстановительной терапии, реабилитации. В современных условиях ухудшения экологических факторов, психогенной, техногенной нагрузки на организм человека, интенсификации санаторно-курортного лечения, сокращения времени пребывания на курорте физиологически грамотный, научно обоснованный подход к сочетанию климато-бальнео факторов приобретает особую актуальность. В связи с этим «Медицинская климатология» формируется как самостоятельная медицинская специальность, требующая соответствующей подготовки врачебного персонала, участвующего в лечении детей на курорте.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ, ПОЛУЧАЕМОГО ИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ, В ХРОМАТОГРАФИИ

Веляев Ю.О.¹, Майоров Д.В.²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

²ИХТРЭМС КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

velyaevyo@yandex.ru

Анализ сложных систем окружающей среды, состоящих из большого количества различных органических и неорганических объектов, является на сегодняшний день актуальной задачей, стоящей перед аналитиками. Решение этой проблемы становится невозможно без использования хроматографических методов исследований, применяемых не только на этапе пробоподготовки, но и непосредственно при анализе определённой фракции реальной матричной системы (Бородина, 2023). Хроматография, как, прежде всего, способ разделения компонентов, позволяет провести качественную и количественную оценку изучаемой системы. В основе хроматографического разделения компонентов лежит прохождение компонентов системы через специальную колонку, заполненную высокопористым и селективным по отношению к определённым компонентам изучаемой матрицы веществам. Обычно в качестве такого наполнителя применяют высокочистые аморфные кремнезёмы, поверхность которых модифицирована специальными функциональными группами.

На сегодняшний день наполнители для хроматографических колонок получают на основе реактивного сырья, однако использование в качестве исходного материала для синтеза подобных продуктов дешевого минерального сырья может значительно снизить себестоимость такого наполнителя. Таким сырьём может быть нефелиновый концентрат, который производится в качестве попутного продукта в Мурманской области (Майоров, 2023) в больших масштабах при обогащении апатито-нефелиновых руд и практически не используется. На его основе может быть получен высокочистый аморфный диоксид кремния с развитой удельной поверхностью (Maiorov, 2022), величина которой, в зависимости от условий синтеза, может достигать различных значений (Майоров, 2022; Mayorov, 2023). Авторами изучена возможность модификации полученного из нефелина кремнезёма различными алкильными функциональными группами. В основе данного процесса лежит реакция поликонденсации поверхностных гидроксильных групп кремнезёма с молекулами различных модификаторов в апротонной среде. В результате проведенных исследований были получены опытные образцы модифицированных кремнезёмов с удельной поверхностью не ниже 370 м²/г, что соответствует текущими характеристиками наполнителей, используемых для заполнения хроматографических колонок, применяющихся, в том числе, в приборной реализации высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Список использованной литературы:

Бородина А. В., Веляев Ю. О., Осокин А. Р. Комплексный методический подход в определении липидов моллюсков // Техника и технология пищевых производств. – 2023. – № 53(4). – С. 662–671.

Майоров Д. В., Веляев Ю. О. О возможности использования диоксида кремния, получаемого из минерального сырья, в качестве энтеросорбента // Химическая технология. – 2023. – № 24 (3). – С. 85–92.

Maiorov D., et al. Structural and surface properties of silicon dioxides obtained by extraction from sulfuric acid solutions of nepheline decomposition // Materials Science Forum. – 2022. – № 1052. – P. 116–121.

Майоров Д. В., Веляев Ю. О. Структурно-поверхностные и сорбционные свойства диоксида кремния, получаемого из нефелинсодержащего сырья // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2022. – Т. 22, № 5. – С. 725–736.

Mayorov D. V., et al. Physicochemical, structural, and surface properties of silicon dioxide produced from mineral raw materials // Inorganic Materials: Applied Research. – 2023. – № 14(5-6). – P. 1263–1269.

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ THETA, CROSTON И PROPHET ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ

Вышкваркова Е.В., Греков А.Н., Маврин А.С., Трусевич В.В.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
aveiro_7@mail.ru

Оценка качества воды и точное прогнозирование показателей загрязнения воды являются ключевыми компонентами в управлении водными ресурсами и контроле загрязнения воды. Использование биологических систем раннего оповещения (BEWS), в которых в качестве биосенсоров используются живые организмы, позволяет проводить комплексную оценку состояния водной среды и своевременно реагировать в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

В данной работе мы рассматриваем три алгоритма машинного обучения (Theta, Croston и Prophet) для прогнозирования данных об активности двустворчатых моллюсков, полученных с помощью разработанного авторами автоматизированного комплекса биомониторинга водной среды. В качестве исходных данных использована величина раскрытия створок в мм 16 мидий. В качестве меры обнаружения аномалий в данных использовалась среднеквадратическая ошибка (RMSE). Набор переменных параметров, общих для всех моделей, состоит из: время усреднения (от 10 с до 30 мин), количество точек прогнозирования (или интервал) (от 1 до 6 или от одной минуты до часа), размер обучающей выборки (от одного до 5 дней).

В результате разработан алгоритм обнаружения аномалий в данных об активности двустворчатых моллюсков. Наши результаты показали, что для одной из аномалий Prophet оказался лучшим методом, а для двух других время обнаружения аномалии не отличалось между методами. Сравнение методов с точки зрения скорости вычислений показало преимущество метода Croston (Grekov et al., 2024).

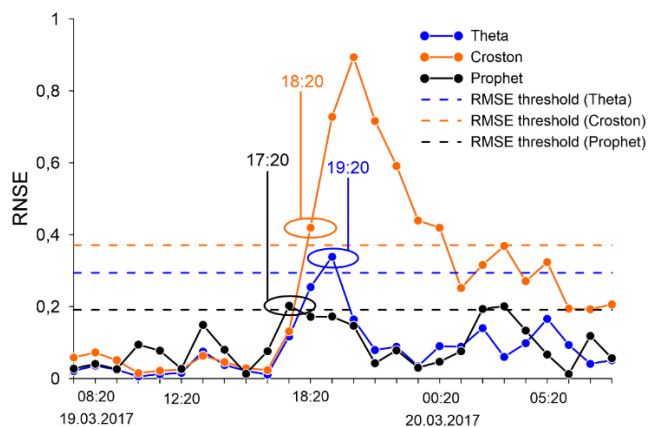


Рисунок 1 – Время обнаружения аномалии 1 (19 марта 2017 г.) тремя методами с 20-минутным усреднением и тремя точками прогнозирования

Разработанный алгоритм обнаружения аномалий может быть эффективно включен в программное обеспечение биологических систем раннего оповещения, способствуя быстрому реагированию на изменения в водной среде.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00558, <https://rscf.ru/project/23-29-00558/>.

Список использованной литературы:

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. – P. 343–356. – DOI 10.3390/forecast6020019.

**СОВРЕМЕННЫЙ ГИС-ИНСТРУМЕНТАРИЙ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ
РЕЧНЫХ СИСТЕМ И МОРФОЛОГИИ ИХ БАССЕЙНОВ**

Гарцман Б.И.^{1,3}, Энтин А.Л.^{1,2}, Толкачева В.Ф.¹

¹ФГБНУ «Институт водных проблем Российской академии наук», г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова»,
г. Москва, Россия

³ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
gartsman@inbox.ru

Развитие гидрологического моделирования в условиях нестационарного климата и динамичности ландшафтного строения бассейнов при дефиците данных наблюдений, требует взаимоувязанного расширения теоретической и информационной базы. Необходимо привлечение нового массива данных – достаточно доступных и надежных, характеризующих неизученные бассейны и редкие гидрологические события, допускающих органичное развитие теории моделирования. Перспективные возможности в этом смысле предоставляет структурно-гидрографический анализ речных систем. За последние десятилетия уже создан ряд статистических и детерминированных гидрологических моделей нового поколения с использованием данных о структуре речной сети и морфометрии бассейнов.

Ключевым элементом развития таких исследований являются современные методы анализа рельефа. Появление глобальных цифровых моделей рельефа (ЦМР) высокого разрешения создало для этого принципиально новые технические и методические возможности. Однако их реализация требует разработки программного инструментария целевой обработки ЦМР. В докладе представлены результаты разработки такого инструментария, отвечающего запросам не только гидрологии суши, но многих наук о Земле – линейка программных инструментов, реализующих преимущественно авторские методы и алгоритмы обработки ЦМР с привлечением иных видов пространственных данных. Инструменты предназначены для решения как известных, так и вновь сформулированных задач, в том числе:

- Stream Network Orders – инструмент автоматической оцифровки и порядковой классификации речной сети по ЦМР на основе вариантов т.н. “функции инициации”;
- Ridgeline Network Orders – инструмент автоматической оцифровки и порядковой классификации сети водоразделов по ЦМР на основе авторского метода;
- Watershed Thickness Metrics – инструмент автоматического определения набора мер «толщины» речного бассейна, на основе авторских алгоритмов.

Инструменты реализованы как скрипты на языке Python с использованием возможностей ArcGIS Desktop 10.8. При их разработке, если явно не указано иное, используются инструменты группы Spatial Analyst. Обратная совместимость проверена для версий ArcGIS Desktop 10.5, 10.7. Набор инструментов расположен в свободном доступе с открытым кодом по адресу <https://github.com/aentin/ArcPyStreamScape>. Результаты работы инструментов демонстрируются ниже на примере фрагмента ЦМР SRTM площадью около 1200 км² (речной бассейн), с исходным разрешением 3", трансформированного в систему координат равновеликой конической проекции и передискретизированного до пространственного разрешения 75 м.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИВП РАН FMWZ-2022-0001 № гос. рег. 122041100222–7.

МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ УГЛЕПОРОДНЫХ МАССИВОВ

Глухов А.А., Анциферов А.В., Камбурова Л.А.

ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела» (РАНИМИ), г. Донецк, Россия
glukhov1964@yandex.ru

В настоящее время анализ микросейсмического излучения используется для решения широкого ряда экологических и производственных задач. Микросейсмы представляют собой малоамплитудные колебания, вызванные как причинами природного характера, так и результатом деятельности человека. В ФГБНУ «РАНИМИ» было разработано программное обеспечение для анализа сейсмической активности зон трещиноватости вблизи крупных тектонических разломов и анализа геодинамических процессов, вызванных подземной добычей угля.

Лежащие в основе анализа мониторинговые наблюдения проводились в посёлке Объединённый (г. Макеевка, ДНР) для оценки опасности подвижек горного массива в результате отработки залегающего ниже угольного пласта. Накопленный в результате многомесячных регулярных наблюдений лег в основу базы данных сейсмозаписей.

Одним из основных инструментов анализа является амплитудно-частотная характеристика. На рис. 1 в качестве иллюстрации приведен характерный спектр отдельной сейсмозаписи. Визуально его можно разделить на две части. Характер малоамплитудных колебаний на частотах менее 2 Гц однороден. Это зона преимущественно микросейсмического естественного происхождения. Зона частотой выше 2 Гц – высокоамплитудная, с ярко выраженными максимумами, множеством пиков. Это шумы искусственного происхождения.

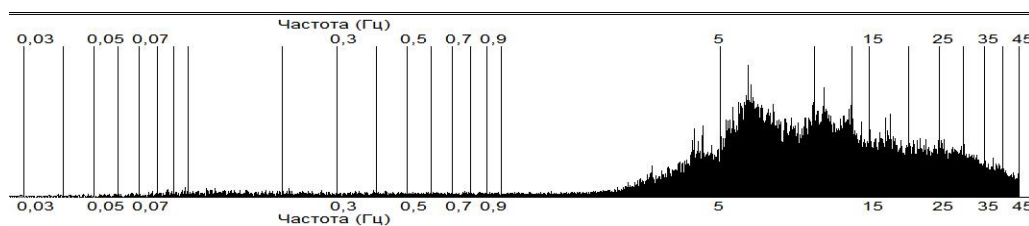


Рисунок 2 – Характерный спектр отдельной компоненты микросейсмических колебаний

Анализ показал, что характерные частоты микрособытий вызванных естественными причинами преимущественно лежат в диапазоне от 0,7, до 1,0 Гц. На спектрах отмечаются характерные максимумы на частоте около 0,18 Гц, возможно обусловленные прибойными явлениями в прибрежной части находящейся рядом акватории Азовского моря.

При обработке сигналов используется поляризационный анализ. Большинство микросейсмических событий с частотой выше 2 Гц представляют собой колебания в вертикальной плоскости и носят искусственный характер. С другой стороны, «фоновые» колебания на спокойных участках имеют степень поляризации около 0,5, что допускает их естественное происхождение.

База данных наблюдений и их параметров является основой для процедур статистической обработки результатов. Она позволяет исследовать характер изменения параметров поля микросейсмических колебаний во времени. Прослеживается периодичность, как интенсивности, так и частоты колебаний. В высокочастотном диапазоне доминируют шумы искусственного происхождения, имеющие характерные минимумы в ночное время. На низких частотах также наблюдается подобная периодичность, природа которой в настоящее время является предметом изучения.

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКАЯ АВТОМОДЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ЗВУКА

Греков А.Н., Греков Н.А.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
i@angrekov.ru

Для определения вертикального распределения скорости звука (ВРСЗ) с пространственно-временной тонкой структурой, авторами предложен подход к проблеме, основанный на использовании автомодельности океанов и морей совместно с информационно-измерительной системой, оборудованной системами измерения скорости звука.

ВРСЗ может быть измерен непосредственно с помощью профилера скорости звука (Zhang et al., 2022) или косвенно рассчитан на основе параметров морской воды, измеренных CTD (проводимость, температура и глубина) (Grekov et al., 2021). Явление, развивающееся во времени, называется автомодельным, если распределения его характеристик в разные моменты времени получаются одно из другого преобразованием подобия. Автомодельность упрощает вычисление и представление характеристик явления. Большой вклад в автомодельность внесли такие ученые как Баренблатт Г.И., Зельдович Я.Б. и др.

Суть работы предлагаемой модели поясняет структурно-функциональная схема, представленная на рисунке 1.

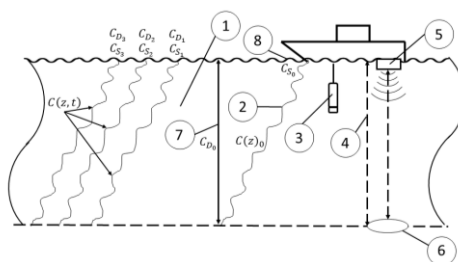


Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема информационно-измерительной системы

В морской акватории (1) производится измерение ВРСЗ эталонного профиля $C(z)_0$ (2) путем зондирования точечным датчиком скорости звука (3) в пределах слоя глубиной D (4). Далее определяем среднюю скорость звука $C_D(t)$ по показаниям акустического излучателя-приемника (5), измеряющего время прихода отраженного импульса от пассивного отражателя (6), расположенного на глубине D . Используя значения эталонного профиля $C(z)_0$, среднюю величину скорости звука C_{D_0} (7) и скорость звука на поверхности C_{S_0} (8), определяем безразмерный профиль скорости звука $Q(z)$ в пределах глубины D . Используя безразмерный профиль $Q(z)$ и автомодельность океана, определяем по средней скорости $C_D(t)$ и скорости звука на поверхности $C_S(t)$, новые автомодельные профили $C(z, t)$. Для временного интервала $t \geq 0$ автомодельный профиль $C(z, t)$ определится как:

$$C(z, t) = Q(z) \cdot C_S(t) - Q(z) \cdot C_D(t) + C_D(t).$$

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:

Grekov A. N., Grekov N. A., Sychov E. N. Estimating quality of indirect measurements of sea water sound velocity by CTD data // Measurement. – 2021. – Vol. 175. – 109073. – DOI 10.1016/j.measurement.2021.109073.

Zhang C., Wang D., Liu Z., Lu S., Sun C., Wei Y., Zhang M. Global gridded Argo dataset based on gradient-dependent optimal interpolation // J. Mar. Sci. Eng. – 2022. – Vol. 10(5). – P. 650. – DOI 10.3390/jmse10050650.

**БАНК ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ
ИНСТИТУТА ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

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

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
alexgub@inbox.ru, ogorodovaa.a@mail.ru, apolonsky5@mail.ru

Контроль за состоянием природной среды прибрежной зоны Черного моря крайне важен, так как это позволяет отслеживать негативное влияние антропогенных факторов на развитие как морской, так и наземной экосистемы. Исследование и анализ гидролого-гидрохимических данных помогают выявлять долговременные тенденции региональных климатических и экологических параметров, а также их аномалий различных пространственно-временных масштабов. Одним из способов современного высококачественного информационного обеспечения научно-исследовательской и мониторинговой деятельности является создание, и поддержание в актуальном состоянии банка океанографических данных.

В настоящей работе приводится описание современной версии банка океанографических данных по Черному и Азовскому морям Института природно-технических систем (БОД ИПТС). По сравнению с предшествующей версией (Мельников и др., 2016), текущий банк данных был значительно дополнен и переработан в новой среде СУБД (система управления базами данных). В качестве основы, используется встраиваемая СУБД SQLite (SQLite, 2024) с открытым исходным кодом, что значительно удешевляет разработку, а также позволяет дальнейшую интеграцию в различные геоинформационные системы (например, QGIS). Банк содержит обширный набор гидролого-гидрохимических параметров, полученных в результате измерений, выполненных с 1884 по 2024 гг. и характеризующих пространственно-временную изменчивость состояния вод Азово-Черноморского бассейна. В обновленную базу данных входят результаты судовых измерений на более чем 200 тыс. гидрологических станциях, что позволяет проводить сравнение с банками данных других организаций (Банк..., 2010; Банк..., 2017; Воронцов и др., 2018) и относить БОД ИПТС к числу наиболее полных банков океанологических данных по Черному и Азовскому морям. Наиболее обеспечены измерениями температура воды и соленость (их ~ 6 млн.). Из гидрохимических характеристик хорошо обеспечены данными концентрация растворенного в морской воде кислорода (343 тыс.), а наименее обеспечены измерениями данные по pH (75 тыс.).

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:

Банк океанографических данных Азовского и Черного морей / Н.Н. Дьяков [и др.] // Труды Государственного океанографического института. – 2017. – № 18. – С. 287–297.

Банк океанографических данных МГИ НАН Украины: информационные ресурсы и доступ к данным: методическое пособие / сост.: Е.Г. Андрющенко, Л.К. Галковская, Е.А. Годин [и др.]. – Севастополь: Изд-во НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2010. – 59 с.

Воронцов А.А. Годин Е.А., Ингерров А.В., Исаева Е.А. Базы данных по Черному морю ФГБУН МГИ и ФГБУ ВНИГМИ-МЦД: результаты сравнения // Моря России: методы, средства и результаты исследований. – 2018. – С. 225–225.

Мельников В. В., Полонский А. Б., Котолупова А. А., Гребнева Е. А., Мельник Л. А., Бирюкова М.А. GIS Института природно-технических систем // Системы контроля окружающей среды. – 2016. – № 4. – С. 49–55.

SQLite: website. – URL: <https://www.sqlite.org/> (дата обращения: 13.06.2024).

**СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ НАСЫПИ,
ПРОДУВАЕМОЙ ВОЗДУХОМ И ПРОГРЕВАЕМОЙ ВНЕШНИМ И ВНУТРЕННИМ
ИСТОЧНИКАМИ ТЕПЛА**

Гузеев О.А., Борисенко Э.В., Бударецкий С.И.

ФГБНУ «Институт физики горных процессов», г. Донецк, Россия
oleg.coin@mail.ru

Самонагревающиеся углепородные отвалы оказывают существенное негативное воздействие на окружающую среду. Данные техногенные образования, являясь источниками теплехимического загрязнения атмосферы, часто расположены в геодинамически активных зонах. При таком размещении отвалов в их основаниях создаются проницаемые области, через которые в отвальные углепородные массивы могут проникать воздух и газы, способствующие самонагреванию и самовозгоранию отходов угледобычи (Борисенко, 2023).

Для снижения негативного воздействия складированных отходов угледобычи на экологию необходимо разработать и внедрить технологию извлечения тепловой энергии из самонагревающегося углепородного отвала. Данная технология должна базироваться на исследованиях эволюции температурного поля насыпного массива отвальных углесодержащих пород, подверженных аэрации, самонагреванию и солнечному прогреву.

Для исследований процессов становления температурного поля насыпи, выполненной в виде миниатюрного конусообразного отвала и подвергаемой аэрации (продувкой воздухом по схеме «снизу вверх») и прогреванию внешним (солнечным) и внутренним (очаговым) источниками тепла разработан лабораторный стенд. Перечень основных компонентов лабораторного стенда и выполняемые ими функции представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Компоненты лабораторного стенда для исследования теплового состояния аэрированной и прогреваемой насыпи и их функции

Компонент стенда	Выполняемые функции
Вентилятор	Продувка воздухом насыпи по схеме «снизу вверх»
Лампа инфракрасная	Внешний источник тепла и света, направленного действия (имитация солнца)
Спираль нагрева	Внутренний источник тепла (имитация очага самонагревания)
Поддон перфорированный	Носитель спирали нагрева, формирование и перемещение насыпи, возможность ее аэрации
Датчики температурные	Мониторинг теплового состояния насыпи (в контрольных точках)
Микропроцессорный блок управления	Регулировка мощности вентилятора и спирали нагрева, фиксация результатов мониторинга
Персональный компьютер	Обработка результатов мониторинга теплового состояния насыпи

Конструктивные особенности созданного лабораторного стенда позволяют осуществлять пространственно-временное картирование температурных показателей исследуемой насыпи при сочетанном воздействии на нее восходящего потока воздуха и источников тепла.

Список использованной литературы:

Борисенко Э. В., Гузеев О. А., Корвякова Н. П., Подрухин А. А. Оценка геодинамических позиций и генетических структур самонагревающихся углепородных отвалов применительно к извлечению теплоты отвальных масс // Фундам. и прикл. вопросы горн. наук. – 2023. – Т. 2, № 2. – С. 10–15.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛА В КОГЕНЕРАЦИОННЫХ МИКРОГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ (МГТУ) С ПРИМЕНЕНИЕМ СИЛОВОГО УПРАВЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ (СЭП)

Дологлонян А.В., Матвеев В.Т., Клименко А.Г.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
dologlonyan@hotmail.com

Когенерационные МГТУ мощностью от нескольких киловатт до 1 МВт, освоенные отечественным производителем, получили широкое распространение для энергоснабжения локальных объектов. Генератор МГТУ вырабатывает электрическую энергию переменного тока повышенной частоты, которая пропорциональна частоте вращения микротурбины (до 1500...2000 Гц). Для получения напряжения промышленной (50 Гц) или бортовой (400 Гц) частоты, требуется установка либо механического редуктора, как это делает компания Ingersoll-Rand, либо СЭП (Bohn, 2005).

Применение такой схемы позволяет легко обеспечить обмен энергией между генератором и нагрузкой. К шине постоянного тока может быть подключен как буферный накопитель электроэнергии, так и другие потребители постоянного тока (см. рис. 1).



Рисунок 1 – Функциональная схема силового электронного преобразователя

По сравнению с механическим редуктором применение СЭП снижает потери и упрощает конструкцию машины. Поскольку генератор механически отделен от промышленной частоты, частоту вращения турбины можно изменять. Это приводит к повышению эффективности работы МГТУ в области частичных нагрузок. Кроме того,

использование СЭП в составе МГТУ разрывает механическую связь силовой турбины и нагрузки что позволяет заблокированной турбине фактически работать в режиме свободной, а использование регулируемого соплового аппарата при наличии в составе систем автоматического управления МГТУ цифровых управляющих микроконтроллеров позволяет задать любую, в том числе и комбинированную, программу регулирования, использующую несколько факторов и обеспечивающую высокую эффективность и надежность работы установки на частичных нагрузках. Применение в рабочем цикле перерасширения рабочих газов за силовой турбиной позволяет увеличить мощность двигателя при том же расходе топлива (Дологлонян, Матвеев, 2021).

Проведенные исследования влияния перепуска рабочего тела мимо регенератора на характеристики когенерационных газотурбинных установок с регенерацией теплоты на частичных нагрузках при изотермическом и винтовом способах нагружения показали, что относительная теплота, переданная на теплоснабжение, возрастает, а КПД установок падает с понижением относительного расхода рабочего тела через регенератор при любой нагрузке.

Установлено, что для МГТУ относительная теплота, переданная на теплоснабжение, возрастает с понижением относительного расхода рабочего тела через регенератор и снижается при уменьшении относительной мощности. Расчеты показали, что байпасирование циклового рабочего тела мимо регенератора позволяет изменять потоки механической и тепловой энергии в газотурбинном двигателе независимо друг от друга, а также то, что на любом режиме эксплуатации МГТУ уменьшение расхода рабочего тела через регенератор приводит к возрастанию мощности. Данный фактор необходимо учитывать в процессе регулирования.

Список использованной литературы:

Дологлонян А. В., Матвеев В. Т. Управление генерацией тепла в циклах микрогазотурбинных установок с регенерацией теплоты // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2021. – № 3 (347). – С. 3–11.

Bohn D. Micro Gas Turbine and Fuel Cell: A Hybrid Energy Conversion System with High Potential // Micro Gas Turbines. – 2005. – № 13. – P. 1–46.

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПО ВЫСОТНЫМ УРОВНЯМ

Иванов Е.Н.

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

ИрНИТУ, г. Иркутск, Россия

egoryo@bk.ru

Климатический режим горных территорий до сих пор является сложно фиксируемой информацией ввиду расчлененности рельефа, высотному градиенту, естественным барьерам для увлажненных воздушных масс, горной температурной инверсии и другим особенностям горных ландшафтов. Однако такая информация необходима, в частности для исследований современного горного оледенения, чутко реагирующего на климатические изменения. Особенно явно нехватка сведений о климатических показателях ощущается при исследовании внутриконтинентальных горных территорий с современным оледенением, где ледники функционируют в условиях недостаточного питания атмосферными осадками и высоких температурных амплитуд экстремумов летнего и зимнего сезонов года (до 100°C).

Для фиксации таких сведений, необходимых для разных видов исследований высокогорных районов, организован пилотный проект непрерывных температурных измерений температурного режима высокогорных геосистем по высотным уровням с помощью энергонезависимых датчиков, сохраняющих данные о температуре с выставленным интервалом (термохронов). Такие измерения ведутся на одном из ключевых участков гляциологических исследований в Байкальской рифтовой зоне – леднике Северный Перетолчина, у высочайшей вершины Восточного Саяна – горы Мунку Сардык. Ближайшая к вершине Мунку-Сардык метеостанция расположена в 20 км и на 2200 метров ниже, в п. Монды. С 2008 года устанавливается сеть термохронов, с 2021 года они фиксируют температуру уже на 8 высотных уровнях. На вершине (3491 м) и вдоль ледника датчики размещены у поверхности. Ниже ледника – на «метеорологической» высоте 200 см. Устройствам обеспечен естественный уровень влажности и затененности. Шаг измерений датчиков - 4 часа. Показания снимаются ежегодно и включаются в единый временной ряд.

На уровне современного конца языка ледника на высоте 2900 м. над ур. м., в дополнение к установленному в 2013 г. термохрону, продолжается ежегодная фиксация показаний минимального термометра, заложенного в 1900 году С.П. Перетолчиным, «заверяя» друг друга (табл. 1).

Таблица 1 – Осредненные значения минимальной температуры у конца языка ледника Северный Перетолчина по периодам.

Период	Ср. t min°C
1900–1907 (первые измерения)	–34,58
2006–2013 (возобновление ежегодных измерений)	–34,63
2014–2022 (измерения с параллельной заверкой термохроном)	–31.83

Осредненные экстремумы минимальной температуры по периодам схожи. Относительное «потепление» последнего периода вызвано 2021–2022 годами, когда минимальная температура не опускалась ниже –27,1°C.

Сравнение первичных данных по высотным уровням уже позволяет видеть разницу температурного режима на высотных уровнях, в том числе температурную инверсию по высотным уровням. Так, за период с июля 2021 по июль 2022 г. средняя температура на вершине – –10,5°C, вблизи нижней части языка – –6,9°C. При этом осредненная температура периода аккумуляции ледника, когда выпадали только твердые осадки (с сентября по май) составила на вершине –15,5°C, у нижней границы –13,2°C, а периода абляции (июнь-август) соответственно, +2,0 и +5,5°C.

Такие измерения представляют основу для дальнейшего общего мониторинга, а также служат важной сравнительной характеристикой для комплексных исследований данного горного района.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАКЕТА ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ПЛОТНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ

Клименко А.В.

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

chirpyu@mail.ru

Выбор датчика дифференциального давления для гидростатического измерителя плотности морской воды (Гайский, 2023) сопряжён с противоречивыми требованиями: с одной стороны, необходима высокая чувствительность, с другой – существуют ограничения на разрыв диафрагмы из-за внешнего давления при погружении. Для решения этой задачи предлагается макет, позволяющий смоделировать наиболее облегчённые условия эксплуатации, а именно, когда прибор находится на поверхности. Такой подход позволяет использовать датчик с высокой чувствительностью без угрозы разрушения диафрагмы.



Рисунок 1 – Структурная схема макета гидростатического измерителя плотности

В представленном на рис. 1 макете измерителя в обе трубки заливалась вода одинаковой плотности $1,002 \text{ г/см}^3$ до одинакового уровня $H_1=500 \text{ мм}$, и фиксировался уровень выходного напряжения АЦП $U_{\text{вых}} = 62 \text{ мВ}$. Далее в трубку 1 до того же уровня заливалась вода плотностью $1,018 \text{ г/см}^3$. Выходное напряжение АЦП при этом составляло $1,67 \text{ В}$. После чего из трубки 1 откачивалась вода до достижения прежнего уровня АЦП $U_{\text{вых}} = 62 \text{ мВ}$. Разница уровней водяного столба обеих трубок составляла $\Delta H = 8 \text{ мм}$, что в процентном соотношении составляет $1,6\%$. Разница плотностей в трубках так же составляет $1,6\%$. Одинаковое приращение, обусловленное разными плотностями жидкости и соответствующим изменением высоты водяного столба, свидетельствует о корректности методики эксперимента.

Для достижения высокой чувствительности измерителя предлагается использование датчика с динамическим диапазоном $100\text{--}1000 \text{ Па}$. На сегодняшний день такие датчики в морском исполнении отсутствуют. Предпринимаются усилия по адаптации для этих целей недорогого газового датчика, например, марки MS 5661. Заливка входного порта силиконовым маслом высокой вязкости марки ПМС-1000 защитит диафрагму датчика от агрессивного воздействия морской воды, а также демпфирует импульсные перегрузки.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124012700512-1.

Список использованной литературы:

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.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ (ДВС)

Клименко А.Г., Дологлонян А.В., Матвеев В.Т.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», Россия, г. Севастополь
kag1958776@gmail.com

Исследования теплового баланса ДВС (Хрипач, Татарников, 2013) показывают, что количество тепла, уходящего с выхлопными газами, образующимися в процессе сгорания, может достигать 30–48%, в то время, как только 12–45% энергии сгорания топлива преобразуется в полезную работу в зависимости от режима работы, при этом наиболее эффективный режим работы – это номинальный или его еще называют расчетным. Ниже на рисунке 1 приводятся известные на сегодняшний день направления развития систем рекуперации (Матвеев и др., 2010) отработанных газов, т.к. потери тепла при их выбросе составляют львиную долю в тепловом балансе ДВС.

Приведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что исследование методов повышения эффективности использования тепловых выбросов в ДВС могут идти по многим направлениям. Авторы считают, что наиболее предпочтительными являются те, которые не связаны с усложнением конструкции ДВС, и могут использоваться в качестве дополнительных модулей, включенных в систему газораспределения ДВС. На основании



Рисунок 1 – Основные направления развития систем рекуперации отработанных газов когенерационных установок

на основании вышеизложенного, предложена схема (см. рис. 2) интегрированного в систему газораспределения ДВС турбокомпрессорного утилизатора, представляющего собой когенерационную установку, включающую нагрузку Н, ДВС, выпускные газы ОГ которого проходя через турбину перерасширения ТП подогревают рабочее тело в котле-утилизаторе КУ, далее через циркуляционный насос ЦН рабочее тело направляется на нужды потребителя тепла П. Далее выпускные газы через дожимающий компрессор ДК выбрасываются в атмосферу. Наличие турбокомпрессорного утилизатора позволит осуществить повышение степени расширения газов (повысить мощность) без вмешательства в рабочий цикл и конструкцию самого ДВС, т. е. без дополнительной конструктивной доработки двигателя.

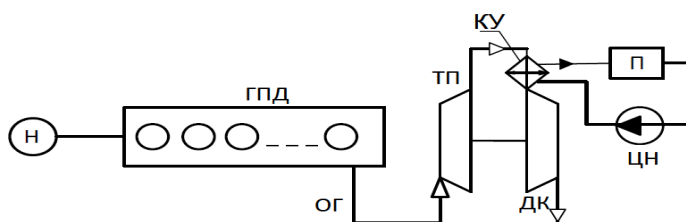


Рисунок 2 – Схема когенерационной установки ГПД с турбокомпрессорным утилизатором

циркуляционный насос ЦН рабочее тело направляется на нужды потребителя тепла П. Далее выпускные газы через дожимающий компрессор ДК выбрасываются в атмосферу. Наличие турбокомпрессорного утилизатора позволит осуществить повышение степени расширения газов (повысить мощность) без вмешательства в рабочий цикл и конструкцию самого ДВС, т. е. без дополнительной конструктивной доработки двигателя.

Авторами проанализированы технические характеристики известных моделей газопоршневых двигателей, выпускаемых зарубежными и отечественными производителями. Апробация математической модели теплового расчета показала свою пригодность для проведения дальнейших исследований.

Список использованной литературы:

Матвеев В. Т., Очеретяный В. А., Андриец А. Г. Перспективы повышения эффективности ГТД с регенерацией теплоты усложнением цикла // Вестник СевНТУ: сб. науч. трудов. – Севастополь, 2010. – Вып. 106. – С. 120–123.

Хрипач Н. А., Татарников А. П. Анализ систем преобразования энергии отработавших газов для когенерационных энергоустановок // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5.

**КОМПЛЕКС ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
АКВАТОРИЙ «ШЕЛЬФ-14»**

Ковзель Д.Г.

ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного
отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Россия
kovzel@poi.dvo.ru

Комплекс «Шельф-14» разработан и изготавливается в ТОИ ДВО РАН. Он представляет собой последнее поколение средств гидроакустического мониторинга, созданных по заказам фирм-операторов проектов разработки нефтяных месторождений «Сахалин-1» и «Сахалин-2». Комплекс включает в себя ряд функционально связанных, аппаратно и программно унифицированных устройств.

Базовым устройством является гидроакустическая донная станция «Шельф-14». Для мониторинга в режиме реального времени к станции подключается поверхностный буй, контроллер которого производит предварительную обработку акустических данных и передает результаты на центральный пост мониторинга (ЦП) по спутниковой сети Иридиум. На мониторах ЦП отображаются акустическая обстановка в акватории, техническое состояние устройств и их географические координаты. Многоканальные приемные акустико-гидрофизические системы «Моллюск» совместно с донными станциями используются для изучения акустических полей в заданных акваториях и их последующего моделирования. Для изучения векторных акустических полей применяются донные станции с комбинированным скалярно-векторным приемником «Краб». Автономные устройства комплекса снабжены гидроакустическими модемами, используемыми для диагностики и для поиска устройств, смещенных с точки постановки, методом трилатерации. Для связи с морскими устройствами с борта судна используется палубное телекомандное устройство.

Развитие технических средств мониторинга сопровождалось развитием программного обеспечения различного назначения – приема данных от морских буев, обработки данных, поиска и классификация вокализаций морских животных, моделирования акустических полей с целью прогнозирования уровней антропогенного шума при различных производственных операциях в море и на берегу.

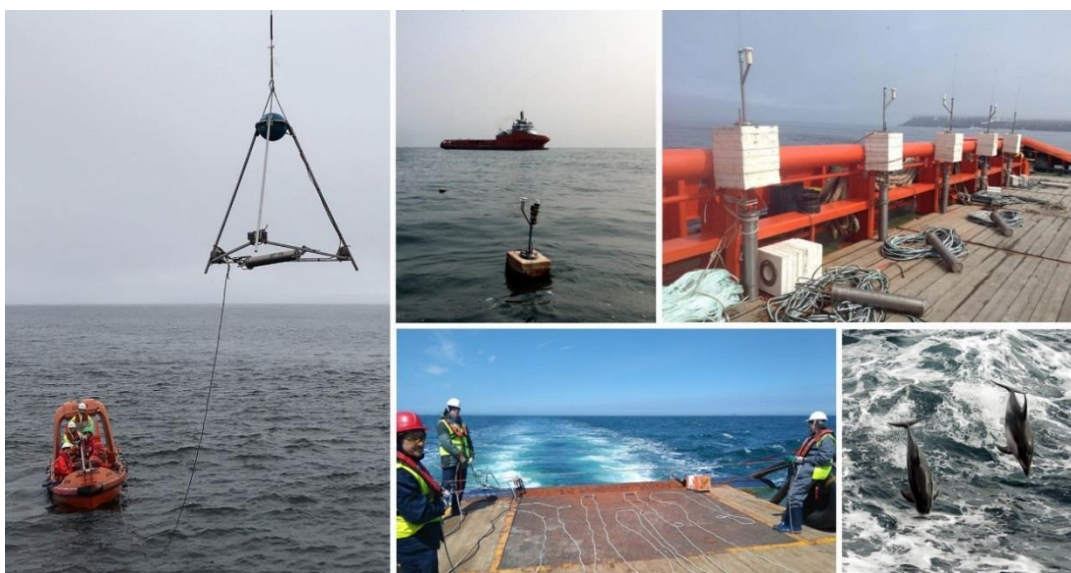


Рисунок 1 – Применение комплекса «Шельф-14» в проектах «Сахалин»

Список использованной литературы:

Ковзель Д. Г. Технические средства гидроакустического мониторинга сейсморазведочных работ на шельфе // Акуст. журн. – 2018. – Т. 64(5). – С. 605–617.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ ГЛУБИНЫ ПОГРУЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПРОФИЛОГРАФА

Краснодубец Л.А.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

²ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

lakrasno@gmail.com

К динамическим измерениям можно отнести измерения неизменяющихся во времени величин при помощи средств измерений, установленных на подвижных платформах сбора данных, например, при вертикальном профилировании. Процессы динамических измерений описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями. При этом их правые части содержат измеряемую величину. Для восстановления измеряемой величины решается обратная задача динамики.

Известный метод динамических измерений вертикального профиля плотности морской воды и её приращения (Краснодубец, 2022) при соответствующей технической реализации позволяет за одно вертикальное зондирование (погружение) получить *in situ* вертикальный профиль плотности морской воды и её приращения в реальном масштабе времени как функции гидростатического давления в виде числовых массивов. Элементы таких массивов могут быть использованы для различных целей. Например, для вычисления характеристик стратификации морской среды так же как функций гидростатического давления. При этом часто требуется знание этих характеристик как функций глубины. Следует отметить, что на практике при экспериментальных исследованиях вертикальных профилей океанской толщи с помощью морских автономных профилографов важно контролировать текущую глубину их погружения. Для решения этой задачи известны несколько методов (Левашов, 2003), которые основаны на измерениях гидростатического давления и сводятся к пересчёту их в метрическую глубину с помощью соотношений, полученных эмпирическим путём. В работе (Гайский, 2022) предложен метод определения глубины погружения прибора, основанный на использовании основного уравнения гидростатики и данных измерений, полученных от датчика гидростатического давления и оригинального устройства измерения локальной плотности морской воды, с учётом данных о географической широте гидрографической станции и соответствующем ускорении свободного падения.

Цель исследования – формирование алгоритмического и программного обеспечения для оперативного определения глубины погружения автономного профилографа по данным динамических измерений текущей плотности морской воды, полученных с помощью его бортовой аппаратуры в соответствии с методом (Краснодубец, 2022) по формуле:

$$z(t) = \frac{p(t) - p_0}{\rho(p)g(\varphi)}, \quad \rho(p) = \rho^0 \left\{ 2 - \frac{1}{g(\varphi)} [\ddot{p}(t) + a\dot{p}(t)^2] \right\}, \quad t_0 = 0; p(t_0) = p_0; \dot{p}(t_0) = 0; t \in [t_0, t_f],$$

где $\rho(p)$ – плотность морской воды; $p(t)$ – гидростатическое давление; $g(\varphi)$ – ускорение свободного падения на широте φ океанографической станции; p_0 – атмосферное давление; a – конструктивная постоянная корпусной части профилографа.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124012700512-1.

Список использованной литературы:

Гайский В. А. Метод определения глубины погружения прибора в море при зондировании // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: ИПТС, 2022. – № 4(50). – С. 40–45.

Краснодубец Л. А. Динамические измерения в задачах оперативной океанологии при исследовании свойств океанской толщи // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: ИПТС, 2022. – Вып. 1(47). – С. 56–65.

Левашов Д. Е. Техника экспедиционных исследований: инструментальные методы и технические средства оценки промыслово-значимых факторов среды. – М.: Изд-во ВНИРО, 2003. – 400 с.

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОГРУЖНОГО ЗОНДА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ

Краснодубец Л.А.^{1,2}, Канов Л.Н.¹

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

²ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

Inkanov48@mail.ru

Одной из актуальных задач при проектировании электроприводов морских зондов является задача поддержания заданной скорости вращения двигателей электроприводов в условиях переменной плотности морской воды. Для этого обычно применяются механические датчики скорости, редукторы, а также регуляторы напряжения возбуждения. Недостатком является низкая точность и быстродействие. Авторами предложен математический аппарат для решения этой задачи с точки зрения теории инвариантов (Морозов, 1998). В предлагаемой работе рассматривается проблема инвариантности решения дифференциальных уравнений, описывающих динамику электропривода зонда, относительно коэффициентов этих уравнений.

Уравнение электропривода погружного зонда имеет вид

$$J \frac{d\Omega(t)}{dt} + k_{TP}\Omega(t) + M(t) = \Phi \cdot i_{BH}(t), \quad (1)$$

где J – момент инерции; $M(t)$ – переменный момент сопротивления нагрузки электропривода; $i_{BH}(t) = \frac{U - \Phi\Omega(t)}{R_{BH}}$ – ток электродвигателя; U – входное напряжение; Φ – постоянный магнитный поток. Предположим, что момент сопротивления нагрузки $M(t)$ начинает изменяться. В этих условиях определим напряжение $U(t)$ с целью обеспечения номинальной скорости электродвигателя $\Omega(t) = \Omega_0(t)$. В соответствии с (Морозов, 1998) последнему уравнению придадим вид

$$\frac{d\Omega_0(t)}{dt} - J^{-1} \cdot \left(-k_{TP}\Omega(t) - M(t) + \Phi \cdot \frac{U(t) - \Phi\Omega(t)}{R_{BH}} \right) + k\Omega_0(t) - k\Omega(t) = 0. \quad (2)$$

Отсюда получаем напряжение $U(t)$, обеспечивающее необходимую скорость $\Omega_0(t)$

$$U(t) = \frac{R_{BH}}{\Phi} \cdot \left(J \frac{d\Omega_0(t)}{dt} + k_{TP}\Omega(t) + M(t) + \frac{\Phi^2 \cdot \Omega(t)}{R_{BH}} + J \cdot k \cdot (\Omega_0(t) - \Omega(t)) \right). \quad (3)$$

После подстановки полученного напряжения в уравнение (2) получим

$$\frac{d(\Omega_0(t) - \Omega(t))}{dt} + k \cdot (\Omega_0(t) - \Omega(t)) = 0, \quad (4)$$

т.е. уравнение относительно вспомогательной переменной $y(t) = \Omega_0(t) - \Omega(t)$, согласно которому при выборе достаточно большого коэффициента k при произвольном изменении нагрузки вид зависимости скорости электродвигателя от времени приближается к желаемому $\Omega_0(t)$. Авторами представлена реализация рабочего процесса электродвигателя с изменяющимся моментом нагрузки и необходимым видом желаемой скорости $\Omega_0(t) = 160 + 20\sin 10t$ при оптимальном напряжении $U(t)$ по (3). Показано, что график скорости $\Omega(t)$ практически полностью повторяет график $\Omega_0(t)$.

Список использованной литературы:

Морозов А. Д. Инвариантные множества динамических систем в Windows / А.Д. Морозов, Т. Н. Драгунов, С. А. Бойкова, О. В. Малышева. - М.: Изд-во УРСС, 1998. – 187 с.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАДИАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ
ПЬЕЗОИЗЛУЧАТЕЛЕ НА МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ИЗМЕРИТЕЛЯ СКОРОСТИ ЗВУКА В ВОДЕ**

Кузьмин К.А.

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

Измерители скорости звука в воде широко применяются при проведении гидрографических работ и океанографических исследований. В мире широко распространены профилометры скорости звука, использующие однобазовые датчики, принцип действия которых основан на измерении времени пролёта ультразвуковой волны от излучателя-приёмника до отражателя и обратно. Институтом природно-технических систем выпускается измеритель скорости звука, принцип действия которого основан на измерении разности времени пролёта волны до дальнего и ближнего отражателей (Греков и др., 2020).

Особенностью пьезоэлектрических пластин, применяемых в качестве излучателей и приёмников ультразвуковых колебаний, является то, что при подаче электрических импульсов в них возникают два вида колебаний – продольные (вдоль оси пластины) и поперечные (радиальные) (Голямина, 1979). Полезными являются продольные колебания, частота которых соответствует резонансной частоте пластины порядка единиц мегагерц. Поперечные колебания имеют частоту на порядок меньше. Они практически не передаются в водную среду, являются собственными колебаниями пластины, не зависящими от скорости звука в воде, и возбуждаемое ими в результате прямого пьезоэлектрического эффекта напряжение суммируется с напряжением, возбуждаемым отражённым полезным сигналом. Радиальные колебания затухают за несколько десятков микросекунд и становятся пренебрежимо малы при измерениях на длинной базе. При измерении времени пролёта волны на короткой базе радиальные колебания не успевают затухнуть и, очевидно, вносят искажения в полезный сигнал.

Экспериментально было установлено, что амплитуда электрического сигнала, вызванного радиальными колебаниями, составляет несколько милливольт, что существенно при типичной амплитуде полезного сигнала $\pm 50 \dots 60$ мВ. Радиальные колебания смещают точку пересечения фронтом волны нулевого напряжения, используемого время-цифровым преобразователем как триггер для измерения времени пролёта волны. В результате измеренное время отличается от действительного на десятки наносекунд, что при вычислении скорости звука может вносить в погрешность измерений вклад порядка 0,1 м/с.

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:

Греков А. Н., Греков Н. А., Сычев Е. Н. Среднечастотные акустические методы и средства для исследования водной среды: монография. – Севастополь: ИПТС, 2020. – 126 с. – ISBN 978-5-6044196-6-3

Ультразвук. Маленькая энциклопедия / Глав. ред. И. П. Голямина. – М.: «Советская энциклопедия», 1979. – 400 с.

ПОДВОДНЫЙ МОНИТОРИНГ ИХТИОФАУНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ IP-КАМЕР И АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Ломия Р.Ф.^{1,3}, Строчан Т.П.²

¹Институт экологии Академии наук Абхазии, г. Сухум, Абхазия

²Абхазский государственный университет, г. Сухум, Абхазия

³Институт перспективных исследований Севастопольского государственного университета,
г. Севастополь, Россия
renolomiya12@mail.ru

Современные технологии подводного мониторинга обеспечивают новый уровень точности и автоматизации в области изучения морских экосистем. Важнейшую роль в этом играют системы, основанные на использовании IP-камер с машинным зрением и алгоритмами машинного обучения. Эти технологии позволяют получать изображения высокого разрешения в сложных подводных условиях и автоматически анализировать данные для идентификации видов рыб, оценки их численности и поведения.

В пилотном проекте в акватории Черного моря (Petrov, Ivanov, 2022) с помощью IP-камер и свёрточных нейронных сетей (CNN) было успешно классифицировано более 15 видов рыб при сложных условиях съёмки. Основным компонентом системы является использование CNN, обученной на размеченных изображениях подводной фауны. Алгоритмы способны различать виды рыб, отслеживать изменения в их поведении в реальном времени и адаптироваться к различным подводным условиям – мутности воды, низкой освещённости и сложным углам съёмки. Применение методов аугментации данных и настройки параметров модели позволило повысить точность и надёжность системы.

Преимущества системы заключаются в её автономности, возможности работы в реальном времени и снижении необходимости участия человека. Внедрение таких систем позволяет проводить мониторинг на большом пространственном и временном масштабе, снижая трудозатраты и повышая качество экологических исследований.

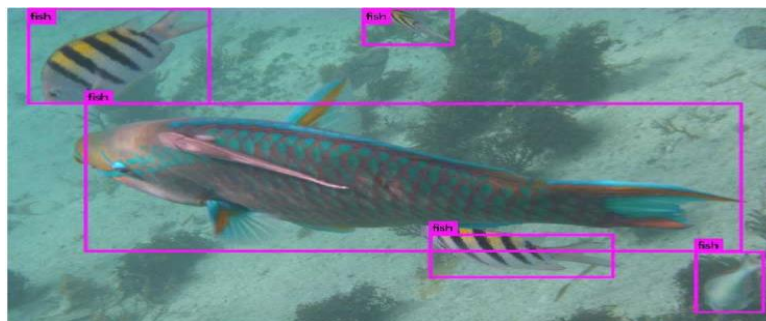


Рисунок 1 – Пример подводного изображения с распознаванием видов рыб

Интеграция современных методов машинного обучения и компьютерного зрения с подводными системами мониторинга не только автоматизирует процесс сбора и анализа данных, но и значительно повышает точность и скорость их обработки. Это делает такие системы важным инструментом для долгосрочных экологических исследований, контроля состояния морских экосистем и своевременного выявления изменений в их биоразнообразии.

Список использованной литературы:

Petrov I., Ivanov V. Automated Fish Classification in the Black Sea Using Deep Learning // Journal of Marine Research. – 2022. – No. 34(2). – P. 78–95.

АКУСТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В АКВАТОРИИ ВО ВРЕМЯ ЗАБИВКИ КОНДУКТОРНОЙ КОЛОННЫ НА БЕРЕГУ

Манульчев Д.С.

ФГБНУ «Тихоокеанский океанологический институт», г. Владивосток, Россия
manulchevds@gmail.com

Существенный вклад в акустическую обстановку акватории вносят строительные работы на берегу, в том числе забивка фундаментных свай или кондукторных колонн (кондукторов) (Erbe, 2009). Формируемые в этом случае низкочастотные импульсные сигналы могут оказывать воздействие на морских млекопитающих, использующих акустические сигналы для жизнедеятельности (Bailey et al., 2010). В докладе рассматриваются особенности низкочастотного поля в море, формируемого во время забивки кондуктора длиной 74 м на расстоянии 400 м от береговой линии (рис. 1а). Акустические сигналы регистрировались с помощью ряда донных акустических станций в частотном диапазоне 2 Гц – 15 кГц (Рутенко и др., 2015), установленных на 10 м и 20 м изобатах. Трехмерное моделирование акустических полей реализуется с помощью решения модовых параболических уравнений в адиабатическом приближении в условиях «жидкого» дна (Трофимов, 1999).

Согласно экспериментальным данным уровень пикового акустического давления на расстоянии 2,5 км от источника не превышает 138 дБ. Основная энергия сигнала переносится в частотном диапазоне 10–200 Гц. Результаты численного моделирования показали, что уровень акустического воздействия (SEL) растет по мере заглубления кондуктора в грунт и достигает максимальных значений при положении нижнего конца сваи на конечном горизонте 70 м (рис. 1б). Данный эффект происходит за счет увеличения высоты падения молота, а также уплотнения донных слоев по мере вертикального погружения кондуктора. Акустическое воздействие антропогенного шума падает до уровня 100 дБ на расстоянии около 10 км для исследуемой акватории.

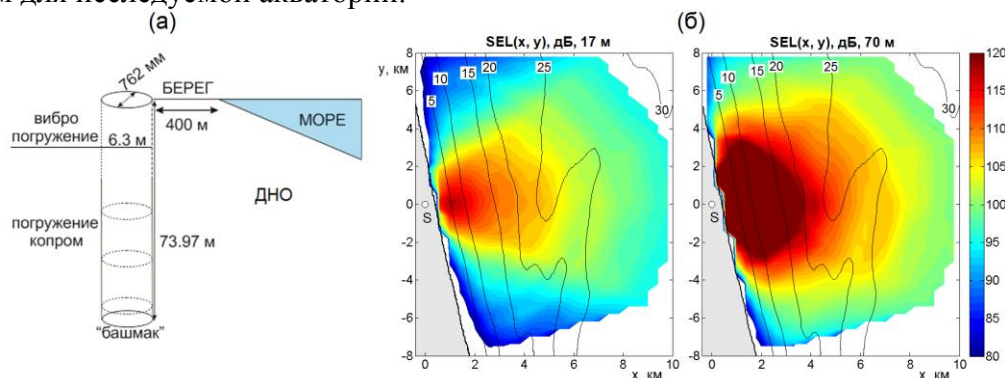


Рисунок 1 – Схема установки кондуктора (а). Пространственное распределение медианных уровней акустического воздействия одиночного импульсного сигнала от забивки кондуктора в момент положения его нижней точки на горизонтах 17 и 70 м (б)

Список использованной литературы:

Рутенко А. Н., Борисов С. В., Ковзель Д. Г., Гриценко В. А. Радиогидроакустическая станция для мониторинга параметров антропогенных импульсных и шумовых сигналов на шельфе // Акуст. журн. – 2015. – Т. 61, № 4. – С. 500–511.

Трофимов М.Ю. Узкоугольные параболические уравнения адиабатического распространения звука одной моды в горизонтально неоднородном мелком море // Акуст. журн. – 1999. – Т. 45, № 5. – С. 647–652.

Bailey H., Senior B., Simmons D., Rusin J., Picken G., Thompson P. Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals // Marine Pollution Bulletin. – 2010. – Vol. 60, No. 6. – P. 888–897.

Erbe C. Underwater noise from pile driving in Moreton Bay, Qld // Acoustics Australia. – 2009. – Vol. 37, No. 3. – P. 87–90.

**ДВИГАТЕЛЬНАЯ РЕАКЦИЯ СТВОРОК МИДИЙ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ
ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ 400–1000 НМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВОДНОЙ СРЕДЫ**

Мишуров В.Ж., Кузьмин К.А., Трусевич В.В., Рязанов В.А., Пасынков М.А.

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

vas_jan@list.ru

В связи с быстрым нарастанием темпов урбанизации прибрежных зон в мире искусственное освещение в ночное время этих зон представляет собой растущую глобальную проблему, изменяющую поведение организмов и, следовательно, состав сообществ и экосистемные процессы. Это в значительной степени искажает работу биосенсорных систем мониторинга.

Движение створок мидий в процессе жизнедеятельности определяется рядом факторов, одним из которых является свет, проникающий в водную среду в местах обитания животных. Учет влияния света позволит совершенствовать процесс биомониторинга водной среды (Греков и др., 2023).

Для определения количественных характеристик влияния света на двигательную активность мидий был разработан экспериментальный приборный комплекс, способный в естественной среде обитания животных получить экспериментальные данные по изменению двигательной активности под влиянием света.



Рисунок 1 – Экспериментальный приборный комплекс

Исследуемый диапазон излучения был разделен на пять участков с максимумами: 405, 468, 565, 625, 950 нм. В качестве излучателей выбраны светодиоды с соответствующими характеристиками, обеспечивающими равную освещенность E в исследуемой зоне. От внешних источников света исследуемая группа мидий закрыта со всех сторон экраном, с помощью насоса в приборе обеспечивается циркуляция морской воды.

Источники излучения включаются и выключаются независимо по заданной программе, что позволяет получить различные данные в ходе эксперимента.

Приборный комплекс рассчитан на автономную работу в течение 6 суток, с последующим считыванием данных и зарядкой аккумуляторных батарей.

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:

Греков А. Н., Селезнев И. А., Ивакин Я. А., Греков Н. А., Вышкваркова Е. В., Трусевич В. В. Биологические системы раннего обнаружения для экологического мониторинга водной среды. – Севастополь: ИПТС, 2023. – 131 с. – ISBN 978-5-6048608-5-4.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ
И ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ МИКРОЧАСТИЦ
ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА В ПРОБАХ ПОЧВ**

Носова А.О.¹, Успенская М.В.², Олехнович Р.О.¹

¹ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»,
г. Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,
г. Санкт-Петербург, Россия
aonosova@itmo.ru

Загрязнение почв микрочастицами пластмассы – все более актуальная проблема последних лет. По причине отсутствия стандартизированных методик с установленными показателями качества оценка уровня загрязнения, а также сопоставление результатов затруднены (He et al., 2015). Наиболее часто обнаруживаемыми в почвах являются микропластики полиэтилена, полипропилена и поливинилхлорида (ПВХ), последний из которых считается потенциально более вредным для окружающей среды (Proshad et al., 2018). Поскольку поверхность микропластиков в почве с течением времени деградирует, использование оптических методов анализа сопряжено с крайней трудоемкостью. Методы термического анализа, такие как дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) и термогравиметрический анализ (ТГА), используются для исследования термических свойств полимеров. При этом степень деградации поверхности не играет существенной роли.

Целью работы являлась разработка процедур обнаружения (качественный анализ) и определения массовой концентрации (количественный анализ) микропластиков ПВХ в пробах почв посредством методов термического анализа и оценка показателей (метрик) качества.

По причине аморфной природы ПВХ метод ДСК был использован для разработки процедуры качественного анализа проб почв на наличие/отсутствие загрязнителя в диапазоне от 0,1 до 5 масс. % за счет регистрации на термограммах перехода стеклования в области 80–87°C, характерного для ПВХ. Было установлено, что необходима пробоподготовка, включающая в себя разложение органического вещества почвы и разделение микропластиков ПВХ и почвы. Проведение измерений с использованием наборов проб с известным содержанием загрязнителя позволило установить метрики качества (Trullols et al., 2004) процедуры: чувствительность от 80%, точность от 90% и вероятность получения ложноотрицательного результата до 20%.

Метод ТГА был использован для разработки процедуры количественного анализа. Было установлено, что для получения на дифференцированных кривых ТГА информативного аналитического сигнала (второй стадии термического разложения ПВХ, пик с максимумом в области 459°C) в рамках пробоподготовки необходимо разложение органического вещества почвы. Было определено, что предел обнаружения составляет 0,5 масс. %, предел количественного определения – 1 масс. %. Согласно РМГ 61-2010 оценены показатели качества процедуры (повторяемости, промежуточной прецизионности, правильности и точности). Установлено, что расширенная неопределенность в диапазоне от 1 до 5 масс. % выражается уравнением $U(C) = -6,5C + 41,5$ ($k=2$, $P=0,95$).

Список использованной литературы:

He D., Luo Y., Lu S., Liu M., Song Y., Lei L. Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. – 2018. – Vol. 109. – P. 163–172.

Proshad R., Kormoker T., Islam M. S., Haque M. A., Rahman M. M., Mithu M. M. R. Toxic effects of plastic on human health and environment: A consequences of health risk assessment in Bangladesh // *International Journal of Health*. – 2018. – Vol. 6, No. 1. – P. 1-5.

Trullols E., Ruisanchez I., Rius F. X. Validation of qualitative analytical methods // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. – 2004. – Vol. 23, No. 2. – P. 137–145.

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ КОРПУСОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Нурзай В.А., Губарев Ф.А., Смокталь Н.Н., Лей В.А.

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия
VANurzai@sevsu.ru

Измерение параметров вибрации технологического оборудования является задачей, имеющей важное значение для народного хозяйства. В работах (Romanssini et al., 2023; Delprete, Gastaldi, 2024) произведён анализ и сравнение рекомендаций международных стандартов в этой области.

Проведена серия экспериментов, направленных на исследование возможности дистанционного оптического контроля вибрации электрических машин фотомодуляционным методом и методом корреляции лазерных спеклов, при различных режимах работы.

Рассмотрено применение оптических методов контроля вибрации к различным технологическим объектам. Собрана экспериментальная схема (рисунок 1) и проведены замеры собственных частот и гармоник вибрации корпусов оборудования.

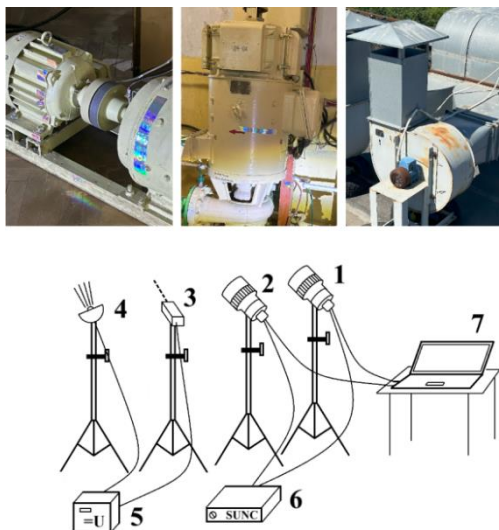


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Применялись метод корреляции лазерных спеклов и фотомодуляционный метод с использованием тонких голографических плёнок. Оба метода подразумевают регистрацию колебаний цифровой видеокамерой технического зрения с последующей обработкой видеосигнала для выявления колебаний. В качестве источников колебаний выбраны: пара двигатель генератор, соединенные жесткой муфтой, водяной центробежный насос и центробежный вентилятор. В докладе представлен анализ формы колебаний объектов в различных режимах и их спектральный состав. Проведено сравнение методов. Оба метода неразрушающего оптического контроля показали высокую степень корреляции. По мнению авторов, оба метода как отдельно, так и в комбинации, могут применяться для контроля вибрации технологического оборудования.

Список использованной литературы:

Delprete C, Gastaldi C. On the effectiveness of standards application to threshold setting in vibration condition monitoring in industrial machinery // In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability. – 2024. – DOI 10.1177/1748006X231218363.

Romanssini M, de Aguirre P.C.C., Compassi-Severo L, Girardi A. A Review on Vibration Monitoring Techniques for Predictive Maintenance of Rotating Machinery // Eng. – 2023. – Vol. 4, No. 3. – P. 1797–1817. – DOI 10.3390/eng4030102.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Олейников А.М.¹, Канов Л.Н.²

¹ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия
lnkanov48@mail.ru

Приоритетным направлением развития современной электроэнергетики является повышение надежности передачи электроэнергии. При значительной величине расстояния между точками подключения генераторов и потребителей актуальной является задача точного определения места повреждения. Целью доклада является разработка алгоритма определения места и характера аварии на линии электропитания на основании измерения напряжений и токов на центрах питания и нагрузках. Основу алгоритма составляет математическое моделирование режима линии на основе теории электрических цепей с распределенными параметрами (Каганов, 1990).

Рассмотрим неоднородную распределительную линию длиной L с двумя центрами питания, рис.1. Центры питания обеспечивают нагрузку по двум участкам линии с длинами x_H и $L - x_H$ и удельными параметрами $\underline{Z}_{B1}, \gamma_1$ и $\underline{Z}_{B2}, \gamma_2$. В точке с координатой x_K имеет место повреждение изоляции с сопротивлением \underline{Z}_K . Обе эти величины подлежат определению.

Анализ выполним по результатам решения уравнений участков линий на основе граничных условий на концах участков. В начале первого участка измерено напряжение $\dot{U}_1(0)$, и получаем граничное условие $\dot{E}_1 = \dot{U}_1(0) + \dot{I}_1(0)\underline{Z}_1$. Постоянные \underline{A}_{11} и \underline{A}_{12} определяются из уравнений:

$\dot{E}_1 = \dot{U}_1(0) + (\underline{A}_{11} - \underline{A}_{12}) \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_{B1}}$; $\dot{U}_1(0) = \underline{A}_{11} + \underline{A}_{12} \dots$ Аналогично, в конце второй линии при измерении напряжения $\dot{U}_2(L - x_H)$ получаем уравнения для \underline{A}_{21} и \underline{A}_{22} .

В узле x_H равны напряжения в начале участка 2 и в конце участка 3, а ток в конце участка 3 разделяется на ток в начале участка 2 и ток в нагрузке. На основании граничных условий в точке повреждения определим расстояние до этой точки x_K и сопротивление изоляции в этой точке \underline{Z}_K . В точке x_K равны напряжения в начале третьего участка и в конце первого участка, а ток в конце первого участка разделяется на ток в начале третьего участка и ток утечки.

После этого получаем расстояние x_K :
$$x_K = \frac{1}{\gamma_1} \ln \left[\frac{\underline{A}_{11} - 0,5e^{\gamma_1 x_H} \cdot (\underline{A}_{21} \underline{B}_1 + \underline{A}_{22} \underline{B}_2)}{-\underline{A}_{12} + 0,5e^{-\gamma_1 x_H} \cdot (\underline{A}_{21} \underline{B}_3 + \underline{A}_{22} \underline{B}_4)} \right]^{0,5} \text{ и}$$

поврежденное сопротивление изоляции $\underline{Z}_K = \underline{Z}_{B1} \frac{\underline{A}_{31} + \underline{A}_{32}}{\underline{A}_{11} - \underline{A}_{12} \cdot y - \underline{A}_{31} + \underline{A}_{32}}$.

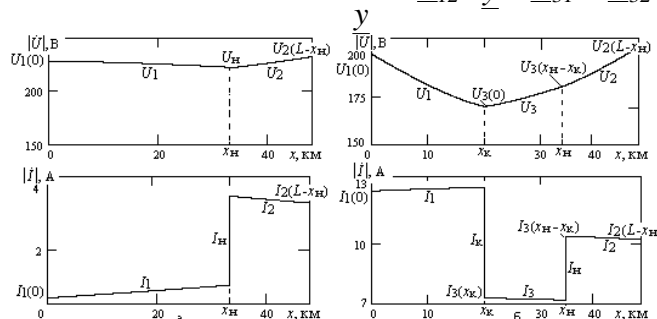


Рисунок 1 – Напряжение и ток в неповрежденной а) и в поврежденной б) линии

На рисунке 1 изображены графики распределения действующих значений напряжения и тока на участках линии в стационарном и в аварийном режимах.

Список использованной литературы:

Каганов З. Г. Электрические цепи с распределенными параметрами и цепные схемы. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 248 с.

**РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ
СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ТЕЧЕНИЯ**

Пасынков М.А., Рязанов В.А., Кузьмин К.А., Мишуков В.Ж.

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

Измерение скорости течения необходимо для контроля перемещения водных масс в океанах, морях, реках, в том числе, со взвешьями. Для этих целей применяются различные измерительные приборы, где в качестве первичных преобразователей скорости движения потока используются датчики, основанные на различных физических явлениях. За основу взят наиболее перспективный измеритель скорости и направления течения, основанный на акустических принципах ИСТ-1М, разработанный коллективом центра экологического приборостроения и экоэнергетики Института природно-технических систем (Греков и др., 2020). Данный прибор имеет в своем арсенале электромагнитный компас с датчиком ускорений собственных движений, позволяющий определять направление течения в диапазоне от 0° до 360°. Помимо вышеперечисленных достоинств, прибор имеет бортовой блок, подключенный к прибору через грузонесущий кабель-трос.

Для долгосрочных, круглосуточных, всепогодных измерений скорости и направления течения была разработана специальная модификация прибора, позволяющая производить измерения в новом качестве, ИСТ-1МА24.

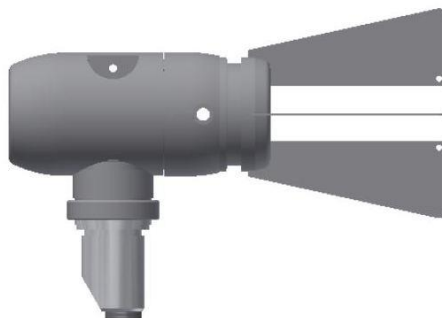


Рисунок 1 – Внешний вид ИСТ-1МА24

В корпусе ИСТ-1МА24 имеются: энергоэффективная аккумуляторная батарея компактных размеров LiFePO₄, имеющая достаточную емкость для долгих полевых работ, работающая в широком температурном диапазоне; энергонезависимые цифровые часы реального времени; флеш память.

ИСТ-1МА24 может находиться в четырех состояниях:

- 1) режим хранения или транспортировки;
- 2) режим работы с ПК (настройка частоты записи, настройка времени, проверка состояния АКБ);
- 3) режим зондирования (запись измеренных данных в память прибора);
- 4) режим заряда.

Управление прибором производится через герметичный разъем на корпусе путем подключения различных аксессуаров: зарядного устройства, дата кабеля, разъема включения.

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:

Греков А. Н., Греков Н. А., Сычев Е. Н. Среднечастотные акустические методы и средства для исследования водной среды: монография. – Севастополь: ИПТС, 2020. – 126 с. – ISBN 978-5-6044196-6-3.

ПРИМЕНЕНИЕ АКСЕЛЕРОМЕТРА ADXL345 ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПРОФИЛЯ ПЛОТНОСТИ

Пеньков М.Н.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
veter4750@mail

В последнее время предпринимаются попытки проведения прямых измерений профиля плотности без значительных усилий по измерениям параметров STD (солёности, температуры, глубины) или вовсе без них.

Использование гидростатического метода измерения градиента плотности, представленного в статье Федотова Г.А. (Федотов, 2013), требует применения четырёх датчиков давления, жёстко закреплённых по трём ортогональным осям, что связано с необходимостью коррекции колебаний наклона прибора.

Применение акселерометра типа ADXL345 позволяет упростить и удешевить конструкцию зонда, поскольку приводит к уменьшению количества датчиков давления до 1–2 в различных вариантах исполнения. В докладе представлено описание конструкции (блок-схема) всплывающего зонда с возможностью погружения до 1000 метров и оперативной записи данных. На рисунке приведен вид используемого акселерометра.



Рисунок 1 – Общий вид акселерометра ADXL345

Акселерометр ADXL345 способен измерять ускорение величиной до ± 16 g с максимальным разрешением 13 бит. Частота измерения может достигать 3200 Гц. Он обладает низким энергопотреблением – максимум 140 мкА.

Передача данных с акселерометра может осуществляться по протоколам SPI или I²C, что позволяет проводить предварительную обработку данных с акселерометра и датчика давления и записывать данные в энергонезависимую память через микроконтроллер серии ADuC.

Конструкция механизма всплытия представляет отдельный вопрос.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124012700512-1.

Список использованной литературы:

Федотов Г. А. Новая модификация гидростатического метода определения плотности морской воды // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. – 2013. –Т. 6, № 1. – С.58–65.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ
СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЫ**

Руднев В.П.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Сочи, Россия
stc-sochi@mail.ru

Большинство конструкций имеют длительный срок эксплуатации и подвержены воздействию коррозионной среды. Условия работы материала в конструкции диктуют необходимость определения параметров механики разрушения в реальных условиях эксплуатации. Алюминиевые сплавы, подверженные испытанию, широко используются в машино-, самолето- и кораблестроении для создания защитных оболочек и деталей сложных технических систем. Оценка параметров коррозионной трещиностойкости конструкционных материалов в основном производится с помощью ускоренных испытаний и практически отсутствуют данные по испытанию в натурных условиях природной среды. Выбранная методика испытаний (ОСТ 90352-84) позволила исследовать кинетику развития трещины широкого спектра конструкционных алюминиевых сплавов в морском климате влажных субтропиков при длительном действии нагрузки и коррозионной среды.

Экспозиция образцов осуществлялась под навесом, при которой, как известно, коррозионное воздействие более значительное, нежели на открытой площадке за счет большего осаждения коррозионных агентов и не смывания их осадками. Для получения информации о работоспособности материала образцы, экспонировались до полного разрушения. Основная партия образцов из девяти систем полностью разрушилась в 7-8 летний срок экспозиции, более 10 лет сохранились образцы сплавов В-95Т2, 1420 (рисунок 1).

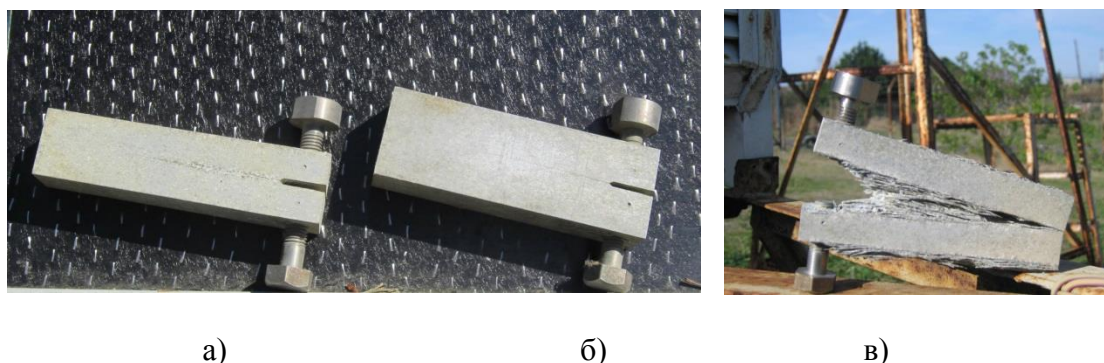


Рисунок 1 – Внешний вид образцов сплавов В-95Т2 (а), 1420 (б) после 10 лет, а 1161Т (в) после 7 лет экспозиции в морской атмосфере влажных субтропиков

Наиболее эффективно зарекомендовал себя сплав В-95Т2, после 5 лет экспонирования прирост трещины был минимальный (8,3 мм) из всей партии испытуемых материалов, в то время как, например, у сплава 1161Т он составил 44,0 мм. Высокую стойкость к коррозионному растрескиванию для сплава В-95Т2 подтвердили и пороговые значения коэффициента интенсивности напряжений. Таким образом, полученные данные по влиянию длительного совместного воздействия коррозионной среды и статической нагрузки на вязкость разрушения конструкционных алюминиевых сплавов исследуемых девяти систем необходимо учитывать в расчетах при проектировании конструкций по принципу «безопасной повреждаемости».

Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Совершенствование технических средств и измерительных информационных технологий исследований природных вод» (№ госрегистрации 124012700512-1).

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДАМИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Руднева И.И.¹, Медянкина М.В.², Шайда В.Г.³

¹Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия

²Московский государственный университет технологий и управления МГУТУ
им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), г. Москва, Россия

³ООО «ЭкоСервис-А», г. Москва, Россия
svg-41@mail.ru

Функционирование нефтегазового комплекса на шельфе морей и океанов связано с применением буровых растворов, сведения о токсичности которых для биоты ограничены и противоречивы. Эти вещества представляют собой сложные смеси, в состав которых входят вода, суспензии, эмульсионные и аэрированные жидкости, органические растворители, тяжелые металлы, глина, предназначенные для промывки скважин при их бурении. Буровые растворы при попадании в водную среду в целом негативно влияют на морские экосистемы, так как приводят к нарушению роста, развития и выживания гидробионтов. Ранние стадии развития водных организмов наиболее чувствительны к воздействию загрязняющих веществ, в том числе тех токсикантов, которые содержатся в продуктах бурения.

Целью настоящей работы явилась оценка токсичности разных видов буровых растворов с использованием развивающихся эмбрионов русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* в качестве тест-объекта. Изучали влияние буровых растворов на водной основе в разных концентрациях на выживаемость оплодотворенной икры, предличинок и динамику их выклева в пресной и 5‰ соленой воде. Результаты исследований позволили выявить токсическое действие тестируемых веществ на ранние стадии развития рыб. Наблюдаемые эффекты зависели от концентрации и времени воздействия токсикантов, что позволило сделать предположение как о механизмах токсичности веществ, так и о возможных последствиях для исследуемых организмов. Обнаружена различная токсичность буровых растворов, которая проявлялась в достоверном снижении выживаемости эмбрионов и задержке вылупления предличинок в опытных группах по сравнению с контролем. Помимо этого, количество вылупившихся предличинок при всех тестируемых концентрациях было меньше, чем в контроле.

Установленные токсические эффекты буровых растворов могут быть следствием прямого и косвенного действия этих веществ. Прямое действие буровых растворов вызывает токсические эффекты в результате наличия в них тяжелых металлов и органических соединений, которые накапливаются в икре рыб и нарушают процессы жизнедеятельности. В совокупности это проявляется в угнетении скорости роста и развития, появлении аномалий, задержке выклева, повышенной смертности эмбрионов и личинок. Косвенные эффекты процесса бурения и буровых растворов обусловлены изменением (ухудшением) среды обитания. При бурении скважин происходит образование множества взвешенных частиц, которые значительно снижают прозрачность воды для солнечных лучей, оседают на поверхности икринок, нарушая тем самым нормальный обмен между организмом и его средой обитания. Кроме того, попадание ксенобиотиков в воду изменяет ее физико-химические свойства, что также отрицательно влияет на развитие икры рыб.

Таким образом, тесты на токсичность позволяют оценить биологические эффекты и концентрации, при которых различные выбросы буровых растворов и сбросы бурового шлама будут оказывать воздействие на тест-объекты. Экотоксикологические методы позволяют оценить воздействие на окружающую среду на протяжении всего цикла бурения. Этот комплексный подход дает ценную информацию о последствиях буровых работ, способствуя принятию обоснованных решений в соответствии с принципами оценки процесса бурения, помогают в составлении экологических профилей и анализе воздействия для различных путей управления отходами.

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОТЕКТОРА
УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

Рязанов В.А., Пасынков М.А., Мишуков В.Ж., Кузьмин К.А.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
rjaz-17@yandex.ru

Для эффективной работы ультразвуковых первичных преобразователей (Греков и др., 2020) необходимо, чтобы материал переходного слоя обладал небольшим коэффициентом поглощения ультразвуковых волн. Для преобразователей с пьезокерамическими пластинками, работающими в жидкостях, этим условиям отвечают промежуточные слои из твердой гетерогенной смеси на основе эпоксидной смолы, в которой в качестве наполнителя предлагается использовать алмазный порошок.

Необходимое волновое сопротивление обеспечивается материалом, имеющий следующий состав:

- эпоксидная смола – 10 в/ч (весовых частей);
- алмазный порошок – 30 в/ч;
- полиэфир МГФ-9 – 2 в/ч;
- полиэтиленполиамин – 1,3 в/ч.

После полимеризации эпоксидной смолы необходимо отшлифовать слой, что позволит достичь необходимой толщины и обеспечить идеальную гладкость поверхности. Это важно для обеспечения максимальной эффективности передачи ультразвуковых волн и минимизации потерь на отражение. Использование абразивных материалов с различной зернистостью позволяет добиться качества протектора с требуемыми параметрами.

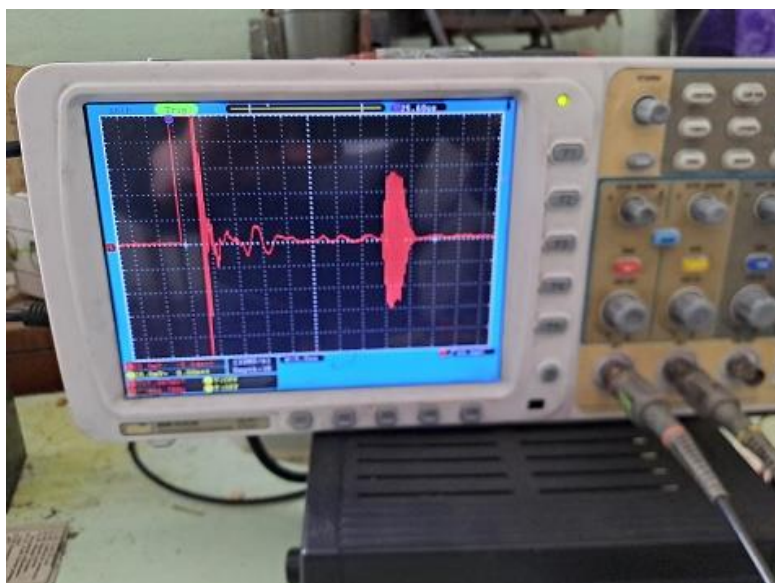


Рисунок 1 – Представлена область переходных процессов после излучения зондирующего импульса в испытываемом образце

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:

Греков А. Н., Греков Н. А., Сычев Е. Н. Среднечастотные акустические методы и средства для исследования водной среды: монография. – Севастополь: ИПТС, 2020. – 126 с. – ISBN 978-5-6044196-6-3.

ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ НА ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ ОБРАЗЦА УГЛЕПЛАСТИКА В МОРСКОЙ СРЕДЕ С КОНТРОЛЕМ ИЗМЕНЕНИЯ МАССЫ ГРАВОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Сальников В.Г.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Сочи, Россия
salnikovvg@rambler.ru

При проектировании конструкционных узлов АНПА из углепластика, необходимо учитывать влияния на весовые и деформационно-прочностные характеристики элементов конструкций таких процессов, как водопоглощение материала в морской воде и влагопоглощение в атмосфере под навесом, где имитируется хранение изделия в разных климатических зонах. Эти два процесса в разной степени увеличивают массу аппарата и оба могут приводить к уменьшению до 30% прочностных характеристик за счет пластификации влагой связующего (Николаев и др., 2015). Важную роль при этом играет время десорбции влаги из образца на атмосферном стенде под навесом после водопоглощения в морской воде.

Из полученной кинетической кривой (рисунок 1) видно, что прирост массы углепластика за счет влагопоглощения на атмосферном стенде под навесом достигает максимума $\Delta m = 0,365\%$ через 1365 суток экспозиции с дальнейшим понижением за счет выветривания разрушенного поверхностного слоя связующего за счет тепловой и частично УФ деструкций связующего.

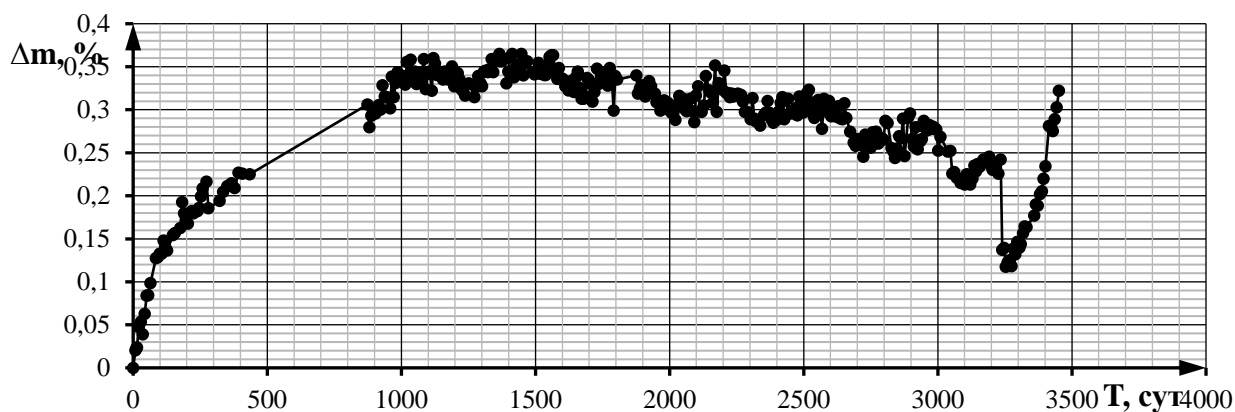


Рисунок 1 – Экспериментальная кинетическая кривая изменения относительной массы образца углепластика на эпоксидном связующем за счет сорбции атмосферной влаги на стенде под навесом в теплом влажном климате г. Сочи, водопоглощения в морской воде и деструкции связующего (гравиметрические измерения 2015–2024 гг.)

При перемещении образца углепластика на стенд в морскую воду на 3234 сутки наблюдения его относительная масса уменьшилась с 0,226 до 0,117% за счет смыва остатков разрушенного ранее поверхностного слоя связующего. В дальнейшем увеличение Δm проходит за счет водопоглощения со средней скоростью 0,00115 %/сут. Набухание и расслоение образца за время испытаний не наблюдалось. Продолжать испытания следует до определения максимально допустимых значений Δm с последующим определением времени десорбции.

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:

Николаев Е. В., Барботько С. Л., Андреева Н. П., Павлов М. Р. Комплексное исследование воздействия климатических и эксплуатационных факторов на новое поколение эпоксидного связующего и полимерных композиционных материалов на его основе. Часть 1. Исследование влияния сорбированной влаги на эпоксидную матрицу и углепластик на ее основе // Труды ВИАМ. – 2015. – № 12. – С. 86–99.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ОБЪЕДИНЕННОЙ ГЕТЕРОГЕННОЙ
СЕТИ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСА «МЕТЕОДОЗОР»**

Самойлов С.Ю.¹, Евстигнеев В.П.¹, Егоркин А.А.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

²ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

SYSamoylov@sevsu.ru

Одним из направлений экологической политики государства, является определение санитарно-защитных зон (СЗЗ) вокруг предприятий с целью защиты окружающей среды и населения от негативного воздействия. Зачастую размеры СЗЗ занижаются, что приводит к ухудшению экологической обстановки, наносящей вред окружающей среде и населению. Границы и функции СЗЗ соответственно нормативным документам должны фиксироваться с применением системы экологического мониторинга атмосферного воздуха (АВ) для определения концентраций и вида загрязняющих веществ (ЗВ) соответственно метеорологическим данным.

Для получения результатов мониторинга необходимо определить места проведения замеров на основе данных сводных расчетов распространения ЗВ от мест выбросов ЗВ всех предприятий данной приморской территории (Приказ..., 2019). Объектом исследования является приморская территория, в зоне которой расположены объекты негативного воздействия: первой и второй категории. Произведенные сводные расчеты в программе УПРЗА «Эколог», определили зону, в которой фиксировались по результатам анализа карт рассеивания ЗВ наибольшие концентрации следующих веществ: NO₂, пыль – SiO₂ за СЗЗ территорий выбранных объектов.

Для проверки правильности расчетов в данной зоне был установлен автономный измерительный комплекс контроля экологического состояния атмосферного воздуха и метеорологических параметров «МетеоДозор», разработанный Севастопольским государственным университетом на основе недорогих датчиках контроля окружающей среды. Цель данной операции была определить технические возможности данного комплекса.

Результаты наблюдений, проводимые с марта по сентябрь 2024 г. на указанной приморской территории с помощью комплекса «МетеоДозор», показали превышения предельно-допустимых среднесуточных концентраций (ПДКсс) ЗВ по частицам пыли 1,5 ПДК и подтвердили результаты расчетов для определения расположения точек мониторинга.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что комплексы «МетеоДозор», можно использовать для наблюдений и контроля мониторинга СЗЗ, с целью подтверждения их правильности функционирования и, следовательно, контроля экологической обстановки. В связи с вышеизложенной целью научного исследования является разработка методики создания объединенной гетерогенной сети комплексов мониторинга АВ приморской территории.

Задачи исследования: – сбор исходной информации об объектах негативного воздействия и метеорологической обстановки территории; – проведение сводных расчетов рассеивания ЗВ и определение точек расположения комплексов; – оценка результатов и подтверждение фиксированных СЗЗ.

Список использованной литературы:

Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29 ноября 2019 г. № 813 «Об утверждении правил проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха, включая их актуализацию» // Портал ГАРАНТ.РУ: официальный сайт. – Москва. Обновляется в течении суток. – URL: <https://www.garant.ru/> (дата обращения: 10.09.2024).

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК В ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Семыкина И.Ю.

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

arinasemykina@gmail.com

Ключевым элементом инфраструктуры нефтяной и газовой промышленности является трубопроводный транспорт, в том числе подводный, при этом протяженность подводных трубопроводов непрерывно растет. Вследствие климатических, геофизических, эксплуатационных, техногенных и иных факторов возможны утечки из трубопроводов, которые не только провоцируют экономический ущерб, но и несут угрозу для водной экосистемы.

Методы обнаружения утечек в подводных трубопроводах (рис. 1) характеризуются высоким многообразием, отличающихся точностью обнаружения места утечки, уровнем ложных срабатываний, быстродействием, непрерывностью, сложностью и стоимостью. Ряд стационарных систем описан в работах (Фролов, 2015) и (Рыльцева, 2021). Анализ динамических систем проводился по работам (Рыльцева, 2021), (Бобриков, 2023), (Любимов, 2024), а также корпусу патентной информации ФИПС и ВОИС.

Важными задачами, решаемыми на современном этапе, является повышение адаптивности, обеспечивающей возможность работать на разных трубопроводах, и повышение чувствительности, обеспечивающей обнаружение малых утечек. Это определяет тенденцию к использованию комбинированных методов получения информации, а также все большему внедрению методов машинного обучения.

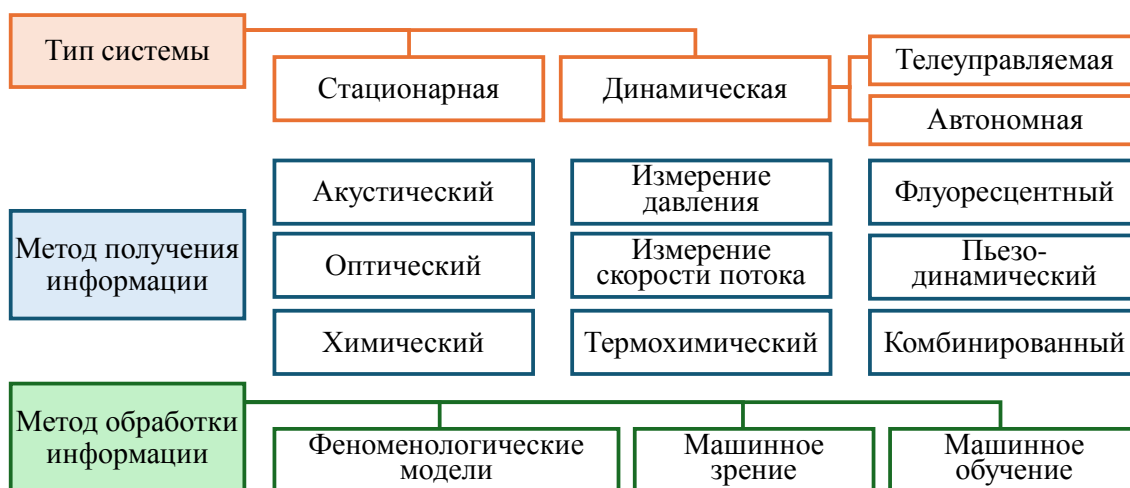


Рисунок 1 – Методы обнаружения утечек в подводных трубопроводах

Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124012700512-1.

Список использованной литературы:

Бобриков А. И., Алексеенко Н. В. Акустические методы обнаружения утечек нефте/газопроводов // Современная Российская наука: актуальные вопросы, достижения и инновации. – Пенза: Наука и Просвещение, 2023. – С. 15–18.

Любимов Я. Е., Соколов Л. В. Концепция судна для мониторинга подводных трубопроводов и окружающей среды // Труды Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. – 2024. – № 1(9). – С. 74–89.

Рыльцева Ю. А. Современные способы и средства диагностики и ремонта подводных переходов трубопроводов // Вестник МГСУ. – 2021. – Т. 16, № 9. – С. 1236–1263.

Фролов Ю. А., Афанасьев И. А., Габдрахманов Т. Ф. Системы мониторинга утечек нефти и нефтепродуктов на подводных переходах магистральных трубопроводов // Трубопроводный транспорт. – 2015. – Уфа: УГНТУ, 2015. – С. 219–221.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХРОНОЛОГИЙ ПЛОТНОСТИ КЛЕТОЧНОЙ СТЕНКИ В ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Силкин П.П.

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

ppsilk@rambler.ru

Для реконструкции палеоклимата широко используют хронологии различных параметров ксилемы годовых колец древесных растений. В дендроклиматологии, оттолкнувшись от использования ширины годовых колец, в настоящее время, используют данные профиля плотности годовых колец, их гистометрические характеристики, данные по изотопному составу годовых колец и т.д. Использование новых параметров годовых колец позволяет улучшить реконструкцию климата в прошлом, поэтому перспективным является поиск новых клеточных параметров структуры годовых колец, которые отражают различные физиологические процессы, происходящие в древесном растении и, как следствие, отражающие влияние различных факторов внешней среды.

В данной работе исследовались хронологии нового клеточного параметра - индекса плотности клеточной стенки годовых колец лиственницы. Плотность клеточной стенки для каждой трахеиды была измерена с помощью методов и программного обеспечения, разработанного автором ранее, с использованием данных профиля плотности годовых колец и хронологиями клеточных параметров, таких как площади поперечного сечения клетки и её клеточной стенки. Профили плотности годовых колец измерялись методами рентгеновской денситометрии (денситометр Dendro-2003, Швейцария). Хронологии клеточных параметров измерены авторским программным обеспечением, изображения годовых колец были получены с помощью компьютеризированного микроскопа проходящего света AxioImager.D1 (Карл Цейсс, Германия). Для всех измеренных годовых колец получена обратная нелинейная связь плотности клеточной стенки с её толщиной, которая была аппроксимирована нелинейным полиномом, с помощью которого рассчитывалось теоретическое значение клеточной стенки для данной её толщины. Индекс плотности клеточной стенки рассчитывался как отношение экспериментального значения плотности клеточной стенки к её теоретическому значению. В каждом образце были построены хронологии индекса плотности клеточной стенки для зон ранней и поздней древесины, а также для переходной зоны. Анализ результатов корреляционного анализа показал, что наблюдается значимая положительная связь между индивидуальными хронологиями индексов плотности клеточной стенки для всех зон кольца. Данный результат свидетельствует о наличии общего внешнего фактора, который синхронизирует величину индекса плотности клеточной стенки у исследованных деревьев, произрастающих на одном участке, что указывает на перспективность использования данного клеточного параметра для использования в задачах дендроклиматологии. Также интересный и парадоксальный результат был получен при исследовании связи между индексами плотности клеточных стенок разных зон кольца. Несмотря на то, что зоны годовых колец образуются в разные периоды вегетационного сезона, имеют разную клеточную структуру и функциональное назначение, коэффициенты корреляции между ними приближаются к единице, что требует дальнейшего исследования.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛОНКИ HAWACH SCIENTIFIC (КИТАЙ) В МЕТОДЕ ВЭЖХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАУ

Халиков И.С.

ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия

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).

Возможности современной аналитической химии не позволяют на практике определять одновременно сотни замещенных и не замещенных ПАУ, присутствующих в объектах природной среды. В многообразных директивах предлагается проводить контроль концентраций разного числа ПАУ. С учетом важности определения ПАУ в объектах природной среды привлекаются современные методы анализа с высокой селективностью и чувствительностью, такие как газовая хроматография, высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), хромато-масс-спектрометрия.

В связи с введенными санкциями против нашей страны покупка и использование колонок для разделения ПАУ в методе ВЭЖХ, например, таких как Envirosep PP, Supelcosil LC-PAH и др., стала большой проблемой.

В настоящей работе проведена оценка возможности использования колонки SLHPAH 546150 (Hawach Scientific, Китай) для разделения приоритетных 16 ПАУ и некоторых других с оптимизацией скорости потока, состава подвижной фазы и длин волн флуориметрического детектора.

Для идентификации и количественного определения ПАУ использовали флуориметрический детектор «RF-20A» и детектор на основе диодной матрицы «SPD-M20A». Измерения проводили на хроматографе «LC-20» (Shimadzu) с колонкой SLHPAH 546150 (150 x 4,6 мм; 5 мкм) (Hawach Scientific, Китай) и защитным картриджем C18 (4 x 2 мм) производства фирмы Phenomenex в условиях градиентного элюирования смесью ацетонитрила и воды от 50% до 90% (40 мин) и далее до 100% (50 мин), при скорости потока 1,0 мл/мин и температуре колонки 40°C. Объем аликвоты для ввода пробы – 10 мкл. В качестве градуировочных стандартов использовали смеси и стандартные растворы индивидуальных ПАУ производства фирмы «Supelco» и «Dr. Ehrenstorfer». Правильность результатов определения ПАУ подтверждали методом «введено-найдено». Следует отметить, что идентификацию аценафтилена проводили с помощью детектора на диодной матрице.

По времени удерживания на хроматограммах ПАУ располагались следующим образом: нафталин (9,5 мин), аценафтилен (11,1 мин), 1-метилнафталин (12,4 мин), 2-метилнафталин (12,9 мин), аценафтен (13,7 мин), флуорен (14,1 мин), фенантрен (15,7 мин), антрацен (17,2 мин), флуорантен (19,4 мин), пирен (21,0 мин), бенз(а)антрацен (25,6 мин), хризен (26,1 мин), бенз(е)пирен (30,5), бенз(Ь)флуорантен (30,9 мин), бенз(к)флуорантен (32,2 мин), бенз(а)пирен (34,2 мин), дибенз(а,Ь)антрацен (36,8 мин), бенз(Ь,Ь,і)перилен (39,5 мин), инден(1,2,3-с,д)пирен (39,8 мин), антантрен (43,9 мин), коронен (49,2 мин).

Список использованной литературы:

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.

КОНТАКТНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ВОЛН В ЧЕРНОМ МОРЕ

Химченко Е.Е.

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

ekhym@ocean.ru

Учитывая большое разнообразие эффектов, которые внутренние волны оказывают на морские экосистемы (Woodson, 2018), важность их изучения представляется существенной для экологического мониторинга состояния морских вод. Хотя в последние годы для наблюдения за полем внутренних волн на первый план выходят дистанционные методы зондирования, контактные измерения по-прежнему остаются главным источником новой информации об их структуре и параметрах. В работе представлены результаты наблюдений за внутренними волнами на шельфе и в присклоновой части Черного моря. Анализируются квазиинерционные внутренние волны (КИВВ), зарегистрированные по данным продолжительных вертикальных профилирований водной толщи автономным профилографом Аквалог (Островский и др., 2013). Обсуждаются результаты регистрации внутренних волн на четырех заякоренных термокосах в акватории Голубой бухты (Геленджик) в июне 2023 г.

Выявлено, что КИВВ доминируют в энергетических спектрах скорости течений. Спектральный анализ вращательных компонент скорости течений выявил пик на инерционной частоте с вращением по часовой стрелке. Анализ данных показал присутствие КИВВ в сезонном пикноклине в летний период и в постоянном пикноклине зимой. Выявлено, что зимой в околоинерционном диапазоне частот уровень кинетической энергии был выше между 40 м и 80 м и достигал максимума в слое основного пикноклина. Летом высокий уровень кинетической энергии наблюдался до глубины 80 м, после чего уменьшался с глубиной. Летом уровень энергии был на порядок ниже, чем зимой. Между 80 м и 95 м обнаружен слой минимума энергии. Амплитуда квазиинерционной кинетической энергии показала тесную связь с вертикальной стратификацией, причем ее максимум и минимум соответствовали максимуму и минимуму частоты плавучести.

Проведена оценка основных параметров, наблюдаемых коротких внутренних волн, зарегистрированных в прибрежной зоне в Голубой бухте. Периоды волн находились в пределах от 4 до 20 мин, скорость достигала 0,1–0,3 м/с, а преимущественное направление было на берег. Интенсивные цуги коротких волн выявлены после усиления вдольберегового северо-западного течения.

Дополнительно показано, что в районе континентального склона основная внутрисуточная изменчивость кислорода связана с КИВВ. При прохождении внутренней волны-возвышения, на ее гребне наблюдается подъем вод из более глубоких слоев, где содержание кислорода значительно меньше, таким образом, подход внутренней волны сопровождается дефицитом кислорода. В прибрежной зоне при подходе КИВВ наблюдается падение уровня насыщения вод кислородом на горизонте (почти на 10%). Подобные изменения содержания кислорода могут приводить к критическим изменениям условий среды обитания для придонной экосистемы.

Работа выполнена в рамках темы госзадания Минобрнауки № FMWE-2024-0024. Экспедиционные работы, а также обработка и анализ данных выполнены при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-77-00055.

Список использованной литературы:

Островский А. Г., Зацепин А. Г., Соловьев В. А., Цибульский А. Л., Швоев Д. А. Автономный мобильный аппаратно-программный комплекс вертикального зондирования морской среды на заякоренной буйковой станции // *Океанология*. – 2013. – Т. 53, № 2. – С. 259–268.

Woodson C. B. The fate and impact of internal waves in nearshore ecosystems // *Ann. Rev. Mar. Sci.* – 2018. – Vol. 10. – P. 421–441. – DOI 10.1146/annurev-marine-121916-063619.

**МОДЕЛЬ ПОТЕРЬ СИГНАЛА, АДАПТИРОВАННАЯ
ПОД УСЛОВИЯ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

Чачиев Д.Р., Сосновский Ю.В.,

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,
г. Симферополь, Россия

denis.chachiev@mail.ru, sosnovskiy.yv@cfuv.ru

Значимое направление развития систем контроля окружающей среды – текущий мониторинг агрометеорологических показателей. Обычно такие данные собираются автономными устройствами, которые передают информацию посредством радиоканала. Для увеличения эффективности работы устройств сбора данных, а также для оптимизации их размещения требуется оценить потери радиосигнала.

В работе рассматриваются модели потери сигнала при распространении в пространстве, применимые для устройств типа LoRa в условиях Крымского полуострова, такие как FSPL (Free Space Path Loss) и модель ITM (Irregular Terrain Model).

Модель FSPL не применима в реальных условиях ввиду отсутствия учета каких-либо параметров среды, кроме расстояния. Модель ITM учитывает перепады высот, а также атмосферные условия, однако учет только таких параметров не позволяет давать достаточно точные прогнозы.

Модель потерь радиосигнала в свободном пространстве является основой для других моделей и выглядит следующим образом:

$$PL_{fs} = 20 * \log_{10}(f) + 20 * \log_{10}(d) + 32.45, \quad (1)$$

где f – частота сигнала в МГц, d – расстояние в км.

Ряд авторов (Heino et al., 2010) создали модель, основанную на их измерениях, которая позволяет добавить к модели FSPL поправочные коэффициенты, вычисляемые эмпирически:

$$PL_{coeff} = B + 10 * n * \log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right), \quad (2)$$

где B – базовые потери сигнала, d_0 – базовое расстояние, d – текущее расстояние, n – показатель потерь сигнала.

В ряде статей (Linka et al., 2018) были получены разные коэффициенты в Дортмунде (Германия) ($B=132,25$, $n=2,65$) и Оулу (Финляндия) ($B=128,95$, $n=2,32$), а также приведено сравнение различных моделей потерь сигнала. Модель с эмпирически получаемыми коэффициентами показывает оптимальное соотношение ложноположительных и ложноотрицательных оценок потерь. Для адаптации модели под условия Крымского полуострова необходимо оборудование, позволяющее оценить уровень принимаемого сигнала. Модули LoRa имеют встроенный измеритель RSSI – показателя уровня принятого сигнала. Для оценки погрешности этого показателя в качестве эталонного измерителя использовался поверенный анализатор спектра Anritsu MS2726C и антенный комплект ПБ-251 (логопериодическая антенна 100 МГц – 6 ГГц с поверкой, штатив диэлектрический). Был выполнен ряд измерений с малой мощностью передатчика на разном расстоянии. Обработка результатов измерения показала малое отклонение реального уровня сигнала от показателя RSSI модуля LoRa. Максимальное отклонение значения RSSI не превышало 1dBm. Модули Heltech LoRa V3 были установлены в корпус вместе с аккумуляторами, созданы программы управления передающим модулем и программа для приемного модуля, отображающая номер принимаемого пакета и текущий уровень сигнала.

Список использованной литературы:

Heino P. et al. «Deliverable D5.3, WINNER+ Final Channel Models V1.0, CELTIC CP5–026 WINNER+ Project». – 2010. – URL: http://projects.celtic-initiative.org/winner+/deliverables_winnerplus.html (access date: 01.06.2024).

Linka H., Rademacher M., Jonas K., Aliu O. G. Path Loss Models for Low-Power Wide-Area Networks: Experimental Results using LoRa // Proc. Mobilkommunikation – Technologien und Anwendungen, VDE ITG-Fachbericht Mobilkommunikation. – Osnabrück, 2018. – P. 10–14.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД МЕТОДОМ ПНЕВМОСЕПАРИРОВАНИЯ В ПРИСУТСТВИИ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА

Чердакова А.С.¹, Гальченко С.В.¹, Воробьева Е.В.²

¹Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, г. Рязань, Россия

²Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета,

г. Рязань, Россия

cerdakova@yandex.ru

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

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

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

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

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

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

Список использованной литературы:

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

Jafarinejad S. Treatment of Oily Wastewater // In book: Petroleum Waste Treatment and Pollution Control. – Oxford, 2017. – P. 185–267.

МАКЕТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОГО ЗОНДА И ПРИЕМНОЙ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ

Шаповалов О.Ю.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
neoton@list.ru

В настоящее время, при решении задач оперативного сбора данных и измерения физических параметров морской акватории, существует необходимость в создании условно-разовых зондов. Эти зонды должны быть недорогими и иметь оперативный канал связи с базовой станцией. В исследовании представлено описание разработки модуля навигационной системы для океанографического зонда (Архипкин, 2009). Внешний вид предлагаемой системы измерения представлена на рисунке 1. Разработка такого модуля является актуальной задачей в свете необходимости сбора оперативных данных и измерения физических параметров морской акватории (Соловьев, 2000). Зонды могут быть использованы для мониторинга изменений важных параметров морской среды, исследования климата, обнаружения загрязнений и других важных задач. Для эффективной реализации таких зондов требуется разработка надежной системы связи и навигации.



Рисунок 1 – Внешний вид системы океанографического измерительного зонда и базовой станции

В состав системы измерения входят измерительный зонд (ИЗ) и радиоприемная станция (РПС). В состав ИЗ входит радиомодем (РМ), предназначенный для осуществления связи по радиоканалу с РПС, GPS/GLONASS модуль.

В состав РПС входят: радиомодем, предназначенный для обеспечения двухсторонней связи с ИЗ, персональное вычислительное устройство (ПЭВМ).

В состав электроники ИЗ входят следующие узлы: микроконтроллер (МК), предназначенный для управления работой электронного блока ИЗ по заданной программе; радиомодем (РМ), предназначенный для передачи данных на береговую или судовую РПС и приема команд с РПС; измерительный модуль (ИМ); батарея автономного питания (БП); флеш накопитель (ФН), предназначенный для хранения данных измерений; реле всплытия (РВ); антенный блок (АНТ) для размещения антенны РМ и GPS/ GLONASS модуля.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124012700512-1.

Список использованной литературы:

Архипкин В. С., Лазарюк А. Ю., Левашов Д. Е. Океанология. Инструментарные методы измерения основных параметров морской воды. – М.: Макс Пресс, 2009. – 335 с.

Соловьев Ю. А. Системы спутниковой навигации. – М.: Эко-Трендз, 2000. – 270 с.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ПОДХОД В РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ВОДЫ И АНАЛИЗЕ ДАННЫХ

Шишкин Ю.Е.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия
iurii.e.shishkin@gmail.com

Измерение плотности жидкостей, в частности морской воды, играет ключевую роль в многочисленных прикладных и научных задачах, таких как экология, гидрология и управление водными ресурсами. Наличие точной и своевременной информации о плотности воды позволяет проводить оперативный анализ характеристик водных объектов, прогнозировать изменения их состояния и принимать на основе этого обоснованные решения (Shishkin, 2024).

Для решения данной задачи существуют общепринятые методы измерения плотности воды, каждый из них имеет свои преимущества и ограничения. Гидростатические методы основаны на измерении давления жидкости на определенной глубине, но чувствительны к внешним воздействиям. Осциллометрические методы используют изменения частоты колебаний сенсора, погруженного в жидкость, но требуют сложной калибровки. Вибрационные методы измеряют изменение резонансной частоты вибратора, но могут быть подвержены механическим помехам. Акустические методы основаны на измерении скорости звука в воде, которая зависит от ее плотности, однако чувствительны к температурным и соленостным изменениям (Краснодубец, 2024). Таким образом очевидно, что существующие методы измерения плотности воды требуют совершенствования в части точности, быстродействия и возможности автоматизации обработки данных, одним из перспективных способов которого является дифференциальные подходы в моделировании процессов, расширяющие возможности для создания эффективных систем измерения и анализа данных.

Для разработки модели системы анализа данных зондирования была построена система дифференциальных уравнений, учитывающая динамические изменения давления и температуры, а также разность давления между внешней средой и резервуара с эталонной жидкостью

$$\frac{dP}{dt} = f(P, T, \rho_{\text{этал}}, \rho_{\text{наруж}}, g) \quad \Delta P = P_{\text{наруж}} - P_{\text{этал}} = \rho_{\text{наруж}} \cdot g \cdot h - \rho_{\text{этал}} \cdot g \cdot h,$$

где ΔP – разность давления, $P_{\text{наруж}}$ – давление внешней среды, $P_{\text{этал}}$ – давление эталонной жидкости, $\rho_{\text{наруж}}$ – плотность внешней жидкости, $\rho_{\text{этал}}$ – плотность эталонной жидкости, g – ускорение свободного падения, h – высота столба жидкости, f – функция, описывающая зависимость изменения давления от температуры и плотности жидкостей.

В ходе исследования разработана математическая модель системы измерения плотности воды, основанная на дифференциальном подходе. Созданное на ее основе программное обеспечение направлено на повышение качества процессов измерения и анализа данных и предназначено для применения в областях: гидрологических исследований для мониторинга морей, озер и рек с целью прогнозирования паводков и засух, в промышленности для контроля плотности растворов в технологических процессах, и при экологическом мониторинге для отслеживания изменений плотности как индикатора загрязнений или аномалий различной природы. Результаты модельных экспериментов подтвердили эффективность предложенного метода. Перспективы дальнейшего развития включают масштабирование системы для обеспечения работы *in situ* и интеграцию в существующие измерительные комплексы, созданные в ИПТС.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124012700512-1.

Список использованной литературы:

Краснодубец Л. А., Шишкин Ю. Е., Шаповалов О. Ю. Морской автономный зонд-профилограф // Системы контроля окружающей среды. – 2024. – № 1(55). – С. 42–52.

Shishkin I. E., Krasnodubets L. A. Method for Dynamic Measurements of Autonomous Underwater Probe Immersion Depth // Proceedings – 2024 International Russian Smart Industry Conference, Smart Industry Conf. – 2024. – P. 939–943. – DOI 10.1109/ICIEAM60818.2024.10553897.

СОЗДАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ АЛГОРИТМОВ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ В МОРСКИХ СИСТЕМАХ

Шишкин Ю.Е.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия
iurii.e.shishkin@gmail.com

Экологическое состояние морских экосистем является критически важным для поддержания биологического разнообразия, обеспечения ресурсами человека и высокого качества жизни в целом. Одной из ключевых задач в этом направлении является обнаружение аномалий физико-химических параметров морской среды, контроль популяции гидробионтов и выявление посторонних взвесей, наличие которых может свидетельствовать о нарушениях в морской среде, таких как появление новых источников загрязнения или изменения в балансе экосистем.

Традиционные подходы проведения мониторинга требуют значительные объемы данных для принятия решений и базируются на методах статистического анализа данных и простых эмпирических подходах, что на практике приводит к запаздыванию модели относительно практики и препятствует возможности оперативно реагировать на изменения. В этой связи возникает необходимость создания программных алгоритмов на основе машинного обучения и нечеткой логики для анализа данных, полученных с помощью моделей среды и измерительной системы (плотномер и др.), с целью обнаружения аномалий физической, химической или биологической природы в морской среде требующих меньший объем данных для принятия решений и как следствие обладающих большей реактивностью (Шишкин, 2024).

Плотномер измеряет плотность морской воды, которая зависит от температуры, солености, наличия примесей: взвесей и гидробионтов. Примем уравнение состояния морской воды как $\rho = \rho(T, S, P, C)$, где ρ – плотность воды, T – температура, S – соленость, P – давление, C – концентрация примесей: взвесей и гидробионтов. Аномалии в этих параметрах являются предикторами, указывающими на экологические проблемы, или индикаторами, указывающими на такие явления как природные катастрофы или явное антропогенное вмешательство (гибель флоры из-за альгровирусов или несанкционированные сбросы загрязняющих веществ).

Алгоритм детектирования аномалий можно представить в виде следующей последовательности: 1) на вход подаются данные о текущем состоянии системы (T, S, P, C) осуществляется нормализация и очистка данных от выбросов и шумов; 2) данные преобразуются в нечеткие значения с помощью фаззификации (преобразование числовых значений в нечеткие переменные, что помогает уменьшить влияние точных измерений, которые могут быть подвержены случайным ошибкам); 3) происходит оценка состояния с помощью модели машинного обучения с подкреплением, где система получает обратную связь о правильности своих предсказаний и корректирует алгоритм; 4) с помощью классификатора происходит расчет вероятности аномалий, если результат превышает пороговое значение, то система классифицирует это как аномалию.

Перспективы дальнейшего развития предложенных алгоритмов включают интеграцию с системами дистанционного и спутникового зондирования, разработку облачных сервисов для хранения и обработки данных мониторинга в реальном времени, совместное их использование с биосенсорами для более селективного анализа и снижения вероятностей ложного срабатывания. Методики машинного обучения в сочетании с нечеткой логикой позволяют решать задачи в условиях неопределённости и вариативности данных, что делает алгоритмы более устойчивыми к шуму и ошибкам измерений.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 124012700512-1.

Список использованной литературы:

Шишкин Ю. Е., Скاتков 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 РАНЕЕ РАЗРАБОТАННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЁТА
МЕСТНЫХ РАЗМЫВОВ В ПРОЕКТАХ ЗАЩИТЫ МОРСКИХ БЕРЕГОВ**

Щодро А.Е.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
ashodro@yandex.ru

Ранее были разработаны методы расчёта размывов, основанные на предварительном расчёте или задании кинематической картины течения, информации о механическом составе грунта, гидравлических особенностях обтекания донных частиц, а также о их связанности и гранулометрическом составе.

Практические расчеты размыва проводятся в несколько этапов. При известном типе размыва, установленном по физической сути явления размыва и их классификации (сосредоточенный, рассредоточенный по площади дна или по длине берега размывы). Интенсивности выноса грунтов в воронках размыва и характер развития процесса размыва во времени определялись в результате обработки натурных данных наблюдений за местными сосредоточенными размывами, связанными с деятельностью винтообразных течений, развивающихся в воронках, и определяющих предельно высокие темпы и объёмы размыва.

Для определения конечных значений глубин размыва учитывают накопления отмостки в воронке размыва путем послойного суммирования количества частиц, остающихся в каждом слое, после его переработки потоком. Остаются в каждом слое те фракции, которые крупнее некоторого минимального диаметра несдвигаемой частицы. Эти критические диаметры определяются, исходя из значений придонных скоростей и характеристик турбулентности, найденных экспериментально или расчётным путём. Глубина размыва определяется суммированием толщин слоев, которые остаются после вымыва из них более мелкого грунта. Критические диаметры частиц, отвечающих неразмывающей скорости соответственно уровню турбулентности, определяются методом имитационного моделирования. При этом рассматривается отрыв одиночных частиц с поверхности несвязного грунта с учетом заданных кинематических характеристик потока, неоднородности состава донных отложений и формы частиц.

Расчет размыва основан на определении придонных осредненных и пульсационных скоростей по эмпирическим зависимостям автора. Вычисляются суммы толщин слоев грунта, остающиеся на дне ямы, от переработки грунта (t_e) и от привнесенных частиц (t'_e):

$$S = \Sigma(t_e + t'_e).$$

Размыв считается завершённым, когда сумма S станет больше ожидаемой толщины отмостки. Для учёта транспорта наносов определяется время размыва соответственно каждому шагу по глубине. С помощью кривой механического состава определяется доля частиц, которые остаются в яме на каждом шагу в соответствующем слое с учётом расхода наносов, которые поступают в яму. Конечная глубина размыва определяется той высотной отметкой, которая соответствует глубине залегания расчётного слоя, на котором выполняется это условие.

Предлагаемый метод расчёта размывов может быть использован для оценки размывающей способности также и волнового потока. Необходимо лишь знать характерные придонные скорости и характер их изменения во времени. На основе этих данных аналогичным методом будут определяться критические неразмывающие скорости и конечная глубины размыва.

СЕКЦИЯ 2

ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

СИНОПТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ НА ЮГЕ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И В МОНГОЛИИ

Антохина О.Ю.¹, Антохин П.Н.^{1,2}, Гочаков А.В.^{1,3}, Збираник А.А.^{1,4}, Газимов Т.Ф.^{3,4}

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

²Иркутский государственный университет, географический факультет, г. Иркутск, Россия

³Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт (ФБГУ «СИБНИГМИ»), г. Новосибирск, Россия

⁴Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Antokhina@iao.ru

В работе на основании синоптических карт и данных реанализа ERA5 рассматриваются ключевые процессы атмосферной циркуляции, связанные с формированием экстремальных осадков на территории Восточной Сибири и Монголии. Показано, что в подавляющем большинстве случаев экстремальные осадки связаны с прохождением атмосферных фронтов и циклонов, формирующихся при бароклинной фазе роста крупномасштабных волн. Усиление волновых процессов в средней и верхней тропосфере приводят к сильным циклоническим деформациям поля потенциальной завихренности (PV), известным как «обрушение (опрокидывание) волн» (McIntyre, Palmer 1983; Krupchatnikov 2020). При дальнейшем циклоническом опрокидывании волны может сформироваться или поддерживаться блокирование западного переноса над Восточной Сибирью и Дальним Востоком. Атмосферное блокирование может способствовать дипольному перераспределению осадков, и как следствие, возникновению паводков в южных районах Сибири и пожаров в северных. Таким образом наблюдается взаимосвязь процессов, связанных с экстремальными осадками, и условиями, связанными с возникновением природных пожаров на севере Сибири и Дальнем Востоке. Важно отметить, что возникновение блокирующих антициклонов наиболее часто отмечается после событий сильных осадков, что согласуется с увеличением эмиссий от пожаров в последние десятилетия (Antokhina O. et al., 2023).

Анализ синоптических карт и карт PV показал, что после 2000-х происходит увеличение частоты холодных вторжений при более частых процессах сближения изолиний PV умеренных широт и субтропиков. Данный вывод указывает на изменение волновых процессов, сопутствующих формированию экстремальных осадков на территории Восточной Сибири и Монголии. Смена волновых процессов выражается в изменении паттернов давления и меридиональной компоненты скорости ветра в средней и верхней тропосфере соответственно.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00167 «Связь формирования экстремальных осадков на юге Сибири с процессами опрокидывания волн Россби и атмосферного блокирования», <https://rscf.ru/project/23-27-00167/>.

Список использованной литературы:

Antokhina O. et al. Effects of Rossby Waves Breaking and Atmospheric Blocking Formation on the Extreme Forest Fire and Floods in Eastern Siberia 2019 // Fire. 2023. – Vol. 6, № 3. – P. 122.

Krupchatnikov V. N., Borovko I. V. Rossby wave breaking and blocking events associated with some atmospheric circulation regimes in the Northern Hemisphere based on a climate system model (PlaSim-ICMMG-1.0) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 611. – P. 012015.

McIntyre M. E., Palmer T. N. Breaking planetary waves in the stratosphere // Nature. – 1983. – Vol. 305, № 5935. – P. 593–600.

РОЛЬ ПАССАТОВ В ФОРМИРОВАНИИ СОБЫТИЙ ЭЛЬ-НИНЬО И ЛА-НИНЬЯ

Афанасьева В.В.¹, Воскресенская Е.Н.¹, Марчукова О.В.²

¹ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

²ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, Россия
afanasyeva.vladlena@mail.ru

В последние 40 лет в восточной части Тихого океана наблюдается положительная тенденция изменения давления над уровнем моря, при этом, в индонезийском регионе линейный тренд давления отрицательный. Согласно оценкам отчета IPCC это обеспечивает усиление тихоокеанских пассатов (Zhao, Allen, 2019). В свою очередь, усиление пассатов должно приводить к сокращению количества событий Эль-Ниньо, и, увеличению количества событий Ла-Нинья в будущем.

Индекс пассата, (trade wind index) для экваториальной части Тихого океана (5°ю. ш. – 5°с. ш.) рассчитывается по компоненте ветра U для высоты с давлением в 850 мб (что соответствует высоте около 1500 метров). Эти индексы основаны на реанализе NCEP NCAR. В исследовании анализировались 3 индекса: западный, TWI WP (5°ю. ш. – 5°с. ш, 135°в. д. – 180°), центральный, TWI CP (5°ю. ш. – 5°с. ш, 170°з. д. – 140°з. д) и восточный, TWI EP (5°ю. ш. – 5°с. ш, 135°з. д. – 120°з. д). Верификация 47 моделей проекта CMIP6 на основе статистического анализа исторического периода 1979–2014 гг. по модельным расчётам в сравнении с реанализом NCEP NCAR позволила отобрать модели для изучения и оценки изменения динамики пассатных ветров в экваториальной зоне Тихого океана в период с 2024 по 2100 гг. для сценариев SSP2 – 4.5 и SSP5 – 8.5. Критерием для выбора моделей было совпадение знака тренда в трёх индексах пассатных ветров в сравнении с реанализом NCEP NCAR с 1979 по 2014 гг. Всего было отобрано 9 моделей.

Для оценки изменения динамики пассатов в будущем, были созданы ансамбли моделей для двух сценариев SSP. В ансамбле для эксперимента SSP 2 – 4.5 участвовало 6 моделей (INM-CM4-8, NorESM2-MM, CMCC-ESM2, CanESM5-CanOE, CESM2, AWI-ESM-1-1-LR). Для эксперимента SSP 5 – 8.5, – 7 моделей (HadGEM3-GC31-LL, INM-CM4-8, NorESM2-MM, FGOALS-f3-L, CMCC-ESM2, CESM2, HadGEM3-GC31-MM).

Для сравнения результатов с историческим периодом 1979–2014, ряды будущих изменений оценивались в соответствующих 36-ти-летних периодах с 2024 по 2059 гг. и с 2051 по 2086 гг.

Для оценки изменения количества событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья разных типов и связи с пассатами, полученные ряды ветра сравнивались с рядами ТПО, полученными в работе (Воскресенская и др., 2021).

Модельные расчеты по проекту CMIP6 на период до 2100 года в рамках эксперимента оптимального экономического развития SSP 2 – 4.5 показали ослабление пассатных ветров. Это обусловит в целом увеличение количества событий или продолжительности Эль-Ниньо и сокращение количества Ла-Нинья или уменьшение их продолжительности.

Подобные расчеты в рамках эксперимента с наиболее неблагоприятными будущими изменениями SSP 5 – 8.5 до 2100 года показали существенное ослабление пассатных ветров и соответствующие изменения параметров Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

Список использованной литературы:

Zhao X., Allen R.J. Strengthening of the Walker Circulation in recent decades and the role of natural sea surface temperature variability // Environmental Research Communications. – 2019. – Vol. 1, No. 2. – 021003. – DOI: 10.1088/2515- 7620/ab0dab.

Воскресенская Е. Н., Марчукова О. В., Афанасьева В. В. Оценка возможных изменений повторяемости событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья к концу XXI века по моделям проекта CMIP6 // Системы контроля окружающей среды. – 2021. – Т. 4(46). – С. 14–21.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНЕНТ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА НА ПОВЕРХНОСТИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

Базюра Е.А.^{1,2}, Полонский А.Б.²

¹Филиал МГУ им. М. В. Ломоносова в г. Севастополе, г. Севастополь, Россия

²ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
eisal@mail.ru, apolonsky5@mail.ru

Цель работы – проанализировать долгопериодные изменения потоков тепла на поверхности Северной Атлантики. Используются следующие массивы среднемесячных данных: по турбулентным явным (H) и скрытым (LE) потокам тепла, коротковолновой (SW) и длинноволновой (LW) радиации из реанализа NCEP/NCAR за 1948–2018 гг. (Kalnay et al, 1996); значения климатических индексов Атлантической мультидесятилетней осцилляции (АМО), Североатлантического (САК), Восточно-Атлантического (ВАК), Восточно-Атлантического / Западно-Российского (ВАЗРК) и Скандинавского колебаний (СК) за 1950–2018 гг. взяты с сайтов (Atlantic..., 2023; National..., 2022). По данным NCEP рассчитывались: суммарные турбулентные потоки тепла H+LE; величины радиационного баланса океана R; величины внешнего теплового баланса поверхности океана В. Проводилась оценка среднеквадратических отклонений и линейных трендов среднегодовых величин (H+LE, R, В), уровня значимости трендов. После удаления линейных трендов из указанных среднегодовых величин проводилось разложение полученных массивов аномалий потоков тепла на эмпирические ортогональные функции (ЭОФ). Оценивался вклад дисперсии (%) первых четырех ЭОФ в общую изменчивость H+LE, R, В. Рассчитывались коэффициенты корреляции временных коэффициентов первых четырех ЭОФ с индексами АМО, САК, ВАК, ВАЗРК и СК. Показано, что в умеренных и высоких широтах климатический тренд В обусловлен преимущественно долгопериодной изменчивостью H+LE, а в низких широтах вклад обоих компонент внешнего теплового баланса (H+LE и R) в климатический тренд В сопоставим по величине. Области значимого увеличения потока тепла из океана в атмосферу приурочены к окрестности Гольфстрима и центральной части Северного субтропического антициклонического круговорота. Значимые тренды уменьшения потока тепла из океана в атмосферу обнаружены в зоне формирования Североатлантической глубинной водной массы. В этих областях вклад дисперсии, обусловленной линейными трендами, в общую изменчивость В превышает 30%, а в отдельных точках может достигать 60–65%. Показано, что АМО объясняет порядка 7% изменчивости внешнего теплового баланса поверхности океана и суммарных турбулентных потоков тепла, 6% изменчивости радиационных потоков тепла на поверхности океана; САК обуславливает 7% изменчивости радиационного баланса поверхности океана, 11% изменчивости суммарных турбулентных потоков тепла и 12% изменчивости внешнего теплового баланса поверхности океана.

Работа выполнена в рамках договора НИР «Влияние потоков тепла на изменения теплосодержания верхнего слоя северной части Атлантического океана» № 298-223/ЕП-23, темы госзадания № FFMM-2024-0016 «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:

Atlantic Multidecadal Oscillation Index // NOAA Physical Sciences Laboratory: website. – URL: <https://psl.noaa.gov/data/timeseries/AMO/> (access date: 15.01.2023).

Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R. et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project // Bulletin of the American meteorological Society. – 1996. – Vol. 77, No. 3. – P. 437–471.

National Weather Service. Center for Weather and Climate Prediction // NOAA: website. – URL: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml> (access date: 07.06. 2022).

**СИСТЕМА RANGES ДЛЯ РАСЧЕТА КЛИМАТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ КЛИМАТООБУСЛОВЛЕННОГО ЯВЛЕНИЯ**

Богданович А.Ю.

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. акад. Ю. А. Израэля»,
г. Москва, Россия
bogda-anton@yandex.ru

Математическое моделирование климатической области распространения климатообусловленного явления является важным инструментом для оценки последствий изменения климата. При таких типах расчета определяется часть географического пространства устойчивого существования явления при известных климате и благоприятных факторов среды для этого явления. Система RANGES (Свидетельство Роспатента № 2024668052) позволяет производить подобные расчеты для широкого класса климатообусловленных явлений. Обсуждаются результаты расчетов климатической области распространения хлопковой совки и некоторых других биологических видов (Богданович и др., 2023; Bogdanovich et al., 2023), а также случаи экстремальных явлений (на примере засухи (Богданович и др., 2021)). Использовались климатические данные для 1990–1999 гг., 2030–2039 гг. и 2050–2059 гг. в условиях различных сценариев. Для территории России использовались климатические данные, рассчитанные с помощью региональной климатической модели Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. Для глобальных оценок расчет был осуществлен по данным климатической модели Института вычислительной математики РАН.

Список использованной литературы:

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024668052 Российская Федерация. Система RANGES: № 2024666887: заявлено 19.07.2024; регистрация 01.08.2024 / Богданович А. Ю., Семенов С. М., Добролюбов Н. Ю.; правообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля». – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ.

Богданович А. Ю., Добролюбов Н. Ю., Крыленко С. В., Баранчиков Ю. Н., Липка О. Н., Семенов С. М. Климатический ареал непарного шелкопряда на территории России, соответствующий климатам конца XX века и XXI века // *Фундаментальная и прикладная климатология*. – 2023. – Т. 9, № 1. – С. 65–88.

Богданович А. Ю., Павлова В. Н., Ранькова Э. Я., Семенов С. М. Влияние изменений засушливости в России в XXI веке на пригодность территорий для возделывания зерновых культур // *Фундаментальная и прикладная климатология*. – 2021. – Т. 7, № 1. – С. 20–35.

Bogdanovich A. Yu., Andreeva A. P., Dobrolyubov N. Yu., Krylenko S. V., Lipka O. N., Semenov S. M. Possible Expansion of the Climatic Range of the Mediterranean Fruit Fly Being a Dangerous Fruit Pest // *Russian Meteorology and Hydrology*. – 2023. – Vol. 48, No. 1 – P. 72–78.

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА
В ПЕРИОДЫ ЯВЛЕНИЙ ЭЛЬ-НИНЬО И ЛА-НИНЬЯ**

Бурундукова О.А., Марчукова О.В.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия
burundukovao@bk.ru

Эль-Ниньо Южное Колебание (ЭНЮК) является одним из режимов климатической изменчивости гидросферы и атмосферы Земли в межгодовом масштабе. Явление имеет естественное природное происхождение и проявляется периодически каждые 2–7 лет в виде климатических аномальных изменений, происходящих по всей планете. ЭНЮК оказывает различное влияние на климат в зависимости от смены фаз Эль-Нинья и Ла-Нинья. Эффект влияния данного феномена наиболее выражен в Южной Америке. Обычно Эль-Ниньо вызывает теплые и очень влажные летние периоды (с декабря по февраль) на северном побережье Перу и в Эквадоре, где часто происходят значительные наводнения. В Индонезии, Филиппинах и северной Австралии режим выпадения осадков снижается, увеличивая вероятность возникновения лесных пожаров. В Северной Америке зимы становятся более теплыми. Эль-Ниньо также приводит к снижению активности атлантических ураганов. Восточная Африка, включая Кению, Танзанию и бассейн Белого Нила, испытывают длительные сезоны дождей с марта по май, южные и центральные регионы Африки с декабря по февраль преследуют засухи.

В недавнем исследовании (Zhong et al., 2024) был сделан вывод, что сокращение площади ледников связано не только с глобальным потеплением, но и с феноменом ЭНЮК. В Антарктике на западе Антарктического полуострова, Земли Росса, морей Беллинсгаузена и Амундсена в годы Эль-Ниньо покрывается большим количеством снега и льда, при этом в целом становится теплее. Последствия недавних повторяющихся явлений Ла-Нинья вызывал значительное потепление от моря Бофорта до Гренландии, что противоположно похолоданию в масштабах всего бассейна и вносит дополнительный вклад в потепление Арктики (Li et al., 2022). Поэтому цель настоящей работы заключается в том, чтобы выявить аномалии температуры воздуха и концентрации льда в Арктическом регионе в периоды Эль-Ниньо и Ла-Нинья с 1950 по 2023 гг. Работа основана на композитном анализе данных о среднемесячных значениях температуры воздуха и сплоченности льда, взятых из реанализа NCEP/NCAR Национального центра прогнозирования окружающей среды США (NOAA) с разрешением $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ с 1950 по 2023 гг.

По результатам анализа составлена оценка взаимосвязи между феноменом ЭНЮК и формированием аномалий температуры воздуха и концентрации льда в Арктическом регионе с исключением воздействия сезонной изменчивости и эффекта глобального потепления за последние 74 года.

Список использованной литературы:

Li J., Mu L., Zhong L. Frequent central Pacific La Niña events may accelerate Arctic warming since the 1980s // *Acta Oceanol.* – 2022. – Vol. 40. – P.62–69. – DOI 10.1007/s13131-021-1843-x.

Zhong W., Shi Q., Yang Q. Wintertime Arctic sea-ice decline related to multi-year La Niña events // *Advances in atmospheric sciences.* – 2024. – Vol. 41. – P.1680–1690. – DOI 10.1007/s00376-024-3194-y.

ОБ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ВОДАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Валле А.А., Полонский А.Б.

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

Как известно Черное море является полузамкнутым распресненным бассейном с уникальной гидролого-гидрохимической структурой. Черное море делится на верхнюю аэробную и нижнюю анаэробную зоны. Верхний слой насыщен кислородом и распреснен. Это в основном является следствием значительного речного стока и вертикального перемешивания. Глубинные воды, напротив, характеризуются повышенной соленостью вследствие их мраморноморского происхождения. В результате вертикальная термохалинная структура черноморских вод очень необычна.

Речной сток выносит в море как распресненные и насыщенные кислородом поверхностные воды, так и воды, загрязненные бытовыми, сельскохозяйственными и промышленными отходами. Последние ухудшают экологическое состояние прибрежных акваторий. К 70-м годам 20-го столетия антропогенная нагрузка выросла до критического уровня, что привело к эвтрофикации вод и гипоксии (дефициту кислорода) на северо-западном шельфе Черного моря (Гидрометеорология..., 1991; Безбородов, Еремеев, 1993; Зайцев и др., 2006).

Целью данной работы является анализ долгопериодной изменчивости концентрации растворенного кислорода в северо-западной части Черного моря в весенний период за ~100-летний период с использованием архивного массива данных и выявить наиболее вероятную причину изменений таких временных масштабов.

Основной результат настоящей работы заключается в следующем. Анализ междесятилетней изменчивости концентрации растворенного кислорода в весенний период в северо-западном шельфе Черного моря, выполненный по архивным данным с 1923 по 2022 гг., позволил сделать следующие выводы. Обнаружено, что в северо-западной части моря в период с 1923 по 1932 гг. наблюдались самые низкие за последние 100 лет концентрации кислорода, растворенного в поверхностном слое вод. В первую очередь это связано с прогревом поверхностных вод в указанный период. Вторичный минимум концентрации растворенного кислорода в северо-западной части моря приходится на 1970 – середину 1980 гг. Основная причина его появления – эвтрофикация вод. В последнее десятилетие 20-го – начале 21-го столетия происходило повышение температуры поверхностного слоя вод, которое способствовало понижению концентрации растворенного кислорода, после чего снова произошла смена направленности климатического тренда. В результате междесятилетняя изменчивость концентрации растворенного кислорода в северо-западной части Черного моря характеризуется квазипериодической изменчивостью с типичным временным масштабом в несколько десятков лет.

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:

Безбородов А. А., Еремеев В. Н. Черное море. Зона взаимодействия аэробных и анаэробных вод. – Севастополь, 1993. – 299 с.

Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 4: Черное море, вып. 1. Гидрометеорологические условия. – СПб, Гидрометеоиздат, 1991. – 469 с.

Зайцев Ю. П., Александров Б. Г., Миничева Г. Г. Северо-западная часть Черного моря: Биология и экология – Киев, Наукова Думка, 2006. – 701 с.

РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Верецагина М.А.

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
vereshaginamaria12@gmail.com

Республика Саха (Якутия) обладает большой площадью (3083,5 тыс. км²), и составляет 18% от общей площади страны. Находясь в зоне резко континентального климата, большая часть региона – это область многолетней мерзлоты, что выражается в специфических особенностях ведения хозяйства республики. Население сконцентрировано в Центральной части региона, долю которого 67% приходится на городские жители (на 2023 год 997,6 тыс. чел.). Температура атмосферного воздуха на территории России за последние 50 лет постепенно повышается в среднем на 0,43°C за десятилетие (Лобанов, 2019). В среднем изменения среднемесячных температур составляют 0,5–1°C за 10 лет. Изменение температуры почвы, увеличение количества лесных пожаров, увеличение или уменьшение уровня воды в реках напрямую зависит от дневной и среднемесячной температуры воздуха и поступления осадков на территории. Несмотря на то, что большая доля продукции сельского хозяйства приходится на животноводство (65%), растениеводство играет важную роль для региона (Рожин, 2006; Даянова, 2018). Посевные площади увеличились на 11%, где 30,5 тыс. га приходится на кормовые культуры для животноводства. Одной из проблем по влиянию изменения климата на сельское хозяйство уменьшение площади посевных площадей, протаивание многолетней мерзлоты и возникновение термокарстовых образований, которое может принести не только материальный ущерб, но нанести вред жизни и здоровью людей.

Земледельческая деятельность в Якутии затрудняется невысоким плодородием мерзлотных почв, короткий вегетационный период, составляющий 65–70 дней. На период 2023 г. велика доля индивидуальных фермерских хозяйств и хозяйств населения в составе агрокомплекса региона и принесло 23 585,2 млн. руб. (71% от всей продукция сельского хозяйства республики). Среди продукции растениеводства лидирует картофель (валовый сбор 2023 г. 72,7 тыс. тонн), для выращивания которого было отведено 6,2 тыс. га пахотных земель. В центральной части Якутии урожайность картофеля местного производства достигает Разработке морозостойких сортов, как зерновых культур, так и картофеля, является первоочередной задачей для региона с суровым климатом. Сдерживающими развитие сельского хозяйства в республике являются неразвитость социально-экономической инфраструктуры (отсутствие развитой дорожной сети, отсутствие надежного и дешевого энергоснабжения, малая степень газификация, водоснабжения), жесткая конкуренция местных товаропроизводителей в аграрном секторе экономики, малая степень государственной поддержки. Исследование выполнено в рамках гранта ВОО «Русское географическое общество» № 17/2024-Р «Молодёжная научная школа «Изменения климата и современные методы исследования».

Список использованной литературы:

Даянова Г. И., Егорова И. К., Баишева А. Ф., Крылова А. Н. Устойчивое развитие сельского хозяйства Республики Саха (Якутия): ретроспективный анализ и точка бифуркации // МСХ. – 2018. – №6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivoe-razvitie-selskogo-hozyaystva-respubliki-saha-yakutiya-retrospektivnyy-analiz-i-tochka-bifurkatsii> (дата обращения: 28.08.2024).

Лобанов В.А., Кириллина К.С. Современные и будущие изменения климата Республики Саха (Якутия). Монография – СПб.: РГГМУ, 2019. – 157 с.

Рожин В. С., Чичигинов В. В. Возделывание зерновых культур в условиях Якутии // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – №5. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdelывanie-zernovykh-kultur-v-usloviyah-yakutii> (дата обращения: 28.08.2024).

**АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА В ОБЛАСТИ
КАНАРСКОГО И ЧИЛИЙСКОГО АПВЕЛЛИНГОВ И ВЛИЯНИЕ СОБЫТИЙ
ЭЛЬ-НИНЬО НА НИХ**

Возная Т.В.¹, Курченко В. М.¹, Полонский А.Б.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

²ФГБНУ «Институт природно-технических исследований», г. Севастополь, Россия

tanya.voznaya.01@mail.ru, apolonsky5@mail.ru

Области Канарского и Чилийского апвеллингов (КА и ЧА) относятся к числу наиболее динамичных и продуктивных регионов Мирового океана с уникальными морскими экосистемами. Основу возобновляемых биологических ресурсов в этих регионах составляют массовые пелагические рыбы, которые являются объектами широкомасштабного промысла. Сезонная и межгодовая изменчивость характеристик поверхностных вод в окрестности указанных апвеллингов неплохо описана, что позволяет развивать различные схемы прогноза интенсивности подъема вод и связанных с ним аномалий температуры поверхности океана (ТПО), что чрезвычайно важно для решения ряда прикладных задач (Малинин и др., 2002; Полонский, Серебренников, 2020). Вместе с тем, остаются недостаточно хорошо изученными причинно-следственные связи, регулирующие межгодовую изменчивость характеристик поверхностных вод в области КА и ЧА. В частности, плохо изучено влияние событий Эль-Ниньо-Ла Ниньо (ЭН-ЛН) на эту изменчивость.

Целью данной работы является оценка влияния событий ЭН-ЛН на аномалии ТПО в районе КА и ЧА с использованием спутниковых данных. В работе использовались ежедневные данные о ТПО северо-восточной части Северной Атлантики, ограниченной координатами 15–30° с. ш. и 10–26° з. д., и юго-восточной части Тихого океана, ограниченной 20–60° ю. ш. и 70–90° з. д., за 40-летний период (с 1982 по 2022 гг.). Эти данные находятся в открытом доступе на сайте «Copernicus» в разделе OSTIA (GlobalOcean OSTIA Sea Surface Temperature and Sea Ice). Использовался набор данных SST_GLO_SST_L4_REP_OBSERVATIONS_010_011 с уровнем обработки L4 с разрешением 0,05°×0,05°. Данные об индексе ЭН, рассчитанном по ТПО в стандартном районе Nino3 за указанный 40-летний период, доступны на сайте NOAA. При анализе использовались стандартные статистические методы обработки временных рядов. Показано, что межгодовая изменчивость ТПО и в КА, и в ЧА значимо коррелирует с индексом ЭН. В среднем по всей апвеллинговой зоне максимальный коэффициент корреляции между этими характеристиками отмечается в области ЧА, где он достигает почти 0,4. Для ТПО в области КА соответствующий коэффициент корреляции примерно вдвое меньше. Однако, этот коэффициент корреляции сильно варьирует от одних частей КА и ЧА к другим и для различных временных отрезков продолжительностью в десятки лет. Полученные результаты подтверждают нестационарность анализируемых временных рядов и свидетельствуют о важности учета типа событий ЭН-ЛН при анализе причинно-следственных связей между изучаемыми явлениями.

Список использованной литературы:

Малинин В. Н., Чернышков П. П., Гордеева С. М. Канарский апвеллинг: крупномасштабная изменчивость и прогноз температуры воды. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 156 с.

Полонский А. Б., Серебренников А. Н. Интенсификация восточных пограничных апвеллинговых систем в Атлантическом и Тихом океанах // Метеорология и гидрология. – 2020. – № 5. – С. 86–95.

ТЕНДЕНЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМОХАЛИННЫХ УСЛОВИЙ В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ

Воронцов А.А., Булыгин А.М., Нефедова Г.И.
ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» г. Обнинск, Россия
vorv10921@gmail.com

Глобальное потепление последних 40–50 лет заставляет более тщательно проводить исследования изменений режима моря и его прибрежных территорий, особенно в части выявления основных проблемных процессов, мониторинг которых должен осуществляться с особым вниманием.

Справедливости ради, следует отметить, что гидрометеорологические условия Черного и Азовского морей были исследованы достаточно подробно в прежние годы. Однако, современное глобальное потепление оказывает существенное влияние на полученные ранее оценки и время от времени необходимо их корректировать.

В работе представлены результаты современного состояния гидрологического режима (температура и соленость морской воды). Основой полученных результатов и выводов служат в основном наблюдения, выполненные в период 1977–2023 гг. (Бюллетень..., 2022; Бюллетень..., 2023; Бюллетень..., 2024), с привлечением данных за более продолжительный период по ряду станций на побережье Азовского (Керчь, Таганрог, Ейск, Темрюк, Тамань) и Черного (крымские станции: Черноморское, Севастополь, Ялта, Феодосия, станции побережья Кубани: Анапа, Новороссийск, Геленджик, Туапсе, Сочи) морей.

На основе анализа полученных результатов сформулированы основные выводы о текущем состоянии температуры и солености воды в прибрежных районах морей.

В целом, термохалинный режим прибрежных вод Черного и Азовского морей в течение последних десятилетий следует современным климатическим изменениям. Потепление климата – это основная тенденция изменений на протяжении последних десятилетий.

По результатам расчетов по данным наблюдений на станциях в прибрежных районах Черного и Азовского морей за последние 40 лет определены тенденции увеличения значений температуры воды, как в летний, так и в зимний сезон (летом коэффициент линейного уравнения тренда составляет в среднем 0,07, а зимой – 0,03).

В целом, тренды температуры воды за последние десятилетия положительны практически на всех станциях Азово-Черноморского бассейна.

В изменчивости солености Черного моря (Булыгин и др., 2023) очевиден ее рост, начиная с 2008 года. Средний коэффициент линейного тренда солености по данным прибрежных станций изменяется от 0,02 до 0,05. В изменчивости солености Азовского моря (Бердников и др., 2022) очевиден рост солености, начиная с 2003 года. Средний коэффициент линейного тренда солености по данным прибрежных станций близок к 0,2.

В целом, тренды солености морской воды за последние десятилетия положительны на всех станциях Азово-Черноморского бассейна.

Список использованной литературы:

Бердников С. В., Дашкевич Л. В., Кулыгин В. В. Новое состояние гидрологического режима Азовского моря в XXI веке // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2022. – Т. 503, № 1. – С. 65–70.

Булыгин А. М., Грузинов В. М., Воронцов А. А., Дьяков Н. Н., Проценко С. А. Новая география Чёрного моря. – Обнинск: Артифлекс, 2023. – 208 с.

Бюллетень гидрометеорологического состояния Черного и Азовского морей в 2021 году. Под ред. проф. Грузинова В. М. – Ижевск: ООО «Принт», 2022. – 268 с.

Бюллетень гидрометеорологического состояния Черного и Азовского морей в 2022 году. Под ред. проф. Грузинова В. М. – Ижевск: ООО «Принт», 2023. – 198 с.

Бюллетень гидрометеорологического состояния Черного и Азовского морей в 2023 году. Под ред. Булыгина А. М., 2024.

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЮЖНОЙ ЧАСТИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО МОРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, СЗ ЯПОНСКОГО МОРЯ)

Гайко Л.А.^{1,2}

¹ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия

²ФГБОУ ВО Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный
университет, г. Владивосток, Россия
gayko@yandex.ru

Дальневосточный морской заповедник (ДВМЗ) в заливе Петра Великого Японского моря был создан 24 марта 1978 г. За заповедником закреплены четыре района с разным режимом охраны: Южный, Западный, Восточный и Северный (рис. 1). В работе рассмотрена межгодовая изменчивость температуры воды и воздуха в южной части ДВМЗ (I, II и III участки) по данным наблюдений на гидрометеорологической станции (ГМС) Посыет Государственной сети гидрометеорологической службы за период 1931–2022 гг. (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема Дальневосточного государственного морского заповедника и его участки:

I – Южный; II – Западный; III – Восточный; IV – Северный, и \triangle ГМС Посыет

Климат Приморского края относится к муссонному типу климата умеренных широт с хорошо выраженными сезонами года. Изучение особенностей термического режима района было проведено как с помощью регрессионного анализа, так и путём сравнения параметров с эталоном – климатической нормой (температура, осреднённая за 30 лет).

Для исследования были построены графики временного хода температуры воды TW и воздуха TA, и с помощью регрессионного анализа за период наблюдений по ГМС Посыет для обоих параметров был выявлен линейный тренд с достоверной вероятностью 95%. При этом скорость приращения среднегодовой температуры воды и воздуха составила 0,10° и 0,20°С /10 лет соответственно. Далее для обеих сред по среднегодовым значениям были рассчитаны три 30-летние климатические нормы: I (средняя за период 1931–1960), II (за 1961–1990) и III (за 1991–2020 гг.) (табл. 1). Величина III-й нормы для температуры и воды, и воздуха выросла, по сравнению с I-й.

Таблица 1 – Среднегодовые нормы TW и TA за 1931–1960 (I), 1961–1990 (II) и 1991–2020 гг. (III)

ГМС	Температура воды, °С			Температура воздуха, °С		
	I	II	III	I	II	III
Посыет	8,9	8,9	9,5	6,0	6,5	6,8

Таким образом, можно отметить, что в южной части ДВМЗ за рассматриваемый период произошло увеличение температурного фона, что подтверждается как выявленным положительным линейным трендом в ходе температуры и воды, и воздуха, так и ростом температуры от I-й климатической нормы к III-й.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ДАННЫХ РЕ-АНАЛИЗА CMEMS BS-BIOGEOCHEMISTRY В ВОСПРОИЗВЕДЕНИИ ТРЕНДОВ ВЕЛИЧИНЫ pH В ЧЕРНОМ МОРЕ

Гребнева Е.А., Полонский А.Б.

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

Lenagrebneva12@gmail.com

Параметр pH является важнейшим индикатором морской экосистемы, поскольку он оказывает заметное влияние на биологические процессы и химические реакции в водной среде. В последние годы исследования, касающиеся pH, акцентируются на изучении глобальных долгосрочных тенденций, особенно в верхних слоях океана. Это связано с повышением океанической кислотности. Поглощение избыточного количества углекислого газа (CO_2) из атмосферы приводит к снижению pH (окислению) вод океана, что является серьезной угрозой для морских экосистем. Черное море, как и другие моря и океаны, подвергается антропогенному воздействию, связанному с увеличением содержания CO_2 в атмосфере. Недостаточное количество доступных региональных данных наблюдений является серьезной проблемой для оценки значимых климатических трендов pH в водах Черного моря. В связи с этим привлечен дополнительный источник данных о величине pH. Это данные ре-анализа CMEMS BS-Biogeochemistry (Grégoire, Vandenbulcke, 2020). В нем величина pH является расчетной переменной, полученной с использованием биогеохимического блока модели BAMHBI (Grégoire, Soetaert, 2010; Capet et al., 2016). Для оценки точности модельных данных по величине pH и их применимости для дальнейшего анализа трендов величины pH была выполнена верификация этих данных с использованием результатов прямых измерений величины pH, полученных в ходе экспедиционных исследований в Черном море в 2019–2020 гг.

Для работы использованы данные экспедиций, которые выполнялись в различные сезоны года. Период первой экспедиции – с 18 апреля по 13 мая 2019 г., второй – с 06 по 30 декабря 2019 г. и третьей – с 15 сентября по 10 октября 2020 г. Проводилось сравнение среднесуточных значений pH в отдельных узлах регулярной сетки, анализировалась согласованность пространственной структуры полей водородного показателя, построенных по разным типам данных, выполнялся корреляционный анализ.

Показано, что пространственно-временная изменчивость среднесуточных величин pH, оцененная по экспериментальным и расчетным данным, демонстрирует высокую степень согласованности. Соответствующие коэффициенты корреляции изменяются в разные месяцы от 0,75 до 0,91. При анализе разности среднесуточных величин pH в узлах регулярной сетки, рассчитанной по двум типам данных, обнаружено значимое завышение измеренных значений pH в период с 18 по 28 апреля 2019 г. Вероятная причина выявленной систематической погрешности заключается в методической ошибке, допущенной в процессе измерения величины pH.

Список использованной литературы:

Grégoire M., Vandenbulcke L., Capet A. Black Sea Biogeochemical Reanalysis (CMEMS BS-Biogeochemistry) (Version 1) [Data set]. Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS). – 2020. – DOI 10.25423/CMCC/BLKSEA_REANALYSIS_BIO_007_005_BAMHBI (access date: 13.01.2024).

Grégoire M., Soetaert K. Carbon, nitrogen, oxygen and sulfide budgets in the Black Sea: A biogeochemical model of the whole water column coupling the oxic and anoxic parts // Ecological Modelling. – 2010. – Vol. 221, No. 19. – P. 2287–2301.

Capet A. et al. Integrating sediment biogeochemistry into 3D oceanic models: A study of benthic-pelagic coupling in the Black Sea // Ocean Modelling. – 2016. – Vol. 101. – P. 83–100.

О ПРИМЕНЕНИИ ТЕОРИИ ХАССЕЛЬМАННА ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ПРОГНОЗОВ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА

Добровольский С.Г.¹, Юшков В.П.^{1,2}, Соломонова И.В.¹

¹ФГБУН Институт водных проблем РАН (ИВП РАН), г. Москва, Россия

²Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, физический факультет, г. Москва, Россия
sgdo@bk.ru

Ряды годовых значений средней глобальной температуры воздуха (1850–2014 гг.), полученные на 35 моделях «исторической» части проекта СМIP-6, проанализированы с учетом стохастической теории моделей климата К. Хассельманна (Hasselmann, 1976; Dobrovolski, 2000). Показано, что практически для всех моделей как ряды в целом, так и отдельные их сегменты – вплоть до последних десятилетий – удовлетворительно описываются моделью дискретного винеровского процесса, что находится в соответствии с указанной теорией. Сгенерированные на моделях проекта СМIP-6 изменения глобальных температур на протяжении последних 4–5 деkad описываются суммой дискретного винеровского процесса и статистически значимого детерминированного монотонного тренда – очевидно, антропогенного происхождения. В соответствии с моделью дискретного винеровского процесса и значением ее основного параметра, дисперсии годовых приращений глобальной температуры, построен прогноз температур на перспективу до 2100 г. На рис. 1 показана сумма указанного прогноза и прогноза IPCC по «среднему» сценарию эмиссии парниковых газов.

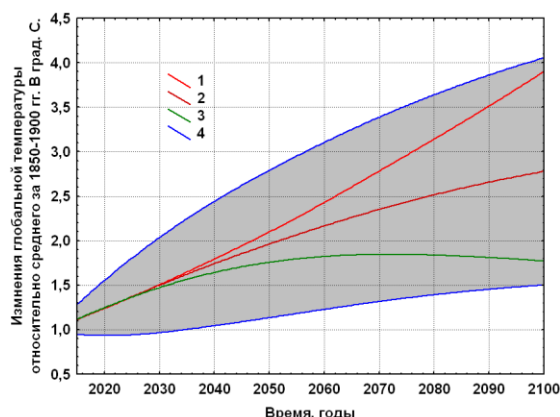


Рисунок 1 – Прогнозы глобальной температуры МГЭИК (AR6..., 2023): «максимальный» (1), «средний» (2), «минимальный» (3). Среднеквадратичные значения отклонений от «среднего» прогноза по IPCC, рассчитанные авторами на основе анализа результатов проекта СМIP-6 и с учетом теории К.Хассельманна – (4)

Из рисунка видно, что диапазон неопределенности прогноза авторов (вследствие естественных изменений климата, описываемых теорией Хассельманна), существенно превышает диапазон неопределенности из-за расхождений между сценариями эмиссии парниковых газов и должен, следовательно, учитываться в дальнейших исследованиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке темы № FMWZ-2022-0001 Государственного задания ИВП РАН.

Список использованной литературы:

Dobrovolski S.G. Stochastic climate theory. Models and applications. – Heidelberg et al.: Springer, 2000. – 282 p.

Hasselmann K. Stochastic climate models. Part I. Theory // Tellus. – 1976. – Vol. 28. – P. 481–497.

AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023 // IPCC: website. – URL: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle> (access date: 24.04.2024).

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ ГОДОВОГО ХОДА СРЕДНЕМЕСЯЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ПРИПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ

Добролюбов Н.Ю., Семенов С.М.

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

ФГБУН «Институт географии Российской академии наук», г. Москва, Россия
dobronik@yandex.ru

Получены оценки трендов отклонений среднемесячных значений температуры от среднегодового значения для климатического периода 1981–2010 гг. Расчеты производились глобально в узлах пространственной сетки $1^\circ \times 1^\circ$ на основе данных реанализа NOAA-CIRES-DOE 20th Century Reanalysis V3. Выявлены локации, в которых тренды статистически значимы.

Для исследования применена аддитивная статистическая модель, описывающая как направленное, так и случайное изменение среднегодовой температуры и отклонений среднемесячных температур от среднегодового значения. Значение среднемесячной температуры $X_{i,j}$ представлено в виде:

$$X_{i,j} = (a + \alpha t_i) + \xi_i + (b_j + \beta_j t_i) + \eta_{i,j} \quad ,$$

где i – порядковый номер года t_i в рассматриваемом временном промежутке; j – порядковый номер месяца, в календарном году; $(a + \alpha t_i)$ – математическое ожидание значения среднегодовой температуры в год t_i ; ξ_i – реализация центрированной случайной величины, моделирующей её ненаправленную изменчивость; $(b_j + \beta_j t_i)$ – математическое ожидание систематического отклонения в год t_i среднемесячного значения температуры j -го месяца ($1 \leq j \leq J = 12$) от математического ожидания среднегодового значения (параметр годового хода); $\eta_{i,j}$ – реализация центрированной случайной величины η_j , моделирующей его ненаправленную изменчивость. Параметр α описывает тренд среднегодовой температуры, а параметры β_j – тренды параметров годового хода, исследование которых и является целью работы.

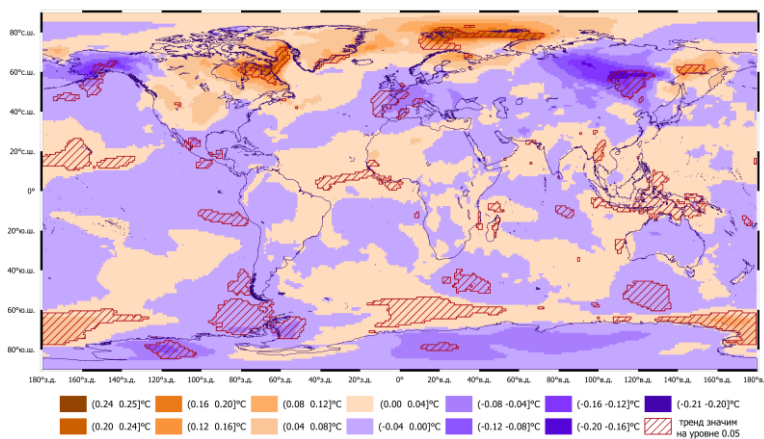


Рисунок 1 – Пространственное распределение параметра β_{12} (декабрь); области, где тренд статистически значим, отмечены штриховкой

Список использованной литературы:

Монин А. С., Шишков Ю. А. Климат как проблема физики // Успехи физических наук. – 2000. – Т. 170, № 4. – С. 419–445.

Семенов С., Добролюбов Н. Классификация точек земной поверхности, основанная на свойствах годового хода переменных, характеризующих состояние приповерхностного слоя // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2024. – № 10(1). – С. 93–108. DOI 10.21513/2410-8758-2024-1-93-108.

**ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ШТОРМЫ В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ В
КОНТЕКСТЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕТРО-ВОЛНОВЫХ
АНОМАЛИЙ В РЕГИОНЕ**

Евстигнеев В.П.¹, Наумова В.А.², Воронцов А.А.³

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

²ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

³ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», г. Обнинск, Россия

vald_e@rambler.ru

Штормовое волнение на море является главным фактором негативного влияния на прибрежную инфраструктуру, которое приводит к нарушению деятельности морских портов, эрозии береговой линии и разрушению прибрежных гидротехнических сооружений. Изучение штормов имеет критическое значение для разработки мер по смягчению их воздействия, а исследование закономерностей многолетней изменчивости характеристик волнения позволяет адаптировать планы развития приморских регионов с учетом наблюдаемых климатических тенденций.

В течение последних десятилетий Черноморский регион пережил несколько интенсивных штормов, приведших к значительным экономическому, материальному и экологическому ущербу. Последнее событие такого рода произошло в 25–27 ноября 2023 года, повлекшее существенные разрушения на южном берегу Крыма и Кавказском побережье Черного моря. В ранних работах (Polosky et al., 2014) была выявлена мультидекадная изменчивость ветро-волновых аномалий в северной части Черного моря, являющаяся проявлением крупномасштабных процессов в система «океан-атмосферы». В настоящей работе выполнена ревизия результатов предыдущих исследований на основе более длительного периода наблюдений 1954–2023 год и с включением данных по Кавказскому побережью. Установлено, что шторм в ноябре 2023 года не относится к числу самых экстремальных штормов в регионе. Выполнен анализ характеристик волнения и синоптической ситуации 10 наиболее экстремальных штормов (критерий экстремальности – наблюдаемое превышение штормовых высот волн 6 м) за 70-ти летний период наблюдений. Даны рекомендации по учету нестационарности ветро-волнового климата в регионе при климатологическом обеспечении инженерных изысканий в прибрежной зоне.

Список использованной литературы:

Polonsky A., Evstigneev V., Naumova V., Voskresenskaya E. Low-frequency variability of storms in the northern Black Sea and associated processes in the ocean-atmosphere system // Reg. Environ. Change. –2014. – Vol.14, No.5. – P.1861–1871. – DOI 10.1007/s10113-013-0546-z.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА МЕЗОМАШТАБНОЙ МОДЕЛИ WRF С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ

Егоркин А.А., Журавский В.Ю.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
egorkin1974@yandex.ru

Целью настоящей работы был ретроспективный анализ модели WRF (Skamarock et al., 2008) с различными схемами микрофизики подстилающей поверхности (Chen, Dudhia, 2001) и влияние этих схем параметризации на результаты моделирования основных климатических параметров.

В качестве входных данных использовался реанализ ERA-5 за 2023 год. Модель была настроена с пространственным разрешением 30x30 км. В качестве данных для сравнения использовались станционные данные RP5 по г. Севастополь и Херсонесскому маяку. Результаты статистического сравнения между данными станционного наблюдения по температуре и данными результата моделирования WRF представлены на таблице 1:

Таблица 1 – Статистическое сравнение между станционными данными RP5 и результатом моделирования WRF по температуре с учетом различных схем микрофизики

Севастополь					Херсонесский маяк			
Параметры физики планетарного пограничного слоя	mae	rmse	r2	correl	mae	rmse	r2	correl
Yonsei University Scheme (YSU)	1,3	1,68	0,95	0,98	1,23	1,64	0,95	0,98
Mellor–Yamada–Janjic Scheme (MYJ)	1,43	1,82	0,95	0,98	1,51	1,97	0,93	0,97
NCEP Global Forecast System Scheme	1,56	2,02	0,93	0,98	1,23	1,63	0,95	0,98
Quasi–normal Scale Elimination (QNSE) Scheme	1,33	1,68	0,95	0,98	1,6	2,1	0,92	0,96
Mellor–Yamada Nakanishi Niino (MYNN) Level 2.5	1,39	1,78	0,95	0,98	1,23	1,64	0,95	0,98
Mellor–Yamada Nakanishi Niino (MYNN) Level 2.5 and Level 3	1,36	1,75	0,95	0,98	1,23	1,64	0,95	0,98
Asymmetric Convection Model 2 Scheme (ACM2)	1,66	2,14	0,92	0,97	1,22	1,61	0,95	0,98
Bougeault–Lacarrere Scheme (BouLac)	1,35	1,76	0,95	0,98	1,23	1,64	0,95	0,98

Список использованной литературы

Chen F., Dudhia J. Coupling an Advanced Land Surface-Hydrology Model with the Weather Research and Forecasting Model // Geophysical Research Letters. – 2001. – Vol. 28(1). – P. 251–254.

Skamarock W. C., Klemp J. B., Dudhia J., Gill D. O., Barker D.M., Duda M. G., Huang X.-Y., Wang W., Powers J. G. A Description of the Advanced Research WRF Version 3. – University Corporation for Atmospheric Research, 2008. – 113 p. – DOI 10.5065/D68S4MVH.

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОЛНИЕВОЙ
АКТИВНОСТИ В РЕГИОНАХ АРКТИКИ**

Жаринова Э.А., Нечепуренко О.Е., Пустовалов К.Н.

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия
zharinova.ella@mail.ru

Опасные природные явления, особенно конвективного генезиса, являются предметом пристального изучения научных коллективов многих стран мира. Одним из таких явлений представляется молния.

В виду изменения физических и циркуляционных процессов над Арктикой, многими исследователями было отмечено увеличение молниевой активности в данном регионе (Иннокентьев, 2019; Тарабукина, 2021).

Исходя из этого, целью данной работы являлась оценка пространственно-временной вариации молниевых разрядов в Арктическом секторе РФ по данным Всемирной сети локализации молниевых разрядов (WWLLN) и сети метеорологических наблюдений (ВНИИГМИ-МЦД) за 2016–2021 гг.

Для изучения пространственного распределения молниевых разрядов в качестве исходных материалов были использованы базы данных ЕСИМО (<http://esimo.ru/portal/>) и ВНИИГМИ-МЦД со срочными наблюдениями атмосферных явлений, наблюдавшимися на отдельных станциях (20 метеостанций) и ежедневные данные о количестве разрядов молнии в землю, зарегистрированные грозопеленгационной системой WWLLN (6 датчиков).

Для исследования была рассмотрена территория Арктического сектора РФ с диапазоном координат: 60–85° с. ш., 30–170° в. д. Для анализа была выбрана территория не только суши, но и прилегающая к ней береговая линия, а также морская территория Северного Ледовитого океана.

Суммарное количество молниевых разрядов в год варьируется от 1255 (2018 г.) до 3143 (2021 г.). Можно предположить, что при увеличении периода наблюдений годовая изменчивость молниевых разрядов будет иметь цикличность, обусловленную солнечной активностью с длительностью около 11 лет.

Наиболее часто грозы фиксировались в летний сезон года (июнь, июль, август) однако на отдельных станциях зарегистрированы грозы в холодный период. Сезонная изменчивость количества дней с грозой в Арктическом секторе РФ обуславливается прогревом суши и океана, близостью метеостанций к территориям прохождения океанических течений (Гольфстрим), а также физико-географическими особенностями отдельных станций.

Датчики WWLLN в среднем по всем станциям фиксируют 63% от общего числа дней с грозой, это согласовывается с данными наблюдателей.

В Арктическом секторе РФ единичные разряды составляют 24% от общего количества случаев. Это показывает, что грозопеленгационная система датчиков WWLLN позволяет фиксировать короткоимпульсные разряды и пригодна в качестве дополнительного источника информации о грозах слабой интенсивности в Северных широтах.

Список использованной литературы:

Иннокентьев Д. Е., Тарабукина Л. Д., Козлов В. И. Оценка параметров молний в течение развития грозы в Якутии // Распространение радиоволн: труды XXVI Всероссийской открытой научной конференции. II Том. – 2019. – С. 592–595.

Тарабукина Л. Д., Козлов В. И., Иннокентьев Д. Е. Анализ 11-летней динамики пространственного распределения плотности молний в Северной Азии // Вест. КРАУНЦ. Физ.-мат. Науки. – 2021. – №1. – С.159–173.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ С ОСОБЕННОСТЯМИ ВО ВРАЩЕНИИ ЗЕМЛИ

Зотов Л.В.^{1,2}, Сидоренков Н.С.³

¹ГАИШ МГУ, г. Москва, Россия

²МИЭМ НИУ ВШЭ, г. Москва, Россия

³ФГБУ «Гидрометцентр России», г. Москва, Россия

В 2024 г ускорение вращения Земли, продолжающееся с 2016 года, побило предыдущие максимумы. Чандлеровское движение полюса (ЧДП) после затухания в 2019–2021 гг. возобновилось со сменой фазы на 180° . Такое наблюдалось около 90 лет назад. Частично это обусловлено циркуляцией океана, в частности Атлантического. Еще в монографии Ламбека (Lambeck, 1980) в 1980 г. было отмечено сходство графиков температуры на планете T и длительности суток (LOD) в XX веке. Если вычесть тренды глобального потепления (параболу) из данных GMST HadCRUT 5, рис.1, вверху, становится заметно, что остаточные аномалии, относимые к Атлантической многолетней осцилляции (АМО), имеют сходство со скоростью вращения Земли (показанной инвертированной кривой LOD, рис. 1, внизу): в 1930-е гг. наблюдался максимум, в 970-е – минимум, и в наше время – снова максимум. Если существует не вполне объясненная до сих пор взаимосвязь аномалий во вращении Земли и температуры на планете, то можно ожидать, что, если вращение Земли после 2024 г. начнет замедляться, на спад пойдет также и АМО.

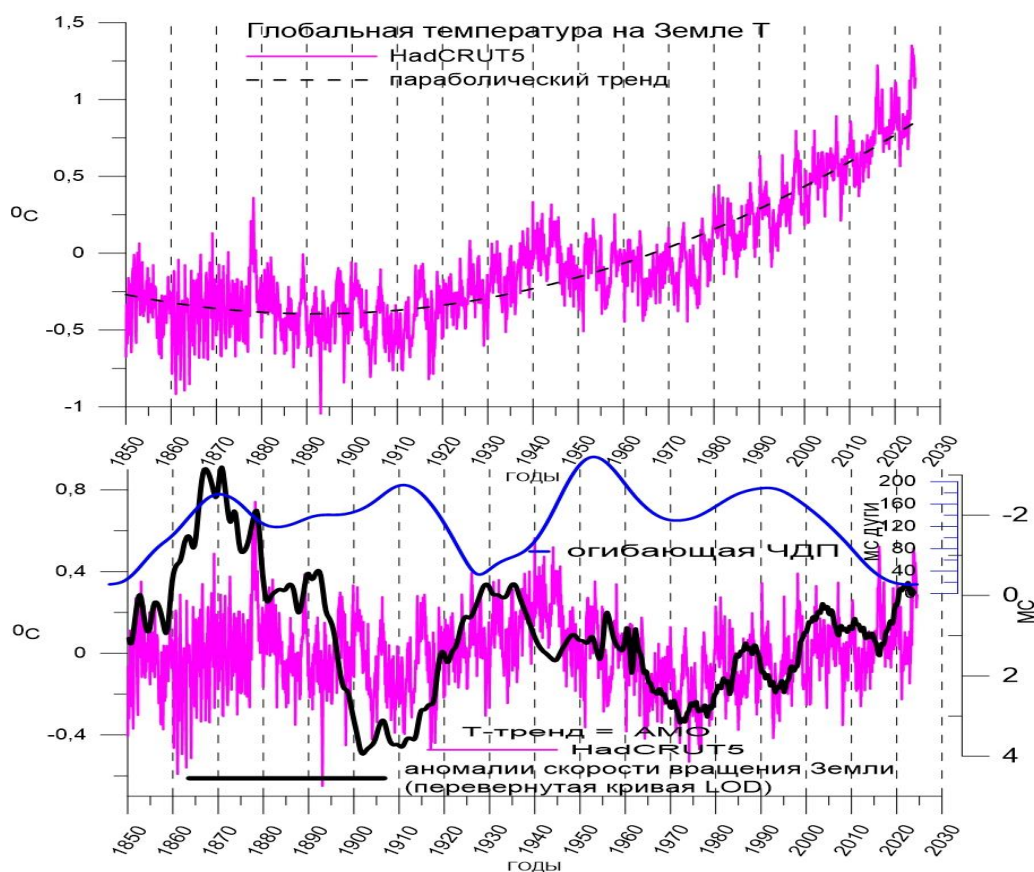


Рисунок 1 – Реконструкция GMST (глобальной средней температуры над поверхностью океана и суши) центра Hadley (вверху). То же после снятия тренда (АМО) в сравнении с перевернутой кривой LOD и амплитудой ЧДП (внизу)

Список использованной литературы:

Зотов Л. В. Вращение Земли и климатические процессы. – М.: НИУ ВШЭ, 2022. – 306 с.
Lambeck K. The Earth's variable rotation. – Cambridge Univ. Press, 1980. – 460 p.

**ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ
ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В КРЫМУ**

Капустин А.В., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С.

Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия
kaps4000@mail.ru

На основе алгоритма поиска точек бифуркации во временных рядах приземной среднегодовой температуры воздуха проанализирована тенденция ее изменения за период 1971–2023 гг. в двух городах Крымского полуострова: Симферополь и Ялта. Полученные результаты сравниваются с аналогичными данными для Керчи. Применение алгоритма к временным рядам среднегодовых значений температуры позволило обнаружить моменты смены скорости роста температуры.

Для оценки тенденции изменения среднегодовой температуры воздуха на Крымском полуострове (Симферополь и Ялта) и в городе Керчь за период 1971–2023 гг. можно применить полиномиальные временные тренды разных степеней: от 1 до 3 степени.

При использовании в качестве временного тренда полиномов первой степени показывает приблизительно одинаковую скорость роста температуры. Однако использование полиномов 3-ей степени показывает, что на разных участках временного ряда поведение температуры заметно отличается: с приблизительно 1993 г. происходит заметный рост скорости увеличения среднегодовой температуры воздуха. Такая особенность временной изменчивости среднегодовой температуры воздуха указывает на необходимость более подробного ее изучения. Далее это будет сделано с использованием методики, изложенной в приведенных ниже работах (Восканян, 2021; Кузнецов, 2019; Кузнецов, 2019).

В основе использованного алгоритма лежит определение положения точки бифуркации на основе сравнения между собой соседних отрезков временного ряда и их математической модели. В качестве таких моделей могут использоваться полиномы разных степеней (начиная с нулевой). При таком способе каждая степень полинома определяет геометрическую форму отрезков временного ряда от одной точки бифуркации до другой. В данной работе используются полиномы от 1-й до 3-ей степени.

Анализируя полученные результаты можно констатировать, что смена характера потепления в обоих случаях приходится на 1984 год. Однако если скорость роста среднегодовой температуры в Ялте практически не изменилась, то для Симферополя и Керчи она после 1984 года стала заметно выше. Интересно, что алгоритм нашел момент смены трендов в 1984 году, что близко к 1979 году – к моменту начала потепления, которое развивалось практически на всем северном полушарии (Малинин, 2018).

Список использованной литературы:

Восканян К. Л., Иванова Т. И., Кузнецов А. Д., Никитина В. С., Сероухова О. С., Симакина Т. Е. Оценка климатической стабильности в северной части европейской территории РФ // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Дни Арктики в Санкт-Петербурге-2021: Международное сотрудничество в эпоху изменения климата», Санкт-Петербург, 25–26 ноября 2021 г.

Кузнецов А. Д., Сероухова О. С., Симакина Т. Е. Влияние метрик на определение точек бифуркации во временных рядах метеорологических величин // Гидрометеорология и экология (Ученые записки РГГМУ). – СПб: изд-во РГГМУ, 2019. – № 59. – С. 28–42.

Кузнецов А. Д., Саенко А. Г., Сероухова О. С., Симакина Т. Е. Алгоритмы поиска момента смены тренда во временных рядах метеорологических величин // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Прикладная математика». – 2019. – № 3. – С. 74–89.

Малинин В. Н. О причинах первого потепления Арктики в XX столетии / В. Н. Малинин, П. А. Вайновский // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2018. – № 53. – С. 34–55.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ В 21-СТОЛЕТИИ

Касландзия Н.Д.¹, Ахсалба А.К.²

¹Абхазский Государственный Университет, г. Сухум, Республика Абхазия

²Институт экологии Академии Наук Абхазии, г. Сухум, Республика Абхазия

nestikkas@mail.ru, asida_cen@mail.ru

В свете происходящих глобальных изменений территория любого региона подвержена комплексному воздействию десятков опасных природных явлений, развитие и негативное проявление которых в виде катастроф и стихийных бедствий ежегодно наносит огромный материальный ущерб и приводит к человеческим жертвам (Ахсалба и др., 2019). В исследуемых регионах в настоящее время главными опасными явлениями считают очень высокие температуры воздуха, усиление ветрового режима и экстремальные значения атмосферных осадков (Экба и др., 2021а, Экба и др., 2021б). В результате проведенного исследования на современных данных метеорологических наблюдений рассмотрена пространственно-временная изменчивость влажностного режима на территории Абхазии. Выявлено, что в исследуемом регионе, продолжительность экстремальных явлений с положительными аномалиями экстремальных явлений растет. Так распределение многолетней среднегодовых сумм осадков имеет положительный тренд. Максимальная годовая сумма осадков выпало в 2016 г., составило 3493 мм. Относительно периода 1991–2023 гг. годовые суммы осадков за рассматриваемый период увеличились более 300 мм. В приморской зоне Абхазии в летние месяцы выявлена большая изменчивость осадков при весьма ограниченном их количестве приводит к возникновению засухи, когда число дней без осадков составляет 25–27 дней, вследствие, чего создаются неблагоприятные условия для нормального развития растений, а урожай полевых культур снижается или гибнет. В последние десятилетия на Черноморском побережье наблюдается усиления западного переноса и связанного с ним увеличения количества осадков (прежде всего в весенний и осенний периоды), следствием чего является усиление паводков на реках, наводнения и активизация склоновых процессов в указанные сезоны года.

Список использованной литературы:

Ахсалба А. К., Евстигнеев В. П., Экба Я. А. Статистический расчет экстремальных характеристик режима осадков на побережье Абхазии и Краснодарского края // «Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий»: Материалы V Междунар. науч.-практ. конф., 20–24 мая 2019 г., Республика Адыгея, г. Майкоп. Часть 1. – Майкоп: Изд-во «ИП Кучеренко В.О.», 2019. – С.56–62.

Экба Я. А., Ахсалба А. К., Марандиди С. И., Корсантия А. З. Трансформация атмосферных осадков на территории Абхазии в связи с региональным потеплением климата. Материалы Всероссийской открытой конференция по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. – Нальчик, «Принт Центр», 2021а. – С. 460–464.

Экба Я. А., Ахсалба А. К., Хинтуба Л. В. Глобальные и региональные (Абхазия) проявления парникового эффекта в атмосфере и на поверхности Земли // Материалы XI всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа». – М.: ИИЕТ РАН, 2021б. – Том XI. – С 493–498.

АНАЛИЗ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КАК ФАКТОРА ПИРОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Кузнецова В.П.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, Россия
ver597@yandex.ru

Современное изменение климата способно приводить к усилению пирогенной опасности и неблагоприятным экологическим последствиям природной среды. Очевидна необходимость оценки физико-географических факторов природных пожаров на юге Западной Сибири (на примере юга Тюменской области) в изменяющихся климатических условиях.

В докладе будут изложены результаты анализа многолетнего хода среднегодовой температуры воздуха, суммы атмосферных осадков, относительной влажности воздуха и высоты снежного покрова по метеостанциям г. Тюмень, г. Ишим за 1988–2023 гг. (ВНИИГМИ – МЦД). Полученные результаты позволяют определить особенности климатических и погодных условий юга Тюменской области, что необходимо учитывать при исследовании пирогенной опасности. Анализ многолетних рядов температуры воздуха свидетельствует о тенденции повышения средней годовой температуры воздуха в период за 1988–2023 гг. на территории юга Тюменской области. Наблюдается тенденция уменьшения суммы годовых осадков (рисунок 1, 2).

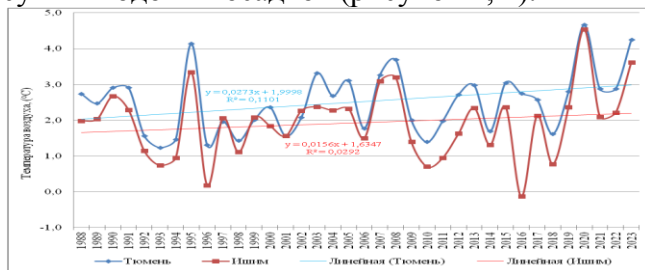


Рисунок 1 – Среднегодовая температура воздуха (°C) за 1988–2023 гг.

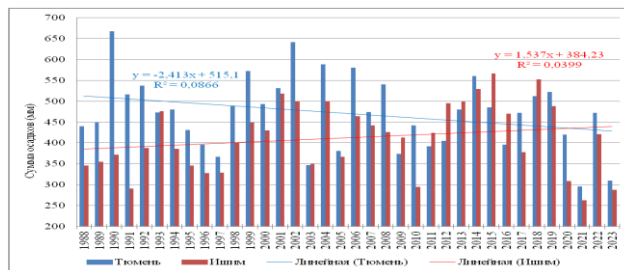


Рисунок 2 – Количество осадков (мм) за 1988–2023 гг.

За исследуемый многолетний период можно наблюдать тенденцию уменьшения средней высоты снежного покрова. В ходе анализа физико-географических факторов пирогенной опасности, вычислены значения гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова за пожароопасный период с апреля по октябрь 2021 и 2023 гг. по данным метеорологических станций г. Тюмень и г. Ишим (<https://rp5.ru/>). Аномально теплая погода без осадков в мае и недобор осадков в июне месяце на фоне высоких температур воздуха привели к повышению класса пожарной опасности в лесах. Сложные условия с пожарами также обусловлены периодами аномально жаркой погоды (Доклады..., 2021, 2023).

Согласно материалам докладов об экологической ситуации в Тюменской области, грозы являются одной из причин возникновения природных пожаров. В ходе исследования произведен анализ количества дней с грозами по данным архивов погоды метеостанций Тюмень и Ишим за 2005–2023 гг. (<https://rp5.ru/>). Выявлено, что период дней с грозами на юге Тюменской области длится с апреля по сентябрь. Проведен территориальный анализ количества, площадей лесных пожаров и продолжительность пожароопасных сезонов за несколько последних лет.

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

Список использованной литературы:

Доклады об экологической ситуации в Тюменской области в 2021, 2023 годах. – URL: https://admttyumen.ru/files/upload/OIV/D_nedro (дата обращения: 11.07.2024).

Мониторинг устойчивого развития лесных экосистем в меняющемся климате: монография / Э. Г. Коломыц; под ред. Б. И. Кочурова. – Москва: ИНФРА-М, 2024. – 540 с. – DOI 10.12737/2056726.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ПОПУЛЯЦИЮ БЕЛОГО МЕДВЕДЯ НА ОСТРОВЕ ВРАНГЕЛЯ

Лазарева А.И., Марчукова О.В.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Stud0000277410@study.utmn.ru

Глобальное потепление – одна из самых серьезных экологических проблем современности, последствия которого наблюдаются во всех уголках планеты, включая Арктику, где обитает белый медведь. Остров Врангеля, расположенный в Северном Ледовитом океане, является важной средой обитания для этого вида. Глобальное потепление – это сложный феномен, который оказывает огромное влияние на жизнь животных. Понимание того, как изменения климата влияют на различные виды, позволяет нам разработать стратегии по сохранению биоразнообразия.

Остров Врангеля, как и вся Арктика, является индикатором глобальных изменений климата. Он славится своим уникальным биоразнообразием, являясь убежищем для редких видов растений и животных. Это уникальный пример арктической экосистемы, жизнь которой тесно связана с климатом и естественными циклами. Из-за повышения температуры на планете фиксируются сокращение ледников, что приводит к повышению уровня моря и воздействует на всю экосистему острова.

Цель настоящей работы заключается в том, чтобы изучить влияние изменения климата на популяцию белого медведя за последние три десятилетия (с 2008 по 2023 гг.) на Острове Врангеля.

В ходе исследования была сформирована годовая база данных встречаемости белого медведя на территории исследования за период с 2008 по 2023 гг. по источникам Летописей Природы. Линейные тренды годовой изменчивости температуры воздуха и количества белого медведя имеют положительные значения. В среднем температура воздуха каждый год увеличивается $0,07^{\circ}\text{C}$, а ежегодный прирост медведей в среднем составляет 6 особей в год (рис. 1). По результатам корреляционного анализа было выявлено, что между ростом температуры воздуха и количеством белого медведя существует значимая заметная положительная связь ($r=0,55$). На основе этого был сделан вывод, что из-за сокращения площади льда белый медведь чаще стал высаживаться на Остров Врангеля.

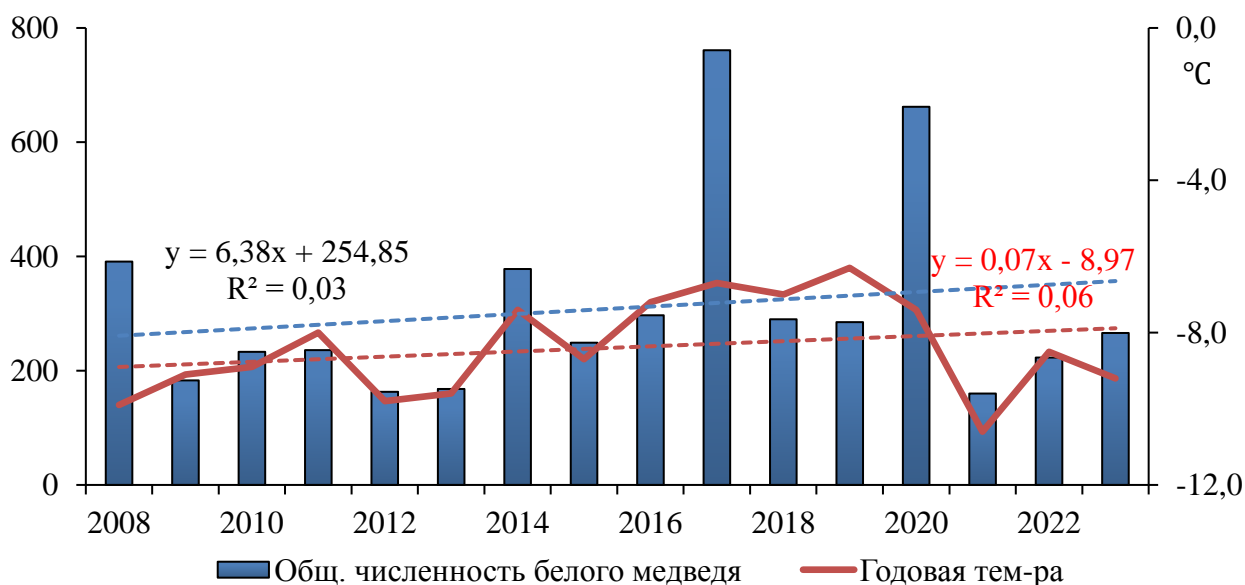


Рисунок 1 – Годовая изменчивость температуры воздуха (красная линия), количества белого медведя (синие столбцы) и их линейные тренды с 2008 по 2023 гг. на Острове Врангеля

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЯВЛЕНИЙ ЭЛЬ-НИНЬО И ЛА-НИНЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ
НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ
С МИРОВЫМ ОПЫТОМ**

Лубков А.С., Воскресенская Е.Н.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
andrey-ls2015@yandex.ru

Эль-Ниньо и Ла-Нинья – важнейшие глобальные климатические явления межгодового масштаба в системе океан-атмосфера экваториальной зоны Тихого океана, которые обуславливают формирование катастрофических аномалий климата и окружающей среды в разных регионах Земного шара в виде засух, наводнений, пожаров, а также приводят к возникновению колоссальных социальных и экономических проблем. События Эль-Ниньо и Ла-Нинья являются эпизодами климатического процесса Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК).

Современные динамические и статистические модели многочисленных мировых климатических центров, применяемые для прогноза состояния ЭНЮК в рамках проектов Всемирной метеорологической организации, ограничены весенним порогом предсказуемости, а их эффективная заблаговременность равна 6–12 месяцам. При этом уточнение типа событий ЭНЮК ограничено буквально несколькими месяцами.

Острый интерес среди ученых вызвала возможность применения глубокого обучения, которая стала доступна с появлением идеи использования данных климатического моделирования CMIP5 и CMIP6, предложенной в работе (Ham et al., 2019). Способности моделей с применением глубокого обучения оказались заметно лучше по сравнению с гидродинамическими и статистическими моделями. Однако у такого подхода есть несколько недостатков. Во-первых, использование данных CMIP5/6 для обучения потенциально ограничивает возможности моделирования некоторым пределом точности, который не удастся преодолеть, не заменив входные данные климатических моделей на оперативные данные. Во-вторых, во всех рассматриваемых нейросетевых моделях в качестве входного параметра используется теплосодержание океана на глубине до 300м. Оперативность обновления океанических реанализов равна 1-2 месяцам, следовательно, прогноз будет всегда запаздывать на такой же срок.

В исследовании (Лубков и др., 2023) нами было предложено использовать модель на основе искусственных нейронных сетей, предикторами которой являются климатические индексы, полученные из массивов данных атмосферного реанализа NCEP/NCAR и реконструкций температуры поверхности океана COBESST2. В модели реализован авторский метод совместного применения нейронных сетей, больших массивов данных и их предварительной обработки, а используемые базы данных обновляются со скоростью 2-3 дня, что делает прогноз такой модели своевременным.

В представляемой работе проведена сравнительная оценка нашей модели из (Лубков и др., 2023) с современными динамическими и статистическими моделями. Наша модель обладает минимальной чувствительностью к весеннему порогу предсказуемости, что позволяет получить эффективную продолжительность прогноза, равную 22 месяцам. Этот результат на 4 месяца превосходит способности нейросетевых моделей, основанных на алгоритмах глубокого обучения, и на 10–16 месяцев – способности динамических и статистических моделей.

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

Список использованной литературы:

Лубков А. С., Воскресенская Е. Н., Марчукова О. В. Новый подход к использованию нейронных сетей для долгосрочного прогноза Эль-Ниньо и Ла-Нинья // *Фундаментальная и прикладная климатология*. – 2023. – Т. 9, № 4. – С. 432–466. – DOI 10.21513/2410-8758-2023-4-432-466.

Ham Y.-G., Kim J.-H., Luo J.-J. Deep learning for multi-year ENSO forecasts // *Nature*. – 2019. – Vol. 573. – P. 568–572. – DOI 10.1038/s41586-019-1559-7.

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПАВОДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМА

Лубков А.С., Вышкваркова Е.В., Воскресенская Е.Н., Щодро А.Е.

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

andrey-ls2015@yandex.ru

Катастрофические ситуации последних лет – в июне 2021 г. в районе Ялты и в январе 2024 г. в Севастополе – связанные с обильными осадками, подъемом уровня воды в реках и образованием селевых потоков, в очередной раз показали необходимость заблаговременного прогноза событий с экстремальными осадками на территории Крыма для своевременного реагирования и минимизации экономических потерь. Район горного Крыма с его сложным рельефом и большими уклонами особенно подвержен возникновению опасных ситуаций после прохождения обильных (часто многодневных) дождей.

В данной работе на основе многолетних данных наблюдений при использовании метода искусственной нейронных сетей (НС) рассмотрена возможность прогнозирования случаев экстремальных атмосферных осадков как причины размыва русел рек и обрушения склонов.

В работе использованы ежедневные данные атмосферных осадков с метеостанции Ай-Петри за период 1950–2020 гг. и данные по Севастополю за период 1950–2024 гг. Метеостанция Ай-Петри выбрана для анализа, поскольку и река Черная, и реки Ялты берут свое начало со склонов и подножия Ай-Петринской яйлы.

В качестве критерия опасного явления выбран порог осадков в 40 мм за 3 последовательных дня. Каждое такое явление считалось независимой гидрологической ситуацией, и обучение системы искусственного интеллекта проводилось именно на основе регистрации таких явлений. Рассмотрена ситуация катастрофического паводка на р. Черной в январе 2024 г., обусловленная выпавшими в течение трех дней экстремальными осадками в Севастопольском регионе.

Для прогнозирования случаев с экстремальными осадками использована разработанная авторами модель на основе нейронной сети (Лубков и др., 2022).

Исследование возможности прогнозирования экстремальных осадков в горном Крыму с использованием разработанной авторами модели искусственной НС показало следующее: все аномальные месяцы, когда повторялись ≥ 3 случаев превышения порога 40 мм осадков за 3 последовательных дня, были спрогнозированы верно с заблаговременностью от ≥ 3 мес. на контрольной выборке. 10 из 14 мес., когда наблюдалось 2 случая превышения порога 40 мм осадков за 3 последовательных дня, были успешно спрогнозированы с заблаговременностью от 3 мес. Коэффициент корреляции и заблаговременность прогноза имеют обратную связь. Коэффициент корреляции убывает, а RMSE/ σ возрастает на контрольной выборке по мере удаления от тестовой выборки, что говорит о нестационарности модели. Отсюда возникает необходимость актуализации данных обучающей контрольной выборки пересчетом на последующие 5 лет (Лубков и др., 2024).

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

Список использованной литературы:

Лубков А. С., Воскресенская Е. Н., Сухонос О. Ю. Прогноз выпадения осадков в районе Ай-Петри на основе модели искусственной нейронной сети // Водные ресурсы. – 2022. – Т. 49. – № 4. – С. 517–526.

Лубков А. С., Вышкваркова Е. В., Воскресенская Е. Н., Щодро А. Е. К вопросу о прогнозировании катастрофических паводков на территории Крыма // Водные ресурсы. – 2024. – № 6.

**РЕАЛИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТ АВТОМОБИЛЬНОГО И ВНЕДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА НА НАЦИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ**

*Лытов В.М.^{1,2}, Трофименко Ю.В.², Гинзбург В.А.¹, Якубович А.Н.², Шелмаков С.В.²,
Деянов Д.А.², Шашина Е.В.², Зеленова М.С.¹, Зайнулин С.М.¹*

¹ФБГУ «ИГКЭ», г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО МАДИ, г. Москва, Россия

vladislav_lytoff@igce.ru

Задача о разработке транспортной модели для оценки выбросов парниковых газов (ПГ) по восходящему подходу (метод уровня 3 согласно МГЭИК, 2006) на национальном уровне была выполнена в рамках проекта ВИП ГЗ¹. Для оценки выбросов ПГ по 3 уровню необходима детализированная информация о структуре автомобильного и внедорожного парка Российской Федерации по ряду параметров, таких как экологические классы (нормы), виды потребляемого топлива, возраст, удельные нормы расхода топлива, годовые пробеги (моточасы) и др. в соответствии с национальными условиями эксплуатации.

Большинство из этих параметров ранее в Национальном кадастре принимались по умолчанию или на основании экспертных оценок. Базы данных Росстата, ГИБДД МВД России, Минтранса России, Автостата не содержат обобщенной и систематизированной детальной информации для оценки выбросов ПГ по 3 уровню всего для необходимого временного диапазона выбросов ПГ – 1990–2022 гг.

Доказано, что один из методов машинного обучения (метод множественной линейной регрессии) можно использовать для восстановления статистической информации (исходных данных) в отдельные годы в период 1990–2022г.г., а также анализа достоверности и неопределенности итоговых значений ПГ автомобильным и внедорожным транспортом в рассматриваемом временном интервале.

С использованием разработанной методики выявлены устойчивые корреляционные зависимости с показателями, используемыми для оценки выбросов ПГ и газов-прекурсоров автомобильным и внедорожным транспортом. Оценены показатели качества полученных уравнений множественной линейной регрессии (коэффициент детерминации, стандартная ошибка, уровень значимости регрессионной модели, средняя ошибка в границах и за границами построения модели и др.)

Использование «Транспортной модели» повышает прозрачность расчетов выбросов парниковых газов в Национальном кадастре и способствует лучшему пониманию основных факторов, влияющих на изменение выбросов. Важным результатом данной работы является уточнение и дополнительная проверка (верификация) статистических данных по потреблению моторного топлива автотранспортной и внедорожной техникой в отдельные годы согласно топливно-энергетическому балансу РФ (ТЭБ).

Наиболее явные отклонения между данными ТЭБ и модельными оценками относятся к 2014 и 2015 гг. для потребления дизельного топлива автомобильным транспортом (отличие на –15,1% и –27,65% соответственно). Для дорожно-строительных машин в 2016 и 2017 потребление дизельного топлива отличается на –61,00% и 62,50% соответственно.

По предварительным результатам, значения валовых выбросов парниковых газов внедорожным транспортом в период с 1990 до 2010 гг. уменьшаются с 56,67 млн т СО₂-экв. до 29,93 млн т СО₂-экв., т.е. в 1,9 раза. В следующее десятилетие (до 2020 г.) значения приведённых выбросов парниковых газов находятся в диапазоне 22,9...27,1 млн т СО₂-экв. Динамика выбросов основных парниковых газов автомобильным транспортом сохраняется примерно такой же как динамика потребления моторного топлива – снижение с 165 млн т до 75 млн т (1990–2000 гг.), рост до 165 млн т (2015 г.) и снижение до 150 млн т в 2021 г.

¹ Важнейший инновационный проект государственного значения, Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2022 г. №3240-р «Об утверждении инновационного проекта «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ»

ИЗМЕНЕНИЕ ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

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

veronika_maslova@mail.ru

Комплексное исследование закономерностей пространственно-временных изменений аномалий циклонической активности разной интенсивности в Черноморско-Средиземноморском регионе проведено на основе расчетов основных параметров циклонов, выделенных по данным о поле геопотенциала из массива NCEP/NCAR. В результате, приведены и проанализированы количественные оценки долговременных изменений и межгодовой-междесятилетней изменчивости интенсивной циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе. Представлены схемы формирования аномалий циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе в связи со сменой фаз межгодовых и междесятилетних климатических процессов над Атлантико-Европейским сектором. Оценены отклики восточных и центральных типов событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья в частоте интенсивных циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе. Получен успешный сезонный прогноз с заблаговременностью до 6 месяцев среднемесячной частоты интенсивных циклонов с использованием модели искусственных нейронных сетей, в которой предикторами служит набор индексов климатических сигналов. Получены региональные оценки изменения циклонической активности в середине и конце XXI по ансамблю моделей CMIP6 в сценариях со средним (SSP2-4.5) и наибольшим (SSP5-8.5) уровнем выбросов парниковых газов. Показана связь положения глубоких циклонов с разными типами штормов в северной части Черного моря, получены количественные оценки межгодовой-междесятилетней климатической изменчивости урожайности агрокультур и биоклиматической привлекательности курортов юга России.

**ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЗЕРАВШАН (УЗБЕКИСТАН)**

Мирзоев В.А., Гайдукова Е.В.

ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»,
г. Санкт-Петербург, Россия
vagif1976@mail.ru

Изменения климата представляют собой одну из самых серьезных угроз для экосистем и человеческой деятельности в современном мире. Глобальное потепление и связанные с ним климатические изменения оказывают значительное влияние на различные регионы, включая специфические бассейны рек. В данном исследовании анализируются изменения климата и окружающей среды в бассейне реки Зеравшан, который находится в Центральной Азии и представляет собой важный водный ресурс для нескольких стран региона – Таджикистана, Узбекистана и Афганистана. Региональные климатические изменения в этой области имеют значительное значение для экосистем и населения.

Рассмотрим основные последствия изменения климата в бассейне реки Зеравшан.

– Таяние ледников. Ледники в бассейне реки Зеравшан, как и в других частях Центральной Азии, испытывают значительное таяние. Это влияет на режим стока рек, которые имеют ледниковое питание.

– Изменение режима осадков. В регионе наблюдается изменения в сезонных осадках, что ведет к увеличению частоты экстремальных засух и наводнений. Эти изменения негативно сказываются на сельском хозяйстве и водоснабжении.

– Изменение температуры. Температурные изменения сказываются на водном балансе и приводят к изменению растительности и сокращению биоразнообразия в регионе.

Изменения климата в бассейне реки Зеравшан имеют прямое влияние на ресурсы и население региона. Изменение режима стока реки влияет на водоснабжение, сельское хозяйство и энергетические ресурсы. Изменения в режиме осадков и температуре оказывают влияние на урожайность и устойчивость сельскохозяйственных культур.

Изменения климата могут усугубить существующие социальные и экономические проблемы в регионе, такие как нехватка воды и продовольственная безопасность.

Глобальные и региональные изменения климата оказывают значительное влияние на окружающую среду и ресурсы, особенно в таких чувствительных регионах, как бассейн реки Зеравшан. Понимание этих изменений и разработка адаптационных стратегий являются необходимыми для минимизации негативных последствий и обеспечения устойчивого развития региона (Gaidukova, Mirzoev et al., 2024). Дальнейшие исследования и мониторинг изменений климата помогут в разработке эффективных мер по адаптации и смягчению последствий.

Список использованной литературы:

Gaidukova E., Mirzoev V., Lukas R., Victorova N. On the issue of forecasting the runoff of mountain rivers in Uzbekistan // Ensuring Sustainable Development in the Context of Agriculture, Energy, Ecology and Earth Science (ESDCA-IV-2024): IV International scientific and practical conference, Smolensk, March 11–14, 2024. E3S Web of Conferences. LES ULIS, 2024. – P. 3026. – DOI 10.1051/e3sconf/202451003026.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО И ЛАГРАНЖЕВА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ВОД ЛОФОТЕНСКОГО ВИХРЯ

Новоселова Е.В.^{1,2}, Файман П.А.³, Дидов А.А.^{2,3}, Будянский М.В.^{2,3},

Белоненко Т.В.², Улейский М.Ю.³

¹ Научный Фонд «Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени Нансена», г. Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

³ Тихоокеанский океанологический институт имени В. И. Ильичёва ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия

novoselovaa.elena@gmail.com

Лофотенский вихрь – это антициклонический квазипостоянный вихрь, который расположен в центре одноимённой котловины. Он представляет собой линзу теплой соленой воды на глубинах от 300 до 1000 м с горизонтальным масштабом до 100 км. Устойчивость Лофотенского вихря обеспечивается двумя факторами. Во-первых, это происходит за счёт слияния с другими антициклонами, которые образуются в результате бароклинной неустойчивости Норвежского течения. Во-вторых, этому может способствовать осенне-зимняя конвекция.

Мы использовали гидродинамическую модель ROMS высокого пространственного разрешения для моделирования циркуляции Лофотенской котловины. В качестве основного рабочего периода использовался временной промежуток с середины сентября до середины октября 2008 г., когда наблюдался явно выраженный антициклонический вихрь в области исследования.

Для исследования динамики вод Лофотенского вихря мы воспользовались лагранжевыми методами и рассчитали траектории пассивных маркеров, адвектируемых смоделированным в ROMS полем скорости. Мы рассмотрели два горизонта 50 и 400 м. Первый горизонт – это верхний квазиоднородный слой, а второй – это середина ядра Лофотенского вихря. В каждый момент времени мы окружали центр вихря окружностями с различными радиусами.

Мы проследили за эволюцией отрезка, который состоит из набора лагранжевых маркеров и пересекает Лофотенский вихрь через его центр в начальный момент времени. Было отмечено, что маркеры, которые первоначально находились в ядре вихря, и маркеры на его периферии ведут себя по-разному. Расположенные в ядре маркеры перемещаются по замкнутым траекториям с угловой скоростью, зависящей от расстояния до центра вихря. Маркеры, которые изначально находятся на периферии, образуют множество складок и завитушек причудливой формы, входя и выходя из вихря. Мы называем этот процесс «вентиляцией вихря».

Далее мы определили время, в течение которого каждая из частиц впервые пересекает окружность и покидает пределы Лофотенского вихря. Выявлено, что вынесение маркеров за пределы окружности происходит не равномерно во времени, а порционно. С течением времени число маркеров, имитирующих ядро вихря в начальный момент времени, постепенно становится все меньше, и внутри окружности они замещаются маркерами из внешней среды. В процессе эволюции вихря существуют промежутки времени, во время которых практически все маркеры остаются внутри окружности. Эти промежутки могут составлять до нескольких суток.

Моделирование в ROMS-модели было проведено при поддержке гранта СПбГУ № 116442164. Трёхмерное моделирование траекторий лагранжевых маркеров и статистический анализ удаления частиц из вихря были выполнены при поддержке гранта РФФИ № 24-77-00063.

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)**

Носкова Е.В., Вахнина И.Л.

ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения РАН»,
г. Чита, Россия
elena-noskova-2011@mail.ru

Одним из значимых глобальных вызовов XXI века является потепление климата, которое оказывает значительное воздействие на природную среду и сказывается на многих отраслях экономики. Для территории Забайкальского края рост среднегодовых приземных температур воздуха за 1976–2022 гг. составил 1,8°C (0,37°C/10 лет). За этот период наибольшее повышение температуры отмечалось весной. Если рассматривать среднемесячные значения, то достоверное увеличение выявлено для всех месяцев с февраля по сентябрь с максимальными значениями в марте. За анализируемый период можно выделить три временных интервала с разной скоростью роста температуры воздуха (1976–1995, 1996–2010 и 2011–2022 гг.) (Носкова, Вахнина, 2024а). Наибольшим увеличением (0,98°C/10 лет) характеризовались 2011–2022 гг., а за 1996–2010 гг. среднегодовая температура воздуха в среднем по краю не повышалась. По сезонам и месяцам за выделенные интервалы изменения происходили неравномерно. В среднем по краю за последние 47 лет характерно значимое увеличение продолжительности периодов с температурами воздуха выше 0, 5, 10 и 15°C, что связано с более ранними сроками их наступления весной. Более поздний переход осенью значимо проявляется для 5, 10 и 15°C (Носкова, Вахнина, 2022; Носкова, Вахнина, 2023). Также отмечается увеличение продолжительности периода без заморозков. Это обусловлено тем, что последние заморозки стали наблюдаться раньше, а первые – позже. Возросло число дней с температурой воздуха выше 10°C и сумма этих температур (Носкова, Вахнина, Рахманова, 2019). Потепление привело к повышению климатических норм за 30-летние периоды, завершающиеся годом, оканчивающимся нулем (1971–2000, 1981–2010, 1991–2020 и т. д.), среднегодовые значения которых с каждым последующим периодом на 0,3–0,4°C выше, чем в предыдущем (Носкова, Вахнина, 2024б).

Список использованной литературы:

Носкова Е. В., Вахнина И. Л. Изменение температурного режима в Забайкальском крае за 1976–2021 гг. и его возможные последствия для экономики региона // Метеорология и гидрология. – 2024а. – № 10. – С. 124–131. – DOI 10.52002/0130-2906-2024-10-124-131.

Носкова Е. В., Вахнина И. Л. Устойчивые переходы температуры воздуха в весенний и осенний периоды в Восточном Забайкалье // Геосферные исследования. – 2022. – № 3. – С. 148–161. – DOI 10.17223/25421379/24/10.

Носкова Е. В., Вахнина И. Л. Анализ современных пространственно-временных изменений температуры воздуха в Забайкальском крае // Географический вестник. – 2023. – № 1(64). – С. 116–126. – DOI 10.17072/2079-7877-2023-1-116-126.

Носкова Е. В., Вахнина И. Л., Рахманова Н. В. Суммы активных температур воздуха (выше 10°C) на территории Забайкальского края // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 11. – С. 148–153.

Носкова Е. В., Вахнина И. Л. Анализ климатических норм в Забайкальском крае // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2024б. – Т. 47. – С. 31–42. – DOI 10.26516/2073-3402.2024.47.31.

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЗАСУШЛИВОСТИ ПРАВОБЕРЕЖНЫХ РАЙОНОВ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ормели Е.И., Перелыгина Ю.М.

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского», г. Саратов, Россия
ulia2755@gmail.com

Саратовская область является одним из крупнейших сельскохозяйственных регионов России, однако находясь в зоне недостаточного увлажнения и рискованного земледелия, необходим своевременный мониторинг тенденций гидротермических условий. Одним из основных негативных факторов, влияющих на сельскохозяйственное производство региона, является ежегодная повторяемость засух разной интенсивности. В основу оценки степени засушливости Правобережья Саратовской области положены архивные метеорологические данные (Архив погоды) месячного разрешения (температура воздуха, сумма осадков, дефицит насыщения) по пяти метеостанциям: м/с Хвалынский, м/с Балашов, м/с Саратов, м/с Сплавнуха, м/с Петровск за период с 2011 по 2022 гг. Для количественного мониторинга степени увлажнения территории были рассчитаны гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова и годовой индекс коэффициента увлажнения Д. И. Шашко. В условиях регионального потепления климата наблюдается увеличение продолжительности летнего сезона за счет раннего перехода среднесуточной температуры воздуха через 10°C весной и более позднего её перехода осенью (Пряхина, 2018). На западе и северо-западе региона (Балашов, Петровск) продолжительность летнего сезона составила 162 дня, в центральной части (Саратов, Сплавнуха) и на севере (Хвалынский) – 173 дня. В среднем в летние месяцы температура воздуха повысилась на 0,5–1,0°C, а сумма осадков сократилась на 10–40 мм. В табл. 1 представлена повторяемость засух в Правобережных районах области по рассчитанным данным ГТК.

Таблица 1 – Повторяемость атмосферных засух на территории
Правобережья Саратовской области

Станция	Повторяемость засух ГТК				
	Очень сильная засуха класс 1	Сильная засуха класс 2	Средняя засуха класс 3	Слабая засуха класс 4	Отсутствие засухи класс 5
Балашов	–	–	1	4	7
Хвалынский	–	1	4	1	6
Саратов	–	–	4	4	4
Петровск	–	–	1	2	9
Сплавнуха	–	3	2	2	5

В Балашове и Петровске преобладают засухи слабой интенсивности, а в 70% случаев отмечается их отсутствие. На севере области (м/с Хвалынский) и в центральной части региона (м/с Саратов) повторяемость засух средней интенсивности увеличивается до 50%. Сильная засуха наблюдалась в 2015 г. на м/с Хвалынский, и в 2011 г., 2012 г., 2014 г. – на м/с Сплавнуха.

Список использованной литературы:

Архив среднемесячных значений температуры воздуха и осадков по станциям Саратовской области // Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных: сайт. – URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 05.01.2024).

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

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ИНДЕКСА АРИДНОСТИ В БАССЕЙНЕ НИЖНЕГО ДОНА

Парфенова А.В., Кулыгин В.В.

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН»,
г. Ростов-на-Дону, Россия
annparfenowa@mail.ru

В бассейне нижнего Дона сочетание антропогенных и природных факторов способствует развитию процессов аридизации. Вследствие продолжающегося маловодного периода (с 2007 г. по настоящее время) данная проблема становится актуальной. Источниками многолетних рядов метеоданных стали данные 6 станций (Богородицкое-Фенино, Валуйки, Чертково, Цимлянск, Ростов-на-Дону, Гигант, Ремонтное) из архивов ВНИИГМИ-МЦД за период 1966–2020 гг.

В работе использовался индекс аридности P/PET (World..., 1997):

$$AI (P/PET) = P/E_0, \quad (1)$$

где P – величина осадков за год (месяц) (мм), E_0 – опорная эвапотранспирация (мм).

Испаряемость за месяц рассчитывается по формуле (Иванов, 1954):

$$E_0 = 0,0018(25 + T)^2(100 - a), \quad (2)$$

где T – среднемесячная температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), a – среднемесячная относительная влажность (%).

С помощью индекса P/PET засушливые земли можно классифицировать на 5 подтипов: экстрааридные, аридные, семиаридные, сухие субгумидные и полусухие субгумидные. Индекс аридности P/PET на территории бассейна нижнего Дона показал уменьшение значений, причем для южных метеостанций этот тренд более выражен. Осредненная картина позволяет выделить на территории бассейна 4 зоны (рисунок 1): нормальная (21377 км², 10%), полусухая субгумидная (45522 км², 22%), сухая субгумидная (103958 км², 50%) и семиаридная (35376 км², 17%). Были выделены 3 периода, самый продолжительный из которых – период роста (1977–2005 гг.), а также два периода падения (1966–1976 гг. и 2006–2020 гг.). Последний свидетельствует об увеличении засушливости климата в бассейне нижнего Дона в этот период.



Рисунок 1 – Средний индекс аридности AI (P/PET) в бассейне нижнего Дона за период 1966–2020 гг.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта ГЗ 122013100131-9.

Список использованной литературы:

Иванов Н. Н. Об определении величин испаряемости // Изв. ВГО. – 1954. – Т. 86, № 2. – С. 189–196.

World Atlas of Desertification 2nd ed. / Eds. M. Thomas and N. Middleton. – New York: Arnold, London & Wiley, 1997. – 182 p.

УСЛОВИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ШКВАЛОВ НА ТЕРРИТОРИИ АБХАЗИИ

Пачулия Э.В.¹, Экба Я.А.^{1,2}

¹Абхазский государственный университет, г. Сухум, Абхазия,

²Институт экологии АНА, г. Сухум, Абхазия

Существенное уточнение прогнозов шквалов осуществляется за счет использования радиолокационных и спутниковых данных, а в последнее время и за счет гидродинамических прогнозов базовых метеорологических полей. Однако практически все существующие методы прогноза шквалов имеют недостаточно высокие показатели качества прогнозирования. В оперативной практике отсутствуют методы прогнозирования катастрофических шквалов.

В связи с вышесказанным можно утверждать, что любое новое исследование шквалов и разработка методов их прогноза является как важной задачей для практики, так и актуальным научным исследованием.

За период исследования с 1999 по 2023 гг. было отмечено 457 случаев шквалов. Были отмечены максимумы и минимумы, на диаграмме мы видим, что максимум приходится на январь и апрель, а минимум на июнь, июль и август.

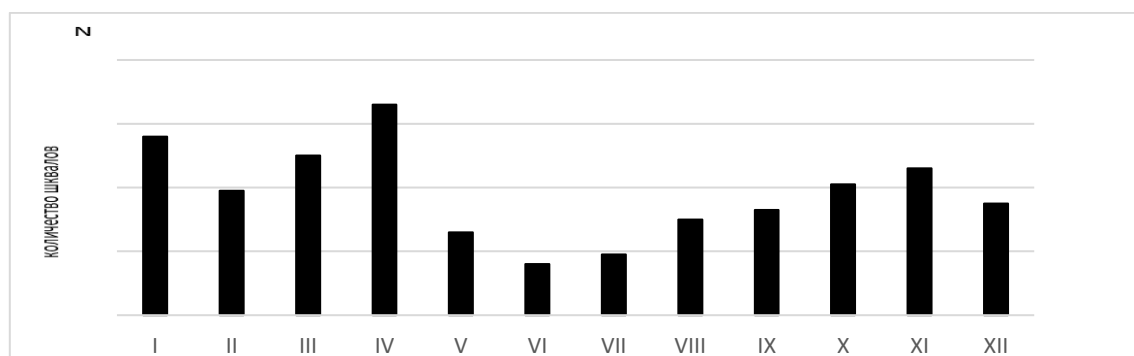


Рисунок 1 – Распределение шквалов по месяцам за период с 1999 по 2023 гг.

В апреле за исследуемый период отмечалось самое большое количество всех случаев шквалов. Данное опасное явление формировалось в полях пониженного атмосферного давления (985–1006 ГПа) при температуре воздуха у земли от 7 до 24°C. Прохождение шквала сопровождалось ливнями. Апрельские шквалы любопытны с точки зрения их формирования. В начале апреля конвекция не так развита, как в летние месяцы, поскольку подстилающая поверхность только начинает прогреваться. Кроме того, контрасты температуры в зоне фронта, необходимые для образования шквала, в этот период возможны лишь при встрече арктической воздушной массы с тропическим воздухом, что происходит при расположении фронта в глубокой меридионально ориентированной ложбине.

В июне зарегистрировано минимум всех случаев шквалов. Шквалы сформировались в основном в области низкого давления (979–1012 ГПа) при температуре воздуха у земли от 15,0 до 29,4°C и сопровождалась грозами и ливневым дождем. Преобладающее большинство случаев шквалов отмечалось при прохождении динамически значимого холодного фронта.

Исследование влияния атмосферной циркуляции на ветровой режим на территории Абхазии выявило четкую взаимосвязь между атмосферными процессами и характеристиками ветровых явлений в регионе. Анализ атмосферной циркуляции позволил выделить основные периоды активности, влияющие на интенсивность и направление ветров.

Список использованной литературы:

Алексеев А. А. Метод прогноза сильных шквалов // Метеорология и гидрология. – 2014. – № 9. – С. 5–15.

Экба Я. А., Ахсалба А. К. Физическая экология атмосферы. – Сухум: «Академия», 2018. – 431 с.

**ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭМИССИИ МЕТАНА И ЕГО РОЛЬ
В ДОСТИЖЕНИИ ОСНОВНОЙ ЦЕЛИ ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ.
ОБЩИЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ**

Пекарникова М.Е.^{1,2}, Валиуллина К.Б.²

¹ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия
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 правового регулирования эмиссии метана, основного из короткоживущих ПГ и второго по значимости ПГ в странах, отвечающих за основную долю суммарных выбросов CH_4 в контексте Парижского соглашения по климату и Глобального соглашения по метану (GMP). Особая роль первоочередного сокращения эмиссии метана является прямым следствием двух следующих обстоятельств:

- время «жизни» метана в атмосфере составляет около 10 лет, что более чем на порядок меньше времени жизни CO_2 ; в связи с этим именно сокращение эмиссии CH_4 позволит достичь значимого сокращения скорости роста приземной температуры воздуха антропогенного происхождения уже в краткосрочной перспективе (т.е. на протяжении следующих 10–20 лет);

- сокращение выбросов метана – единственный естественный и эффективный способ предотвращения резкой интенсификации глобального потепления антропогенного характера при введении в действие более чистых технологий, уменьшающих выбросы аэрозолей, способствующих охлаждению нижних слоев атмосферы.

Вклад различных стран в общую эмиссию метана свидетельствует о том, что основная доля выбросов метана (до более, чем 61–63%) приходится на первые 12–15 стран (если считать ЕС в качестве единого эмитента). При этом, на долю Китая, США, Индии, России, Бразилии, стран ЕС, Индонезии, Ирана, Мексики, Австралии, Саудовской Аравии, Канады, ЮАР, Турции, Японии приходится около 63,5% общих выбросов метана. Китай, США, Индия, Россия и Бразилия в сумме отвечают примерно за 36% общей эмиссии метана. Таким образом, достаточно проанализировать правовые аспекты ограничения эмиссии метана в основных странах, расположенных в порядке убывания их вклада в эмиссию метана, для того, чтобы прийти к определенным выводам о реалистичности достижимости главной цели Парижского соглашения. В настоящем докладе проанализированы основные факты, характеризующие общемировую динамику выбросов метана, а также проведен общий анализ GMP и его эффективности. Показано, что Парижское соглашение, которое является главным нормативным правовым актом, призванным ограничивать рост глобальной температуры 1,5–2 градусами по сравнению с доиндустриальным периодом, требует совершенствования законодательного сопровождения ограничения эмиссии метана в основных эмитентах CH_4 . Констатируется, что GMP, является важнейшим документом, призванным оценить необходимые объемы сокращения эмиссии метана с целью достижения основной цели Парижского соглашения по климату 2015 года.

Основной вывод сводится к тому, что Метановая хартия более эффективно способствовала бы достижению основной цели Парижского соглашения по климату и задачам устойчивого развития современной цивилизации, если бы к ней присоединились все основные страны-эмитенты, и в ней предусматривались бы юридически обязывающие нормы по отношению к участникам GMP в случае невыполнения ими достигнутых договоренностей.

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

ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КАЗАНИ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

Переведенцев Ю.П., Мирсаева Н.А., Гурьянов В.В., Николаев А.А., Тагиров М.Ш.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия
Институт прикладных исследований Академии наук РТ, г. Казань, Россия
ypereved@kpfu.ru

В 2024 г. в нашей стране отмечается 190-летие образования Гидрометеорологической службы России, созданной в 1834 г. по проекту разработанного профессором Казанского университета А.Я. Купфером.

Регулярные метеорологические наблюдения в Казани ведут свой отсчет с января 1812 г., с момента образования при Казанском университете по инициативе профессора Ф.К. Броннера Метеорологической обсерватории (МО). По давности непрерывных наблюдений она занимает 3-ье место в России (в Санкт-Петербург регулярные наблюдения начались с 1743 г., а в Москве с 1799 г.).

Многолетние ряды подвергались статистической обработке. Находились средние значения, средние квадратические отклонения, коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ), вклад линейного тренда в дисперсию температуры. Было выделено шесть 30-и летних периодов: 1841–1870, 1871–1900, 1931–1960, 1961–1990, 1991–2020 гг.

Как и следовало ожидать, за весь период наибольшее повышение температуры произошло в самом холодном месяце года – в январе (на 4,8°C), в июле (самом жарком месяце года) рост ТВ составил лишь 1,4°C. Заключительное тридцатилетие (1991–2020 гг.) оказалось заметно теплее всех предыдущих во все месяцы.

Сравнение многолетнего хода аномалий приземной температуры воздуха, рассчитанных от нормы базового периода 1961–1990 гг., по данным ст. Казань, университет и всего Северного полушария (данные CRU), показывает, что в обоих случаях, согласно линейному тренду, наблюдается потепление климата в целом за год и по сезонам. Однако кривая низкочастотной компоненты температуры показывает, что годовое потепление в Казани началась в 1946 г., летнее с 1980 г., зимнее с 1968 г. и продолжается в настоящее время.

Для оценки влияния климатических изменений, происходящих в Северном полушарии, рассчитывались коэффициенты корреляции между ТВ ст. Казань, университет и приповерхностной температурой воздуха суши Северного полушария за 1850–2021 гг. Наиболее тесные связи устанавливаются для зимнего периода (в январе $r = 0,68$). Величина коэффициента детерминации R^2 (%) показывает вклад процессов Северного полушария в локальные изменения ТВ в Казани. Так, годовой вклад достигает 63%, летом 27% и зимой 43%.

Совместный анализ многолетнего хода индексов циркуляции NAO, AO, EAWR, SCAND для зимы и лета в период 1950–2021 гг. и аномалий температуры в Казани показал на согласованный характер их изменения, что свидетельствует о значительной роли атмосферной циркуляции в формировании температурных аномалий.

Анализ рассчитанных 27 индексов экстремальности климата, рекомендованных ВМО, для периода 1980–2022 гг. показал, что в Казани четко прослеживается тенденция сокращения числа дней с обледенением, количества морозных дней и увеличения продолжительности теплого периода, числа летних дней. Вместе с тем уменьшается годовое количество осадков, количество дней с экстремальными осадками и т.д. Растет засушливость климата в летний период.

Для оценки динамики биоклимата Казани в период 1940–2021 гг. анализировался универсальный индекс теплового комфорта UTCI. Выявлена тенденция роста значения UTCI в январе на 5,2°C (выход показателя из зоны очень сильного холодового стресса в зону сильного), в июле индекс повысился с 17,5°C до 20°C. Межгодовые колебания индекса значительны. В целом биоклиматические условия в регионе улучшаются.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ МЕЖГОДОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ОСАДКОВ НАД ЧЁРНЫМ МОРЕМ ПО ДАННЫМ МОДЕЛЕЙ ПРОЕКТА CMIP6

Полонский А.Б., Сухонос П.А.

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

apolonsky5@mail.ru

В последнее время достигнут существенный прогресс в многомодельном подходе к численному моделированию изменения климата. Однако оценки климатических параметров на региональных масштабах всё ещё требуют уточнения. Осадки – наиболее неопределённый оценочный параметр и важный с точки зрения влияния на гидрологический режим морских регионов. В настоящей работе оценивается качество воспроизведения межгодовых изменений осадков над Чёрным морем (40–48° с. ш., 26–42° в. д.) по данным 173 реализаций моделей проекта CMIP6 (Climate..., 2024) по сравнению с данными реанализа ERA5 (Hersbach et al., 2020) в исторический период. Для этого рассчитаны коэффициенты ранговой корреляции Спирмена межгодовых изменений осадков по данным отдельных реализаций моделей и данным реанализа во все месяцы года в 1959–2022 гг. Получены следующие результаты.

В январе коэффициент корреляции межгодовых изменений осадков по данным реализации ens0 модели AWI-CM-1-1-MR и реанализа составляет 0,32.

В феврале коэффициент корреляции межгодовых изменений осадков по данным реализаций ens5 (ens3) моделей CNRM-CM6-1 f2 (GISS-E2-1-G p3) и реанализа равен 0,31 (0,30).

В марте коэффициент корреляции межгодовых изменений осадков по данным реализаций ens1 (ens2) моделей EC-Earth3 (MIROC6) и реанализа составляет 0,31 (0,31).

В апреле коэффициент корреляции межгодовых изменений осадков по данным реализаций ens5 (ens8 / ens13) моделей IPSL-CM6A-LR (CanESM5 p1 / CanESM5 p2) равен 0,30 (0,31 / 0,34).

В мае коэффициент корреляции межгодовых изменений осадков по данным реализации ens0 модели CAMS-CSM1-0 и реанализа составляет 0,35.

В июне коэффициент корреляции межгодовых изменений осадков по данным реализаций ens2 (ens3) моделей CanESM5 p1 (EC-Earth3-Veg) равен 0,32 (0,40).

В июле коэффициент корреляции межгодовых изменений осадков по данным реализаций ens0 (ens1) моделей CMCC-CM2-SR5 (FIO-ESM-2-0) и реанализа составляет 0,33 (0,30).

В августе коэффициент корреляции межгодовых изменений осадков по данным реализаций ens7 (ens3) моделей CanESM5 p2 (UKESM1-0-LL f2) равен 0,39 (0,30).

В сентябре коэффициент корреляции межгодовых изменений осадков по данным реализаций ens1 (ens2) модели ACCESS-CM2 составляет 0,43 (0,32). Отметим, что эта модель не корректно воспроизводит сезонный ход осадков над Чёрным морем. В этом месяце коэффициент корреляции межгодовых изменений осадков по данным реализаций ens10 (ens0 / ens5) модели CanESM5 p2 (CanESM5-CanOE p2 / CESM2) равен 0,31 (0,31 / 0,34).

В октябре коэффициент корреляции межгодовых изменений осадков по данным реализации ens7 модели CanESM5 p2 и реанализа составляет 0,36.

В ноябре коэффициент корреляции межгодовых изменений осадков по данным реализации ens11 (ens10) модели CanESM5 p1 (IPSL-CM6A-LR) и реанализа равен 0,30 (0,31).

В декабре значимых на уровне доверия 95% коэффициентов корреляции не обнаружено.

Из 173 реализаций моделей проекта CMIP6 только 23 удовлетворительно воспроизводят межгодовые изменения осадков над Чёрным морем в исторический период. При этом в период с июня по октябрь указанные модели занижают величины осадков. Это может быть связано с неадекватной параметризацией конвективных осадков в большинстве моделей проекта CMIP6.

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

Список использованной литературы:

Climate Explorer: website. – URL: <https://climexp.knmi.nl/> (access date: 12.03.2024).

Hersbach H., Bell B., Berrisford P., Hirahara S. et al. The ERA5 global reanalysis // *Quar. J. of the Royal Meteor. Soc.* – 2020. – Vol. 146, No. 730. – P. 1999–2049. – DOI 10.1002/qj.3803.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ СЕЗОННОГО ЦИКЛА ОСАДКОВ НАД ЧЁРНЫМ МОРЕМ ПО ДАННЫМ МОДЕЛЕЙ ПРОЕКТА СМIP6

Полонский А.Б., Сухонос П.А.

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

apolonsky5@mail.ru

Численное моделирование – один из основных инструментов для изучения климата и его возможных изменений в будущем. Однако в условиях многомодельного подхода отбор моделей, способных реалистично воспроизводить климат (особенно в регионах с большой неоднородностью подстилающей поверхности), становится особенно актуальным. Данная работа посвящена оценке качества воспроизведения сезонного хода осадков над Чёрным морем (40–48° с. ш., 26–42° в. д.) по данным 36 моделей из международного проекта Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) (Eyring et al., 2016). Для сравнения с модельными результатами за период 1959–2022 гг. привлекались данные реанализа ERA5 (Hersbach et al., 2020).

Проведенный анализ позволил разбить модели проекта CMIP6 по их способности воспроизводить сезонный ход осадков над Чёрным морем на следующие 7 групп:

- модели, некорректно воспроизводящие сезонный цикл региональных осадков: ACCESS-CM2 и ACCESS-ESM1-5;

- модели, удовлетворительно воспроизводящие величины осадков в зимний сезон и занижающие величины осадков летом, что приводит к занижению среднегодовых величин осадков: AWI-CM-1-1-MR, CAMS-CSM1-0, CanESM5-p1, CanESM5-p2, CanESM5-CanOE p2, CESM2, CESM2-WACCM, CMCC-CM2-SR5, EC-Earth3, EC-Earth3-Veg, FIO-ESM-2-0, HadGEM3-GC31-LL f3, INM-CM4-8, INM-CM5-0, IPSL-CM6A-LR, KACE-1-0-G, NESM3, NorESM2-MM и UKESM1-0-LL f2;

- модели, завышающие величины осадков в зимний сезон и занижающие величины осадков летом, что приводит к удовлетворительному воспроизведению среднегодовых величин осадков: BCC-CSM2-MR, MIROC6, MPI-ESM1-2-HR, MPI-ESM1-2-LR, MRI-ESM2-0 и NorESM2-LM;

- модели, занижающие величины осадков и зимой, и летом, что приводит к существенному занижению среднегодовых величин осадков: CNRM-ESM2-1 f2, FGOALS-f3-L и FGOALS-g3;

- модель, завышающая величины осадков в зимний сезон почти в 2 раза и удовлетворительно воспроизводящая величины осадков летом, что приводит к значительному завышению среднегодовых величин осадков: MIROC-ES2L f2;

- модели, удовлетворительно воспроизводящие сезонный ход и среднегодовые величины осадков, но значимо занижающие или завышающие величины осадков в отдельные месяцы года: CNRM-CM6-1 f2 и GFDL-ESM4;

- модели, хорошо воспроизводящие сезонный цикл и, как следствие, среднегодовые величины осадков: CNRM-CM6-1-HR f2, GFDL-CM4 и GISS-E2-1-G p3.

Большинство моделей проекта CMIP6 неудовлетворительно воспроизводит климатический сезонный ход осадков над Чёрным морем. В целом, результаты моделирования зимних осадков лучше согласуются с данными реанализа ERA5, чем летних. Это свидетельствует о неадекватной параметризации конвективных осадков в большинстве моделей проекта CMIP6. Поэтому использование мультимодельного осреднения по всему массиву CMIP6 при проведении сценарных оценок осадков над Чёрным морем нецелесообразно.

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

Список использованной литературы:

Eyring V., Bony S., Meehl G. A., Senior C. A., Stevens B., Stouffer R. J., Taylor K. E. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization // *Geosci. Model Dev.* – 2016. – Vol. 9. – P. 1937–1958.

Hersbach H., Bell B., Berrisford P., Hirahara S. et al. The ERA5 global reanalysis // *Quar. J. of the Royal Meteor. Soc.* – 2020. – Vol. 146, No. 730. – P. 1999–2049. – DOI 10.1002/qj.3803.

ЭСКАЛАЦИЯ СОКРАЩЕНИЯ ВОДНО-ЛЕДОВЫХ РЕСУРСОВ КАВКАЗА: МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Поповнин В.В.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия
begemotina81@gmail.com

Распространённая точка зрения об ускорении деградации оледенения Земли в эпоху глобальных перемен зачастую лишена объективной аргументации. Единственным источником достоверных данных служит система прямого мониторинга самого информативного показателя эволюции ледников – их баланса массы. Однако объекты такого мониторинга единичны. Во всём мире их насчитывается лишь несколько десятков. Самым изученным ледником России является ледник Джанкуат на Кавказе, чей уникальный ряд измерений приходного и расходного компонентов баланса массы (аккумуляции и абляции) продолжается без перерывов вот уже 57 лет – с 1967/68 г. Всемирная служба мониторинга ледников включила его в десятку опорных ледников Земли. Современная эволюция его водно-ледовых ресурсов полагается репрезентативной для горной системы Кавказа в целом.

Несмотря на однозначное господство за более чем полувековой интервал времени отрицательных значений годового баланса (т.е. превышения расхода вещества над приходом), сокращение ледника Джанкуат шло неравномерно. Умеренные темпы деградации в XX в. включали и 10-15-летний отрезок (со второй половины 1980-х гг.) относительного улучшения его состояния, когда преобладали положительные значения баланса, а фронт ледника временно стабилизировался. Однако с наступлением XXI в. фиксируется явный перелом в его эволюции – возобновившаяся деградация по своей скорости стала поистине беспрецедентной в масштабе всей регрессивной фазы после кульминации малого ледникового периода в 1850-х гг. Мало того, что ускорилось сокращение физической площади Джанкуата (с 3,234 до 2,505 км², т.е. на 22% за 50 лет), а отступление его фронта составило за весь период наблюдений с 1968 г. уже 557 м, но после 2004/05 г. в последующих 19 сезонах баланс массы ни разу не принимал положительного значения (беспрецедентный случай за полтора столетия, судя по реконструкции с 1871 г.). Если до 2004/05 г. среднее значение баланса составляло –97 мм вод.экв. в год, то впоследствии до наших дней среднегодовая убыль возросла в 8 раз. В целом же за 57 лет общие потери вещества уже составили почти 19 м в слое воды.

Такая динамика обязана собой тому, что даже на фоне явной тенденции зимнего снегонакопления к росту, наблюдающейся уже свыше полувека, абляция ледника в летнее время также неуклонно возрастает по модулю, перевешивая по своему балансовому эффекту позитивный тренд аккумуляции. Впрочем, некоторым наметившимся исключением выглядят последние 7-8 лет, когда рост снежности зим в гляциальном поясе несколько ускорился, а темпы как усиления абляции, так и роста чистой убыли массы несколько замедлились. Иными словами, наметились признаки не ускорения, а наоборот, замедления убыли массы. Таким образом, в десятилетнем масштабе времени мнение об эскалации сокращения запасов льда пока не оправдывается. Правда, колебания баланса массы всё равно остаются в области отрицательных значений.

Важной представляется выявленная стойкая тенденция к росту обмена ледника (т.е. суммы аккумуляции и абляции, взятой по модулю), прослеживающаяся в течение всего многолетнего периода мониторинга с 1967/68 г. Этот показатель интенсивности круговорота вещества в гляциальном поясе служит косвенным индикатором ослабления в масштабе последних десятилетий свойств континентальности климата кавказского высокогорья, но является ли обнаруженная закономерность интенсификации массообмена ледника локальным или региональным свойством, пока остаётся неясным.

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект 22-17-00133).

**ПРОГНОЗ ОБРАЗОВАНИЯ НОВЫХ ПРОГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОЗЁР
ПО МЕРЕ ОТСТУПАНИЯ ЛЕДНИКОВ ЭЛЬБРУСА В XXI ВЕКЕ**

Постникова Т.Н.¹, Рыбак О.О.^{1,2,4}, Губанов А.С.³, Зеколлари Х.^{5,6}, Хусс М.^{6,7,8}

¹Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

²ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

³Географический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

⁴Earth System Science and Department of Geography, Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium

⁵Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology (VAW), ETH Zürich, Zürich, Switzerland

⁶Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL),
Birmensdorf, Switzerland

⁸Department of Geosciences, University of Fribourg, Fribourg, Switzerland
tasinidze@gmail.com

Эльбрус – высочайшая вершина Европы (5642 м), ныне спящий вулкан, покрытый тридцатью ледниками. Ожидаемое отступление фронтов ледников приведет к формированию прогляциальных озёр в локальных депрессиях ложа, которые были идентифицированы ранее (Лаврентьев и др., 2020). Нами было определено наиболее вероятное время их образования и уточнены их характеристики. Кроме того, было спрогнозировано время и место образования областей погребенного под мореной мертвого льда, которые в определенных обстоятельствах будут подпруживать озёра, увеличивая, тем самым, вероятность их прорыва. Прогноз был подтверждён на примере озёр, уже образованных в XXI веке (Докукин и др., 2022).

Для проведения данного исследования мы спрогнозировали вероятные изменения ледников Эльбруса в соответствии с климатическими сценариями из проекта CMIP6 (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5) в XXI веке, для чего была использована модель течения ледников вдоль осевой линии GloGEMflow (Zekollari et al., 2019) со встроенным в нее блоком эволюции моренного покрова. В ней процессы энергообмена и динамики ледников описываются в упрощенной форме. Это является причиной неизбежной неопределенности в прогностических расчетах характеристик оледенения. Однако с ростом заблаговременности прогнозов всё возрастающую роль начинает играть разброс в исходных климатических сценариях. Эти вопросы также обсуждаются в настоящем исследовании.

Согласно прогностическим расчетам, к 2100 году ледники на Эльбрусе отступят выше 4000 м н.у.м., и на их месте на Эльбрусе вероятно будет образовано до 17 новых озер. При умеренном потеплении (сценарии SSP1-1.9, SSP1-2.6) возможна стабилизация положения фронтов ледников на высоте 3600–3700 м. При этом на Эльбрусе будет сформировано до 8 озер. Крупнейшие озёра будут образованы в первой половине века независимо от климатического сценария. Самое большое озеро на месте ледового плато Джикиуганкёз, возможно, будет подпружено мореной с погребенной под ней областью мертвого льда толщиной до 60 м предположительно в 2040±10 годах, и вероятно будет представлять значительную селевую опасность ниже по течению р. Малка.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта 23-27-00050.

Список использованной литературы:

Докукин М. Д., Савернюк Е. А., Беккиев М. Ю., Калов Р. Х., Хаткутов А. В. Эволюция озёр у ледника Джикиуганкёз (Северное Приэльбрусье) в 1957–2020 гг. с учётом подземных каналов стока // Лёд и Снег. – 2022. – Т. 62, № 1. – С. 47–62.

Лаврентьев И. И., Петраков Д. А., Кутузов С. С., Коваленко Н. В., Смирнов А. М. Оценка потенциала развития ледниковых озёр на Центральном Кавказе // Лёд и Снег. – 2020. – Т. 60, № 3. – С. 343–360. – DOI 10.31857/S2076673420030044.

Zekollari H., Huss M., Farinotti D. Modelling the future evolution of glaciers in the European Alps under the EURO-CORDEX RCM ensemble // The Cryosphere. – 2019. – Vol. 13. – P. 1125–1146.

**ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА
НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ**

Русинова В.К.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

VeKRusinova@stud.kpfu.ru

В работе рассмотрена пространственно-временная изменчивость приземной температуры воздуха и атмосферных осадков на Европейской территории России. Главное внимание уделено анализу трендов указанных характеристик, что позволило оценить масштабы потепления климата в последние десятилетия. Наблюдается общий тренд на повышение температуры. Наибольшие изменения термического режима происходят в зимние месяцы на северо-западной части рассматриваемой территории (в январе величина коэффициента наклона линейного тренда (КНЛТ) достигает $0,82^{\circ}\text{C}/10$ лет), а наименьшие изменения отмечаются в апреле (КНЛТ= $0,26^{\circ}\text{C}/10$ лет) и ноябре ($0,24^{\circ}\text{C}/10$ лет). Также, наблюдается общая тенденция увеличения числа случаев с положительными аномалиями температуры и снижение числа с отрицательными. Наибольшие изменения годовых сумм атмосферных осадков происходят в январе (величина КНЛТ достигает $1,77$ мм/10 лет) и мае (КНЛТ= $1,79$ мм/10 лет), а наименьшие изменения отмечаются в ноябре (КНЛТ= $-0,32$ мм/10 лет).

Расчеты выполнялись с использованием данных 54 метеорологических станций, расположенных на территории России из фонда ВНИИГМИ-МЦД за 1966–2022 гг. Многолетние ряды исходных данных подвергались статистической обработке – находились средние величины, средние квадратические отклонения (СКО), аномалии температуры воздуха и атмосферных осадков, линейные тренды температуры и осадков на территории России для периодов 1966–2022 и 1991–2020 гг.

В 1966–2022 гг. практически на всей ЕТР происходило потепление климата, которое сопровождалось увеличением годовых сумм осадков. Наибольшие изменения касаются западной и юго-западной части ЕТР. На юге рассматриваемой территории, однако, есть некоторая тенденция на снижение сумм осадков в теплые месяцы. В холодное время года изменение сумм осадков носит меридиональный характер, тогда как в теплое – зональный. Полученные в работе тренды температуры воздуха и атмосферных осадков для центральных месяцев сезонов могут служить дополнением к результатам анализа сезонных трендов этих величин, представленных в (Барцев и др., 2016; Бардин и др., 2020; Доклад ..., 2021).

Список использованной литературы:

Бардин М. Ю., Ранькова Э. Я., Платова Т. В., Самохина О. Ф., Корнева И. А. Современные изменения приземного климата по результатам регулярного мониторинга. // Метеорология и гидрология. – 2020. – №5. – С. 29–45.

Барцев С. Н., Белолипецкий П. В., Дегерменджи А. Г., Иванова Ю. Д., Почекутов А. А., Салтыков М. Ю. Новый взгляд на динамику климата Земли. // Вестник Российской Академии наук. – 2016. – Т. 86, №3. – С. 244–253.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. – М., 2021. – 104 с.

ВЛИЯЕТ ЛИ ПОГОДНЫЙ ШУМ НА МОДЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ПОВЕРХНОСТНОГО БАЛАНСА МАССЫ ГОРНОГО ЛЕДНИКА?

Рыбак О.О.^{1,2}, Рыбак Е.А.²

¹Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

²ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

Целью исследования является оценка влияния случайных погодных колебаний (погодного шума) на результаты модельных расчетов компонент поверхностного баланса массы горного ледника. В качестве объекта исследования выбран ледниковый комплекс Эльбруса, представляющий собой совокупность из более, чем двух десятков ледников, общая площадь которых оценивалась в 2017 г. в $112,20 \pm 0,58$ км² (Kytuzov et al., 2019). Традиционный подход к моделированию баланса массы заключается в использовании метеорологических рядов (инструментальных или полученных в ходе прогностического моделирования климата) в качестве внешнего форсинга. Результаты расчетов, как правило, чувствительны к выбору модельных параметров, и для получения корректных результатов масс-балансовая модель должна быть тщательно откалибрована по данным измерений. В рамках этого подхода обычно игнорируется тот факт, что сами ряды форсинга содержат внутреннюю погодную изменчивость, которая после интегрирования моделью может быть причиной возникновения в рядах рассчитанных компонент баланса массы трендов по типу случайного блуждания или дополнительного разброса в результатах расчетов, не связанных с особенностями самой модели.

Для выполнения соответствующих оценок в модельных расчетах баланса массы были использованы суррогатные (искусственно сгенерированные) ряды температуры приземного воздуха и количества осадков. Ансамбль из 50 таких рядов продолжительностью в 20 модельных лет с суточным временным разрешением был получен с использованием стохастического генератора погоды WGEN (Richardson, Wright, 1984) на основе наблюдаемых рядов на метеостанции Терскол за 1999-2020 гг. В наблюдаемых рядах не было обнаружено статистически значимого линейного тренда. В генераторе WGEN события осадков моделируются марковской цепью первого порядка, а их интенсивность гамма-распределением. Температура воздуха рассчитывается путем подгонки соответствующих распределений и гармонических функций отдельно для модельных дней с осадками и без осадков.

Статистический анализ сгенерированного ансамбля кумулятивных значений (то есть накопленных за период 20 модельных лет) поверхностного баланса массы и его компонент – аккумуляции, таяния, ледникового стока – позволил оценить влияние погодного шума на результаты моделирования.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ ИПТС по теме: «Фундаментальные и прикладные исследования закономерностей и механизмов формирования региональных изменений природной среды и климата под влиянием глобальных процессов в системе океан-атмосфера» (№ госрегистрации 124013000609-2).

Список использованной литературы:

Kutuzov S., Lavrentiev I., Smirnov A. et al. Volume changes of Elbrus glaciers from 1997 to 2017 // *Frontiers in Earth Science*. – 2019. – Vol. 7, No. 153. – DOI 10.3389/feart.2019.00153.

Richardson C. W., Wright D. A. 1984. WGEN: A model for generating daily weather variables. – U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-8. – Washington, D.C, 1984. – 83 p.

**ВЫБОР МОДЕЛЕЙ СМIP6 ДЛЯ АНАЛИЗА
БУДУЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА СИБИРИ**

Сафина Р.А., Марчукова О.В.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Aivarovna04@gmail.com

Глобальное потепление – это постепенное увеличение температуры поверхности Земли, вызванное в большей степени парниковым эффектом, возникающим из-за парниковых газов: водяной пар (H_2O), углекислый газ (CO_2), метан (CH_4), озон (O_3), оксид азота (N_2O) и др. Для настоящей работы была взята территория Сибири в пределах границ Природных районов России, которая подразделяется на Западную Сибирь, Среднюю Сибирь, горы Южной Сибири и Северо-Восточную Сибирь.

Вечная мерзлота Сибири покрывает почти две трети территории страны. Глобальное потепление на территории Сибири несет за собой неизбежное оттаивание вечной мерзлоты. Деформируется ландшафт, возрастает риск обрушения построек, происходят ежегодные наводнения, меняются схемы миграций животных, появляется риск исчезновения видов. Ускоренное глобальное потепление несет за собой суровые последствия для всех живых организмов и деятельности людей (Alexandrov et al., 2021).

Цель настоящей работы заключается в том, чтобы провести верификацию и отбор моделей СМIP6 для температуры воздуха и количества осадков на территории Сибири, опираясь на динамику изменения климата по данным основных метеостанций, охватывающих период измерений с 1940 по 2023 гг. Для этого в работе были проанализированы данные для каждого параметра (температуры воздуха и осадков) с 59 метеостанций, для них рассчитаны величина тренда за 10 лет и коэффициент детерминации. Территория исследования охватывает следующие субъекты РФ: Ханты-мансийский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, Свердловская область, Курганская область, Тюменская область, Омская область, Томская область, Новосибирская область, Алтайский край, Республика Алтай, Республика Хакасия, Кемеровская область, Красноярский край, Иркутская область, Республика Бурятия, Республика Якутия, Забайкальский край.

По результатам анализа проведенной верификации в работе будет отобрано несколько моделей, которые правильно воспроизводят показатели линейных трендов для среднемесячной температуры воздуха и количества выпавших осадков на всей территории Сибири. На этой основе будут сделаны выводы, а так же долгосрочный прогноз изменения температуры воздуха и количества осадков к концу XXI века на территории Сибири.

Список использованной литературы:

Alexandrov G. A., Ginzburg V. A., Romanovskaya A. A., Insarov G. E. CMIP6 model projections leave no room for permafrost to persist in Western Siberia under the SSP5-8.5 scenario // Climatic Change. – 2021. – Vol. 169, No. 3-4. – DOI 10.1007/s10584-021-03292-w.

**АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ТЕПЛОГО ПЕРИОДА,
ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬХОЗКУЛЬТУР НА РАВНИННОЙ
ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Семенова К.А., Волкова Е.С.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия
ksenia_ska@mail.ru

Успешное возделывание сельхозкультур на равнинной южно-таежной территории Западной Сибири зависит от ряда факторов природного характера: подходящие природно-климатические условия, благодатные почвы, соответствующие геоморфологические особенности местности и т.д. Наряду с этим существуют неблагоприятные, а порой и опасные, климатические явления, довольно часто наблюдаемые на этой территории. В последнее десятилетие многими исследователями отмечается изменение ряда климатических показателей, оказывающих воздействие на урожайность основных сельхозкультур. Такие изменения имеют как положительные, так и отрицательные последствия. Увеличение продолжительности вегетационного периода позволяет культивировать более теплолюбивые сорта, сдвигать срок посадочных работ. Но вместе с тем наблюдается увеличение количества опасных и неблагоприятных климатических явлений и их интенсивность для роста большинства сельхозкультур. Отсюда целью исследования является пространственно-временной анализ климатических явлений теплого периода года, воздействующих на условия функционирования местной системы растениеводства. Актуальность исследования обусловлена поиском мировой научной общественностью путей адаптации сельского хозяйства к изменяющимся климатическим условиям. Основой информационно-аналитической базы послужили открытые источники метеоинформации ООО «Расписание погоды», международной базы метеоданных NOAA за период с 2000 по 2023 гг. по 30 метеостанциям. Для картографического отображения использовалось программное обеспечение ArcGIS. В ходе исследования были оценены следующие показатели: дата наступления и продолжительность периода активной вегетации, сумма активных температур более 10°C (САТ), заморозки, низкая влажность воздуха, жаркая погода, сильные осадки.

Результаты показали, что в целом на исследуемой территории происходит изменение сроков устойчивых переходов среднесуточных температур через +10°C, и отмечается увеличение сроков вегетационного периода. В период активной вегетации среднемноголетние значения величины САТ для западных районов достигают 2100°C, для восточных – 1800°C. В некоторые годы (2003, 2015, 2020) величина САТ превышала среднемноголетние значения. Например, в 2015 г. в Томской области в подобных условиях (благоприятное соотношение тепла и влаги) урожайность картофеля достигла 200 ц/га. Однако, на фоне повышения температурного оптимума возрастает вероятность возникновения опасных и неблагоприятных явлений. По отдельным климатическим показателям значения варьируют от 5% до 80%. Особый ущерб для местной системы растениеводства способны нанести поздние весенние заморозки, вероятность их возникновения даже в третьей декаде мая составляет от 18 до 32%, а для северо-западной части в первой декаде июня значение превышает 10%. В это же время низкая влажность воздуха, предопределяющая недостаток влаги в почве, фиксируется каждый день. Высоким абиотическим стрессом для большинства сельхозкультур является жаркая погода, которая здесь устанавливается с вероятностью 5,6%.

В целом изменяющиеся климатические ресурсы на территории исследования создают благоприятные условия для выращивания многих видов сельхозкультур. Однако, немаловажны знания и учет неблагоприятных факторов, которые способны нанести урон местной системе растениеводства.

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

ГЕОСТРОФИЧЕСКИЙ ПЕРЕНОС В СИСТЕМЕ ВОСТОЧНЫХ ПОГРАНИЧНЫХ АПВЕЛЛИНГОВ. АТЛАНТИЧЕСКИЕ АПВЕЛЛИНГИ

Серебренников А.Н., Полонский А.Б.

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

Системы восточных пограничных апвеллингов (Eastern Boundary Upwelling System, EBUS), включающие Калифорнийский, Перуанский, Чилийский, Канарский и Бенгельский апвеллинги, являются одними из наиболее биологически продуктивных экосистем. Они занимают менее 2% поверхности океана, но вносят около 7% в мировую морскую первичную продукцию и более 20% в мировые уловы рыбы. Сгонный прибрежный ветер, направленный к экватору, является доминирующим физическим процессом, вызывающим апвеллинг и высокую биологическую продуктивность восточных частей Тихого и Атлантического океанов. Выявление долговременных тенденций интенсивности EBUS, обусловленных изменениями климата, является одной из важнейших проблем, активно обсуждаемых в специальной научной литературе на протяжении многих лет. Большинство прогнозов изменения интенсивности апвеллингов основаны на оценках тенденций ветрового (экмановского) переноса в будущем. Между тем, в EBUS вдольбереговые градиенты уровня моря вызывают геострофический поток перпендикулярный побережью. Этот поток компенсируется вертикальным переносом, который может либо подавлять, либо усиливать апвеллинг в зависимости от направления потока.

Тенденции изменений этой циркуляционной компоненты океанического переноса, который также может вносить существенный вклад в общие изменения интенсивности прибрежных апвеллингов, исследованы значительно менее детально. В настоящем докладе мы проанализируем роль обеих компонентов транспорта в изменении Атлантических апвеллингов в условиях глобального потепления.

Расчет геострофического переноса был выполнен на основе набора данных MULTIOBS_GLO_PHY_TSUV_3D_MYNRT_015_012. Уровень обработки данных – L4. Данные представлены в виде трехмерного (географические широта, долгота и глубина) массива, содержащего величины температуры, солёности, динамической высоты и геострофического течения от поверхности до глубины 5500 м, и двумерного (широта и долгота) массива толщины перемешанного слоя (*MLD*) на регулярной сетке 1/4°. Массивы были получены путем объединения спутниковых и натурных (*in-situ*) данных наблюдений.

Компоненты геострофического переноса по долготе (T_x) и широте (T_y) рассчитываются по компонентам геострофических скоростей и толщине верхнего перемешанного слоя:

$$T_x = \int_{y_1}^{y_2} \int_{z=0}^z u_g dy dz = MLD \times \bar{U}_g$$

$$T_y = \int_{x_1}^{x_2} \int_{z=0}^z v_g dx dz = MLD \times \bar{V}_g,$$

где z соответствует переменной толщине перемешанного слоя; \bar{U}_g и \bar{V}_g – средние значения зональной и меридиональной компоненты геострофической скорости в верхнем перемешанном слое (*MLD*).

Геострофический перенос, направленный перпендикулярно береговой черте, вычислялся по следующему соотношению:

$$T_{geo} = (-\bar{U}_g \times \sin(\alpha) + \bar{V}_g \times \cos(\alpha)) \times MLD.$$

Результаты расчетов экмановского и геострофического переносов в области Канарского и Бенгельского апвеллингов показали, что учет геострофических течений в целом не привел к изменению трендов интенсивности этих апвеллингов.

**ОЦЕНКА СВЯЗИ ДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА МЕЗОСФЕРЫ СО
СТРАТОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ПО ДАННЫМ РЕ-АНАЛИЗА
И СВЧ-РАДИОМЕТРИИ**

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

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия
anigahuchi@yandex.ru

В настоящей работе, на основе данных о температуре Microwave Limb Sounder (MLS) (Waters et al., 2006), показано, в летней мезопаузе Северного Полушария 2013 и 2015 годов проявляется первая асимметричная мода Россби (Forbes, 1995), амплитуды которой достигают максимума необычно поздно – к началу мая. Характеристики планетарной волны (ПВ) вычислялись методом комплексных амплитуд (Yamazaki, 2023). В работе (Didenko et al., 2024) показано, что результаты гидродинамического моделирования хорошо согласуются с данными Aura/MLS на высотах мезосферы и нижней термосферы (МНТ). Наличие такой ПВ сопровождалось отрицательными аномалиями температуры ($-5...-10^{\circ}$) и положительными аномалиями концентрации H_2O (до 1 ppm). Климат вычислялся за 20 лет: с 2004 по 2024 г. Предположительно, источником ПВ могли служить внезапные стратосферные потепления (ВСП) и весенние перестройки циркуляции стратосферы (Savenkova et al., 2012). С использованием данных модели UK MetOffice была вычислена структура амплитуды стационарной планетарной волны (СПВ) с $m=1$ в поле геопотенциальной высоты на $62,5^{\circ}$ с. ш. Максимум амплитуды СПВ1 сохраняется до начала апреля, что не прослеживается в другие года. По данным о зональной компоненте ветра в реанализе Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2) были изучены годы позднего максимума амплитуды ПВ и соседние. Весной 2013 и 2015 г зональная компонента на протяжении апреля-мая была выше климатического среднего, определенного за 42 года: с 1980 по 2022. вероятно, это не единственные факторы, необходимые для генерации ПВ, но, предположительно, именно они являются ключевыми, что требует дополнительного исследования. Показано, что в прочие годы ПВ либо проявлялась зимой, затухая к началу весны, либо вовсе отсутствовала.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ (грант №20-77-2021-10006-П).

Список использованной литературы:

Didenko K.A., Koval A.V., Ermakova T.S., Sokolov A.V., Toptunova O.N. Analysis of a secondary 16-day planetary wave generation through nonlinear interactions in the atmosphere // *Earth, Planets and Space*. – 2024. – Vol. 76, No.124. – DOI 10.1186/s40623-024-02072-x.

Forbes J. M. Tidal and planetary waves. The Upper Mesosphere and Lower Thermosphere: A Review of Experiment and Theory / Eds. R.M. Johnson and T.L. Killeen // *Geophysical Monogr. Ser.* – Washington. D.C.: American Geophysical Union, 1995. – Vol. 87. – P. 67–87. – DOI 10.1029/GM087p0067.

Savenkova E. N., Kanukhina A. Yu., Pogoreltsev A. I., Merzlyakov E. G. Variability of the springtime transition date and planetary waves in the stratosphere // *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. – 2012. – Vol. 90–91. – P. 1–8. – DOI 10.1016/j.jastp.2011.11.001.

Waters J. W., Froidevaux L., Harwood R. S., Jarnot R. F. et al. The Earth Observing System Microwave Limb Sounder (EOS MLS) on the Aura satellite // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2006. – Vol. 44, No. 5. – P. 1075–1092.

Yamazaki Y. A method to derive Fourier-wavelet spectra for the characterization of global-scale waves in the mesosphere and lower thermosphere and its MATLAB and Python software (fourierwavelet v1.1) // *Geosci. Model Dev.* – 2023. – Vol. 16. – P. 4749–4766. – DOI 10.5194/gmd-16-4749-2023.

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТЕПЛОВОГО КОМФОРТА ВО ВРЕМЯ АНОМАЛЬНОЙ ЖАРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ

Стефанович А.А., Воскресенская Е.Н.

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

Современные изменения климата сопровождаются увеличением частоты экстремальных погодных явлений, в том числе волн аномальной жары (тепловых волн). Недавние исследования подтверждают, что с 1950-х годов частота и продолжительность тепловых волн возросли почти во всех уголках мира. Особенно заметные изменения наблюдаются в Средиземноморском регионе. Схожие тенденции отмечаются и на побережье Черного моря. Аномально жаркие условия влияют на биоклиматическую комфортность территорий, что влечет за собой негативные последствия, как для здоровья населения, так и для деятельности рекреационного сектора в целом.

Цель настоящей работы – оценить условия теплового комфорта во время аномальной жары на территории города Севастополя в теплый период года с 1950 по 2020 год. Для выделения периодов аномальной жары использовались ежедневные метеорологические данные реанализа ERA5 за период 1950–2020 годы, качество которых откорректировано с помощью данных наблюдений метеостанции Херсонесский маяк. Анализ проводился для теплого периода с мая по октябрь, когда вероятность возникновения тепловых волн наиболее высока. В исследовании применялись четыре тепловых индекса, учитывающих как простые показатели температуры воздуха (T_{mean} и T_{max}), так и более сложные комплексные индексы на основе индекса физиологически эквивалентной температуры (PET_{mean} и PET_{max}), что способствует более точной оценке комфортности климатических условий и рисков для здоровья населения во время тепловых волн. Для идентификации тепловых волн для каждого теплового индекса был рассчитан порог жары – 97%-ый процентиль. За тепловую волну считался период продолжительностью более 5 дней, когда значения тепловых индексов превышали свои пороговые значения.

В результате анализа была выявлена тенденция к росту как количества, так и продолжительности тепловых волн на территории города Севастополя в период с 1950 по 2020 год. Количество волн тепла за 71 год по T_{mean} – 27, по T_{max} – 24. В период с 1950 по 1965 год тепловых волн по используемым показателям выявлено не было. В период с 1966 по 1975 год выявлено 5 тепловых волн: по T_{mean} в 1970 и 1972 годах, по T_{max} в 1970, 1971, 1972 годах. С 1976 по 1997 год тепловых волн не наблюдалось. Далее, начиная с 1998 года, тепловые волны наблюдались практически ежегодно, за исключением 2000, 2003, 2004, 2013 годов. В среднем в течение года наблюдается 1-2 тепловые волны по разным тепловым индексам.

Комфортные значения индекса PET , при которых термическое напряжение отсутствует, находятся в диапазоне 18-23°C. Подобные условия в периоды тепловых волн установлены не были. Тепловые волны по T_{mean} в основном характеризуются дискомфортными условиями с незначительным термическим стрессом (PET_{mean} от 23 до 29°C). При оценке максимальных значений PET во время тепловых волн на территории города Севастополя наблюдается сильный тепловой стресс (PET_{max} выше 35°C). Тепловые волны по T_{max} определили дискомфортные условия с умеренным тепловым стрессом (PET_{mean} от 29 до 35°C). При оценке максимальных значений PET во время тепловых волн отмечаются также дискомфортные условия с умеренным тепловым стрессом (PET_{max} от 29 до 35°C).

Доминирующие тенденции показывают, что с каждым годом риск возникновения тепловых волн возрастает, что подчеркивает необходимость разработки мер по обеспечению здоровья и безопасности населения в условиях наблюдаемых климатических изменений.

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

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ИНДЕКСА ШЕФФЕРА, КАК ИНДИКАТОРА РИСКА РАЗРУШЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ, НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Сухонос О.Ю., Вышкваркова Е.В.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
kovalenko_olga89@mail.ru

Сохранение памятников деревянного зодчества, как объектов культурного наследия, на Европейской части России является актуальной задачей. К естественным факторам разрушения древесины относятся природно-климатические условия. Ряд исследований обнаруживают увеличение влажности воздуха, которое на фоне роста приземной температуры воздуха создает благоприятные условия для усиления биологической активности вызывая разрушение (разложение) деревянных сооружений под действием грибов, плесени, водорослей, насекомых (см., например, Sesana et al., 2021).

Цель работы – оценка современных изменений индекса Шеффера, как индикатора риска разрушения деревянных конструкций объектов культурного наследия под воздействием климатических условий, на Европейской части России.

В работе использованы ежедневные данные о температуре воздуха и атмосферных осадках из реанализа ERA5 (пространственное разрешение $0,5^\circ \times 0,5^\circ$) за период 1961–2020 гг. для Европейской части России. Влияние климатических условий на деревянные конструкции объектов культурного наследия оценивалось с помощью индекса Шеффера (Scheffer Climate Index – SCI) (Scheffer, 1971), учитывающего величины температуры воздуха и количество дней с осадками более 0,3 мм. Индекс разработан для оценки риска опасности гниения древесины. Так, значения индекса SCI менее 35 указывают на низкий риск, значения от 35 до 65 – на умеренный, от 65 до 100 – на высокий и выше 100 — на очень высокий риск (Scheffer, 1971). Расчёт и анализ индекса SCI выполнен для всего периода и для двух периодов 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг., принятых Всемирной Метеорологической Организацией как климатические нормы.

Обнаружено, что в период 1961–2020 гг. значения индекса SCI на исследуемой территории изменяются в пределах от 0 до 160. Наибольшие значения (выше 80) обнаружены на Черноморском побережье Кавказа. Для трёх периодов характерно возрастание величин индекса с северо-востока на юго-запад. Во второй климатический период (1991–2020 гг.), относительно первого, практически по всей анализируемой территории произошло увеличение индекса SCI, особенно выраженное на северо-востоке региона (до 100%). При этом для южных регионов Европейской части России характерно небольшое уменьшение индекса SCI до значений около 20%, за исключением района Кавказского хребта, где отмечается увеличение до 80–90% в высокогорной части.

Тренды индекса SCI в периоды 1961–2020 гг. и 1961–1990 гг. преимущественно положительные на исследуемой территории. Севернее 50° ш. коэффициенты тренда статистически значимые. Максимальные значения коэффициентов тренда достигают 0,6/год на северо-западе региона. В период 1961–2020 гг. в Предкавказье отмечаются статистически незначимые отрицательные тренды индекса SCI, а в области Кавказского хребта тренды индекса SCI положительные с коэффициентами от 0,2 до 0,4/год.

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

Список использованной литературы:

Scheffer T. C. A climate index for estimating potential for decay in wood structures above ground // Forest Products Journal. – 1971. – Vol. 21. – P. 25–31.

Sesana E., Gagnon A. S., Ciantelli C., Cassar J. A., Hughes J. J. Climate change impacts on cultural heritage: A literature review // WIREs Clim. Change. – 2021. – Vol. 12. – e710. – DOI 10.1002/wcc.710.

**ОБ АНОМАЛИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА И ИХ
ВЛИЯНИИ НА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗЕМНОЙ
ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В АФРИКАНСКО-ЕВРОПЕЙСКОМ 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

В Индийском океане (ИО) процессы перераспределения тепла между различными компонентами климатической системы характеризуются уникальными особенностями, которые отличают его от Тихого (ТО) и Атлантического (АО) океанов. Азиатский континент изолирует ИО с севера, не позволяя тёплым течениям, сформировавшимся в тропиках, достичь высоких широт Северного полушария, так как это происходит в АО и ТО. Кроме этого, ИО также получает дополнительное тепло из ТО через Индонезийский пролив. Это делает его одним из основных источников тепла для АО. В связи с этим следует ожидать значимого отклика в полях гидрометеорологических параметров АО на климатическую изменчивость ИО.

Ключевой особенностью перераспределения тепла внутри экваториально-тропической зоны ИО является противофазные изменения температуры поверхности океана (ТПО) в западной и восточной его части (Saji, 2018). Это явление межгодового масштаба получило название Индоокеанский диполь (ИД). Распространение аномалий ТПО с востока на запад и обратно, связанное с событиями ИД, оказывает существенное влияние на климат стран Индоокеанского бассейна. Что касается влияния ИД на удаленные регионы, то 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., 2023).

В данной работе проводится количественная оценка влияния ИД на межгодовую изменчивость ПТВ в Африканско-Европейском регионе и прилегающей части АО. Для этого использованы результаты глобального атмосферного ре-анализа ERA5 за период 1960–2023 гг. по ПТВ с месячным разрешением в узлах регулярной сетки $0,25^\circ \times 0,25^\circ$. Исследовалась область, ограниченная координатами 10° ю. ш. – 90° с. ш. и 30° з. д. – 70° в. д. Полученные временные ряды ПТВ 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 ПТВ в Африканско-Европейском регионе и прилегающей части АО 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 ИО 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:

Торбинский А. В., Полонский А. Б., Губарев А. В. Влияние Индоокеанского диполя на пространственно-временную изменчивость приземной температуры воздуха Африканско-Европейского региона // СКОС. – 2023. – № 3 (53) – С. 8–16.

Saji N. H. The Indian Ocean Dipole // Oxford Research Encyclopedia of Climate Science. – 2018. – P. 1–46.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОГО ПОЛЯ, ГЕНЕРИРУЕМОГО СТРУЙНЫМ ЗОНАЛЬНЫМ ВЕТРОВЫМ ТЕЧЕНИЕМ В ОКЕАНЕ

Федотов А.Б.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
fedotov57@mail.ru

В рамках численной модели двухслойного океана с глубиной слоев, соответствующей средним океаническим условиям, проведено исследование ветровой эволюции крупномасштабной циркуляции. В общих чертах структура океанической циркуляции в данной нелинейной квазигеострофической модели представлена интенсивным струйным зональным течением, окруженным вихревым полем. Предыдущие исследования делали акцент на анализе физических особенностей и характеристик интенсивного струйного течения, при этом вихревое поле трактовалось как фон малой интенсивности. Источником, порождающим вихри циклонической и антициклонической завихренности, является бароклинная неустойчивость основного струйного течения. Анализ пространственного распределения плотности энергии всей структуры течений показывает, что кинетическая энергия течений в верхнем и нижнем слоях преимущественно сконцентрирована в струйном течении, при том, что доступная потенциальная энергия относительно равномерно распределена в области, занятой вихревым полем. Для анализа вихревого поля был проведен ряд численных экспериментов при различной интенсивности ветрового воздействия, была выполнена оценка среднего количества вихрей, окружающих струйное течение. С этой целью было предложено произвести фильтрацию длинноволновых гармоник, дающих вклад в структуру струйного течения, отделив их от относительно мелкомасштабных гармоник, формирующих вихревое поле. Путем проведения тестовых расчетов был оценен масштаб фильтрации, он был выбран в размере двойного масштаба Россби. Численные эксперименты проводились для пяти значений интенсивности ветрового воздействия на поверхность океана, расчеты были выполнены для модельного времени, эквивалентного 150 годам реального времени.

Для анализа среднего количества вихрей, формирующих вихревое поле, окружающее струйное течение были использованы два предположения: вихри, формирующие вихревое поле, имеют приблизительно одинаковый размер равный масштабу Россби; отношение площади расчетной области к площади занятой вихрями оценено как нормированная средняя четвертая степень относительной завихренности по аналогии с эксцессом – статистической характеристикой локализации негауссовых полей.

Результаты проведенных численных экспериментов показали следующее: с ростом интенсивности ветрового воздействия на поверхность океана увеличивается среднее количество вихрей, формирующих вихревое поле, что представляется вполне ожидаемым эффектом. Кроме того анализ периодограмм временных ходов кинетической энергии течений в верхнем слое и количества вихрей показал, что при относительно малых значениях интенсивности ветра масштабы изменчивости количества вихрей связаны с масштабом колебаний кинетической энергии верхнего слоя. При увеличении интенсивности ветрового воздействия долгопериодные колебания кинетической энергии остаются неизменными, в то время как для количества вихрей интенсивность долгопериодных колебаний в сравнении с относительно высокочастотными колебаниями уменьшается. Одним из объяснений такого факта может быть то обстоятельство, что для малых значений интенсивности ветра и, следовательно, интенсивности струйного течения процесс бароклинной неустойчивости существенно зависит от энергии струйного течения и его интенсивность варьируется соответственно, в то время как для больших амплитуд ветра бароклинная неустойчивость имеет иной режим и интенсивные вихри генерируются постоянно и скорость их генерации слабо связана с энергией струйного течения.

ИЗМЕНЕНИЯ АРИДНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГА СИБИРИ В XXI В.

Чередыко Н.Н.^{1,2}, Волкова М.А.², Кужевская И.В.²

¹ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН»,
г. Томск, Россия

²НИ «Томский государственный университет», г. Томск, Россия
atnik3@rambler.ru

Ландшафты аридных зон наиболее чувствительны к влиянию внешних факторов. Вследствие климатических изменений меняется тепло- и влагообеспеченность различных ландшафтов, отмечается их продвижение на север и усиление аридизации засушливых территорий (IPCC, 2023). При этом, не все так однозначно. Есть подтверждения роста увлажнения и накопления биомассы некоторых участков степей на фоне потепления (Курбатская и др., 2012). Целью данной работы было исследование таких нелинейных климатогенных реакций внутриконтинентальных засушливых ландшафтов на юге Сибири (лесостепь и степь) за период 2000–2023 гг. Для территории исследования, 50°с. ш. – 55°с. ш. и 60°в. д. – 110°в. д. были использованы суточные данные по температуре воздуха, почвы и количеству атмосферных осадков с 32 метеостанций (Всероссийский..., 2024). Для компенсации недостаточной плотности наземных ведомственных наблюдений состояние растительного покрова оценивалось с использованием индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) по данным дистанционного мониторинга (EOSDIS..., 2024).

Теплообеспеченность вегетационных сезонов рассмотренной территории, суммы температур $\geq 5^{\circ}\text{C}$ и суммы температур $\geq 10^{\circ}\text{C}$, значимо увеличивались в среднем на 12–76°С/10 и 50–55°С/10 лет, соответственно. Изменения в режиме увлажнения разнонаправлены для разных районов территории. Тренды коэффициентов увлажнения, гидротермический коэффициент Селянинова, индекс сухости Будыко и коэффициент увлажнения Сапожникова, слабо выражены и статистически не значимы. В среднем за 2010–2023 гг., по сравнению с началом периода потепления (1971–1980 гг.), выявлено заметное продвижение на север засушливой зоны с районов Северного Казахстана на юг Западной Сибири (лесостепная и степная зоны Ишимской равнины) и, наоборот, расширение на юг, на территории Республик Хакасия и Тыва (степные низкогорья, полупустынные котловины, склоновые степи и горные лесостепи), увлажненной зоны.

Временной ход вегетационных индексов NDVI за рассмотренный интервал лет имеет колебательный характер, изменяясь, главным образом, с периодами около 7–9, 11, 22 лет. По значениям NDVI, также, отмечена тенденция сокращения биомассы для лесостепной и степной зон Ишимской равнины, что соответствует усилению засушливости здесь, и положительный тренд NDVI для аридных ландшафтов Хакасии и Тывы, что соответствует приросту биомассы, так называемому «позеленению степей», отмеченному нашими коллегами в экспедициях. С учетом значимого роста теплообеспеченности региона, можем заключить, что разнонаправленные тенденции прироста биомассы во внутриконтинентальных аридных ландшафтах «регулируются» колебаниями увлажненности.

Список использованной литературы:

Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных: официальный сайт. – URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 24.01.24).

Курбатская С. С., Прудникова Т. Н., Монгуш Ч. О., Курбатская С. Г. Анализ изменений пастбищных угодий Тувы и их продуктивности с учетом климатических особенностей // Экосистемы Центральной Азии. – Кызыл: РИО Тувинского гос. ун-та, 2012. – С. 3–8.

EOSDIS Worldview: website. – URL: <https://worldview.earthdata.nasa.gov> (дата обращения: 24.01.2024).

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. – Geneva, Switzerland: IPCC, 2023. – 184 p. – DOI 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

**ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ
ПОЛИТИКА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Шушпанов А.А.¹, Пекарникова М.Е.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

²ФГБНУ «Институт природно-технических систем РАН», г. Севастополь, Россия
aleksei-shyshpanov@mail.ru

Вследствие глобального характера проблемы изменений климата и последствий таких изменений, увеличения выбросов парниковых газов, эффективное решение проблемы глобального потепления возможно путем объединения усилий всего мирового сообщества и осуществления согласованных совместных действий по контролю над антропогенной эмиссией различных парниковых газов в основных странах-эмитентах, в число которых входит Российская Федерация.

В докладе проанализировано ретроспективное изменение выбросов парниковых газов в Российской Федерации с 1990 года, касающегося антропогенной деятельности человека, а также проведен выборочный анализ климатического законодательства по контролю за антропогенными выбросами парниковых газов в РФ в свете выполнения основных целей Парижского соглашения по климату 2015 года.

Основной вывод сводится к тому, что выбросы парниковых газов в Российской Федерации с 2015 года неизменно продолжают расти. Исследование выявило значительные подвижки в изменении климатического законодательства РФ, касающегося ограничения выбросов парниковых газов, принятого после подписания Парижского соглашения по климату 2015 года, и показывает реальные возможности РФ как страны, заинтересованной в «зеленом энергопереходе».

Список использованной литературы:

Пекарникова М. Е., Полонский А. Б. Анализ реалистичности основной цели Парижского соглашения при существующей системе правового регулирования и контроля за антропогенными выбросами парниковых газов // *Фундаментальная и прикладная климатология*. – 2022. – Т. 8, № 2. – С. 190–208. – DOI 10.21513/2410-8758-2022-2-190-208.

Crippa M., Guizzardi D., Pagani F., Banja M., Muntean M., Schaaf E., Monforti-Ferrario F., Becker W. E., Quadrelli R., Risquez Martin A., Taghavi-Moharamli P., Köykkä J., Grassi G., Rossi S., Melo J., Oom D., Branco A., San-Miguel J., Manca G., Pisoni E., Vignati E., Pekar F. GHG emissions of all world countries. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024. – DOI 10.2760/4002897. – JRC138862.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ВОЗДУХА В АБХАЗИИ

Экба Я.А.^{1,2}, Хинтуба Л.В.^{1,2}

¹Институт экологии Академии наук Абхазии, г. Сухум, Абхазия

²Абхазский государственный университет, г. Сухум, Абхазия

LolitaKhintuba@yandex.ru

Климатические изменения, происходящие в последние два десятилетия, связанные с различными факторами, в том числе с выбросами в атмосферу парниковых газов. Основным парниковым газом является водяной пар, так как его вклад в ПЭ составляет около 70%.



Рисунок 1 – Среднегодовая температура и скользящее среднее за 10 лет

Итоговая линия тренда растет не монотонно. Она то растет, то спадает. На температуру приземного слоя воздуха оказывало влияние за весь период также и извержение вулканов. Ранее было доказано, что высокая корреляционная связь, достигающая значений 0,7 прослеживается между суммарным среднегодовым количеством осадков и среднегодовой относительной влажностью на территории Абхазии. Также было рассмотрено влияние газовых компонентов атмосферы для оценки их влияния на парниковый эффект на территории Республики Абхазия. Данные были получены дистанционным методом с сайта Джованни (Giovanni NASA).

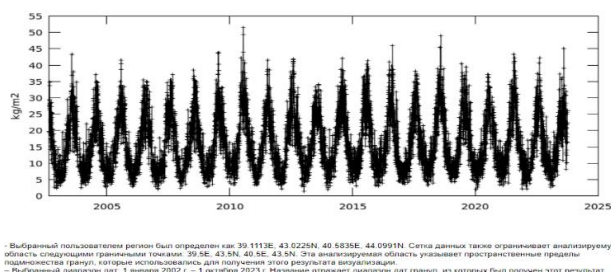


Рисунок 2 – Временной ряд, усредненное по площади общее количество водяного пара в столбе (по возрастанию, только AIRS) ежемесячно 1 град. кг/м² за период с сентября 2002 г. по сентябрь 2023 г.

На рис. 2 показаны скачки, в которых видны максимальный выброс водяного пара в 2010 г. когда произошло извержение исландского вулкана Йяфьятлайокудль. Температура ПСВ изменяется синхронно с водяным паром, в то время как углекислый газ растет все время экспоненциально. В ПЭ главенствующая роль принадлежит водяному пару.

Список использованной литературы:

Малинин В.Н. Влагообмен в системе океан–атмосфера. – Л.: Гидрометеиздат, 1994. – 197 с.

Экба Я. А., Ахсалба А. К., Хинтуба Л. В., Касландзия Н. Д. Роль водяного пара, как основного парникового газа, в потеплении климата // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий». – Майкоп: изд-во «ИП Кучеренко В.О.», 2023. – С. 300–312.

СЕКЦИЯ 3

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТЕЙ СЕВАСТОПОЛЯ В ПЛЯЖАХ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ТУРРЫНКА И РОСТА ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Агаркова-Лях И.В.^{1,2}, Васейкина Н.А.³

¹ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

³ФГБОУ ВО Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,

г. Москва, Россия

iva_crimea@mail.ru

При значительной протяженности береговой линии Севастополя, площадь его пляжей составляет 258 311,1 м² (Решение, 2007), а их единовременная емкость – 51 тыс. 662 чел. (Лазницкая, 2014). По расчетам Н.Ф. Лазницкой, в 2014 г. потребности региона в купально-пляжной рекреации оценивались в 198 тыс. 300 чел., превышая рекреационную емкость пляжей в 3,8 раза. За последние 10 лет существенного роста емкости пляжей не произошло, но остроты этому вопросу добавили увеличение населения и активизация туризма в регионе.

Целью работы является актуальная оценка потребностей жителей и туристов города Севастополя в пляжах в условиях изменений демографических показателей и состояния туристского рынка по статистическим данным за последние 20-30 лет.

Согласно материалам (Численность, 2024), на 1 января 2024 г. в Севастополе проживало более 561 тыс. чел. (Рисунок 1). С учетом незарегистрированных граждан (+10%), минимальное расчетное количество жителей составляет около 617 тыс. чел. С 2000 по 2023 гг. отмечены положительные сдвиги в туриндустрии региона: емкость коллективных средств размещения (КСР) и турпоток увеличились, соответственно, более чем в 3 и в 2,9 раза; число размещенных в КСР – в 1,8 раз (см. Рисунок 1).

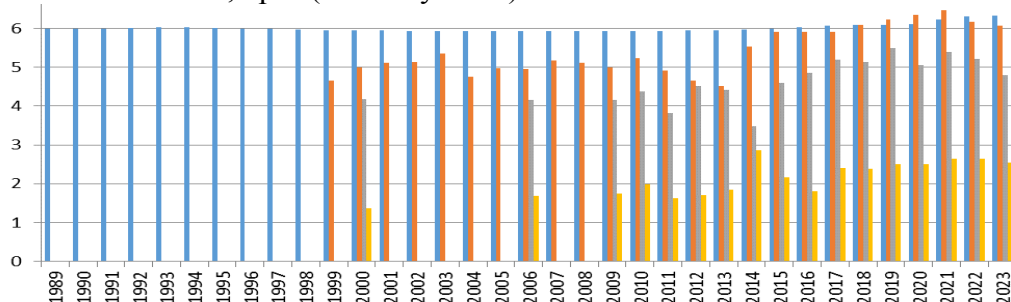


Рисунок 1 – Гистограмма логарифмов статистических данных с 1989 по 2023 гг. (синий – численность населения; красный – объем турпотока; фиолетовый – число размещенных в КСР; оранжевый – емкость КСР). Составлено авторами по материалам статистических ежегодников Украины и Севастополя за 2007, 2013, 2014, 2019 и 2023 гг.

По расчетам на летний сезон 2024 г., потребности жителей и туристов в пляжах оцениваются в 259 тыс. 500 чел., для удовлетворения которых необходимо около 1 297 500 м² пляжей (при норме 5 м² на чел.), или в 5 раз больше их площади в 2007 г. (Решение..., 2007).

Работа выполнена по теме гос. задания ИПТС (№ госрегистрации 124013000609-2).

Список использованной литературы:

Решение VI сессии Севастопольского горсовета V созыва № 2069 (от 11.06.2007) о внесении изменений в решение горсовета (от 11.06.2003 г. – № 1164). – 2007.

Лазницкая Н. Ф. Общественно-географическое обоснование развития рекреационного водопользования в г. Севастополь: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Симферополь, 2014. – 23 с.

Статистичний щорічник України за 2013 рік. Державна служба статистики України. – К., 2014. – 533 с.

Численность населения в Севастополе. – URL: <https://gogov.ru/population-ru/sev> (дата обращения: 26.06.2024).

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА ПРИМОРСКОЙ ТЕРРИТОРИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Александров Е.Г.¹, Егоркин А.А.^{2,3,4}

¹Филиал МГУ им. М. В. Ломоносова в г. Севастополе, г. Севастополь, Россия

²ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

³ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

⁴ФГКВОУ ВПО «Черноморское высшее военно-морское ордена Красной Звезды
училище им. П. С. Нахимова», г. Севастополь, Россия

В прибрежных зонах приморских территорий поступление загрязняющих веществ от различных источников может существенно изменять компонентный состав воды, негативно влияя на флору и фауну, угрожая жизни водных организмов и людей.

Прогноз качества вод приморской территории и анализ загрязнения водных объектов позволяют оценить воздействие на окружающую среду и разработать меры по снижению негативного влияния на прибрежные водоёмы. Основным инструментом для проведения прогноза считается применение моделирования. Наиболее перспективным на данный момент инструментом является применение численного моделирования с учетом характеристик береговой черты, особенностей гидрологического режима водного объекта.

Цель работы – оценить влияние загрязняющих веществ на модельный участок приморской территории с учётом технологических условий сброса, рельефа береговой черты, химических превращений, применяя современные методы численного моделирования.

Расчёты выполнялись с использованием пакета вычислительной гидродинамики. Для построения подробной и точной модели водоема применяется программа Blender, позволяющая создавать высококачественные 3D-модели, используя элементы «BlenderGIS» и «YandexMapImporter» для импортирования географических данных в Blender. Эти инструменты дают возможность точно воспроизводить инфраструктуру исследуемой территории. Оценка влияния стоков природного и антропогенного происхождения на прибрежный район проводится поэтапно, с использованием комплексного подхода. В первую очередь проводился детальный анализ данных о расположении выпусков ливневых и сточных вод в бухте. Одним из элементов исследования было моделирование загрязнений нефтепродуктами. Создается модель с распределением по категориям различных типов выпусков, включая аварийные и регулярные выпуски канализационных вод без очистки, с механической или биологической очисткой, а также выпуски ливневой канализации. Такой подход позволяет не только визуализировать текущую ситуацию, но и выявить ключевые зоны риска и потенциальные источники загрязнения.

Далее проводится параметризация параметров модели, включающая метеорологические параметры, источники стоков, химические процессы, а также сбор и анализ данных о температуре воздуха, влажности, скорости и направлении ветра, атмосферном давлении и других климатических показателях. Эти данные необходимы для более точного моделирования.

Применение численного моделирования позволяет более точно оценить степень воздействия загрязняющих веществ на экосистему приморской территории и разработать эффективные меры по их минимизации.

Список использованной литературы:

Любимова Т. П., Паршакова Я. Н. Моделирование распространения тепловых загрязнений в крупных водных объектах // Вода и экология: проблемы и решения. – 2019. – №2 (78). – С. 92–101. – DOI 10.23968/2305-3488.2019.24.2.92-101.

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ ДВУХ ШТАММОВ ЦИАНОБАКТЕРИЙ

Андреева Н.А.¹, Пеньков М.Н.¹, Шупова Е.В.²

¹ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

²ФГАОУВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

Все живые организмы и цианобактерии, в том числе, подвержены воздействию естественного магнитного поля Земли. Поэтому его можно рассматривать как экологический фактор, определяющий течение биологических процессов. Организмы научились адаптироваться к фоновому значению и закономерным его изменениям. Однако, с развитием технологий количество искусственных источников постоянно растет. Было обнаружено, что магнитные поля могут оказывать благоприятное влияние на фототрофы как в целом, так и на содержание пигментов в их клетках (Eydelkhani et al., 2024).

В работе были использованы две альгологически чистых культуры цианобактерий *Aphanocapsa* (штамм 131) и *Synechococcus* (штамм 223). В эксперименте использовали недельные культуры одинаковой плотности опытного и контрольного образцов (по 6 мл в каждой пробирке). Опытную пробирку помещали в установку, создающую электромагнитное поле. Было проведено пять серий эксперимента, различающихся по времени экспозиции культур, частоте магнитного поля (от 300 до 600 Гц) и его напряженности (от 135 до 450 мВ). Оценка воздействия ЭМП осуществлялась по количественному составу 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.

Оба штаммы 131 и 223 принадлежат к типу Cyanoprokariota, классу Cyanophyceae и порядку Synechococcales, при этом штамм 131 относился к роду *Aphanocapsa* Nägeli из семейства Merismopediaceae, а штамм 223 – к роду *Synechococcus* Nägeli семейства Synechococcaceae. Обе культуры имели сходный пигментный состав, который качественно не изменялся в процессе экспериментов. Максимумы их поглощения наблюдались в следующих диапазонах: хлорофилла *a* – 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 отмечено, что в целом, у штамма 131 (*Aphanocapsa*) был слабо выражен пик фикоцианина, напротив, у штамма 223 (*Synechococcus*) практически отсутствовал пик фикоэритрина и поэтому при выращивании эта культура имела яркую зелёную окраску.

Спектрофотометрическое изучение пигментного состава культур при воздействии ЭМП частотой 300 Гц и напряженностью 135 мВ через 10–14 суток выявило у фикоэритрин-содержащего штамма 131 увеличение в опыте количества всех пигментов по сравнению с контролем. У фикоцианин-содержащего штамма 223 незначительное увеличение в опыте отмечалось только для каратиноидов и фикоэритрина, для остальных пигментов или не было никаких изменений, или наблюдалось небольшое снижение их количества. При увеличении срока инкубации до 21 дня количество пигментов у штамма 131 снижалось до уровня контроля, а в случае каратиноидов и фикоэритрина, даже несколько ниже. Изменения в пигментном составе фикоцианин-содержащего штамма были более значительными. При увеличении напряженности поля до 450 мВ через 21 день инкубации наблюдалось снижение количества всех пигментов в опытных образцах у обеих культур по сравнению с контролем. Особенно резкое снижение отмечалось для штамма 223 (*Synechococcus*). Воздействие ЭМП частотой 600 Гц и напряженностью 450 мВ также вызывало снижение количества пигментов.

Список использованной литературы:

Eydelkhani M., Kiabi S., Nowruzi B. In vitro assessment of the effect of magnetic fields on efficacy of biosynthesized selenium nanoparticles by *Alborzia kermanshahica* // BMC Biotechnology. – 2024. – Vol. 24, No. 1. – P. 27. – DOI 10.1186/s12896-024-00855-4.

РАЗРАБОТКА УТОЧНЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ОТ ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Бакурова Э.Ю., Имшенник Е.В., Нахутин А.И.

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. акад. Ю. А. Израэля», г. Москва,
Россия
e.bakurova@igce.ru

Работа посвящена разработке национального коэффициента выбросов CO_2 от производства технического углерода (ТУ) на предприятиях Российской Федерации.

Ранее, в связи с отсутствием подробных данных о национальных особенностях производства технического углерода, оценка выбросов CO_2 от данного источника в национальном кадастре антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов РФ производилась по методике 1 уровня Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), не предусматривающей учета национальных технологических параметров. Однако, среди нефтехимических источников выбросов CO_2 производство ТУ является ключевым источником и третьим по объему эмитентом, уступая только производству этилена и метанола, и в соответствии с международными требованиями оценка выбросов CO_2 в кадастре должна производиться на основе использования национального коэффициента выбросов.

От шести крупнейших предприятий-производителей ТУ были собраны данные о производстве продукции, потреблению сырья и топлива. Данные были проанализированы и использованы в расчете выбросов CO_2 по методике 2 уровня МГЭИК, представляющей собой расчет материального баланса производства. Методика включает в себя допущение, что весь углерод, поступивший в процесс в виде сырья или топлива, но не вошедший в состав целевого или побочного продукта производства, улетучивается в атмосферу в виде CO_2 .

Были рассчитаны коэффициенты выбросов для каждого из шести заводов для 2015 и 2022 гг. Было определено, что коэффициенты выбросов для различных технологий и применяемых типов сырья варьируются в широких пределах. Путем расчета средневзвешенного значения индивидуальных коэффициентов выбросов каждого из заводов, был определен национальный коэффициент выбросов CO_2 , составивший 3,2 т CO_2 /т ТУ и превышающий ранее применявшийся коэффициент МГЭИК на 21%.

На рисунке 1 представлено сравнение оценок выбросов CO_2 с использованием коэффициента МГЭИК и с применением национального коэффициента выбросов CO_2 .

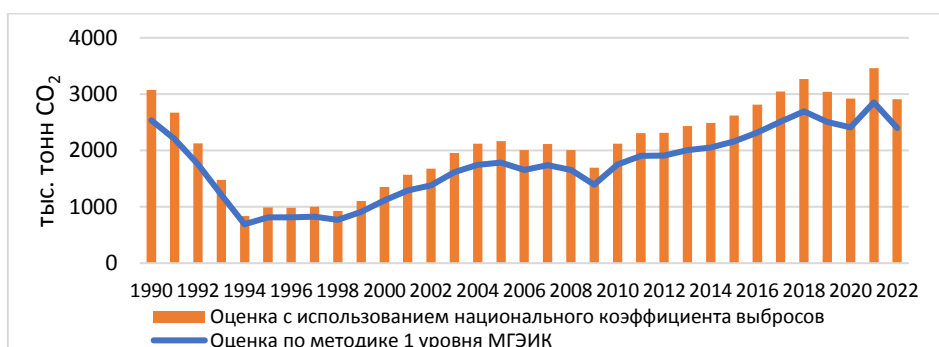


Рисунок 1 – Сравнение результатов оценки выбросов CO_2 от производства ТУ по методике 1 уровня МГЭИК и с использованием разработанного национального коэффициента выбросов

Применение метода материального баланса по данным отдельных предприятий позволило снизить неопределенность оценки выбросов CO_2 до $\pm 5\%$.

**ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АЭРОПОРТА ШЕРЕМЕТЬЕВО НА СОСТОЯНИЕ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ОЦЕНКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗА 2023 Г.**

Березнев А.А.

Российский Государственный Социальный Университет, г. Москва, Россия

Artemybereznev@gmail.com

Деятельность аэропорта Шереметьево, как и любого крупного транспортного узла, оказывает влияние на окружающую среду, вызывая загрязнение воздуха, почвы и воды. Цель исследования – оценить степень влияния деятельности аэропорта Шереметьево на состояние окружающей среды в 2023 году. Гипотеза: деятельность аэропорта Шереметьево оказывает негативное влияние на экологическую обстановку в районе его расположения, в том числе за счет выбросов от воздушных судов и других источников загрязнения.

Методы исследования: анализ отчетов аэропорта Шереметьево за 2022 и 2023 г. и собственные исследования. Анализ показал увеличение уровня загрязнения окружающей среды в районе аэропорта Шереметьево в 2023 году. Для сравнения были изучены экологические отчеты аэропорта Шереметьево за последние годы, а так же были проанализированы результаты исследовательских работ, проводимых автором в период 2021–2023г, направленных на оценку загрязнения депонирующих сред в приаэродромной территории Шереметьево. Особую опасность представляют выбросы от воздушных судов, а также загрязнение от инфраструктуры аэропорта. Это вызвано увеличением пассажиропотока, увеличением количества операций «взлет-посадка» и подготовки к работе второго терминала. Кризис в авиационной отрасли, который начался во время распространения коронавирусной инфекции, постепенно сошел на нет и поток пассажиров в самом крупном аэроузле России вновь набирает обороты. Результаты исследования важны для экологов, общественности и руководства аэропорта, зачастую, общественность полагает, что основной вред окружающей среде наносят выбросы от двигателей воздушных судов, но на практике было выявлено, что в зоне деятельности аэропорта именно он оказывает основное влияние. Необходима разработка и внедрение эффективных мер по снижению негативного воздействия аэропорта Шереметьево на окружающую среду, проблема является недостаточно изученной и требует огласки и внимания.

**ОЦЕНКА ВЛАЖНЫХ ВЫПАДЕНИЙ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ НА ТЕРРИТОРИИ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА РОССИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
МОДЕЛИРОВАНИЯ ЕМЕП В 2015–2021 ГГ.**

Галушин Д.А.¹, Громов С.А.^{1,2}.

¹ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. акад. Ю. А. Израэля»,
г. Москва, Россия

²ФГБУН «Институт географии Российской академии наук», г. Москва, Россия
galushin2012@yandex.ru

Оценка выпадения загрязняющих и кислотообразующих веществ из атмосферы является актуальной проблемой исследований в экологии. Использование моделирования позволяет получать количественные оценки воздействия загрязнения окружающей среды на региональном уровне, которые сложно получить из-за недостатка станций мониторинга (Брускина и др., 2024).

Целью работы является оценка динамики влажных выпадений окисленной серы (с осадками) на территории Центрального федерального округа за 2015–2021 гг. по результатам моделирования атмосферного переноса загрязняющих веществ в рамках деятельности ЕМЕП и определение изменения плотности выпадения (в %) по субъектам ЦФО за 7 лет.

Для анализа взяты значения влажных выпадений сульфатов из результатов моделирования атмосферных переносов программы ЕМЕП, представленных сеткой $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, в привязке к площадям субъектов ЦФО, в границах которых проводилось суммирование значений из ячеек (рис. 1).

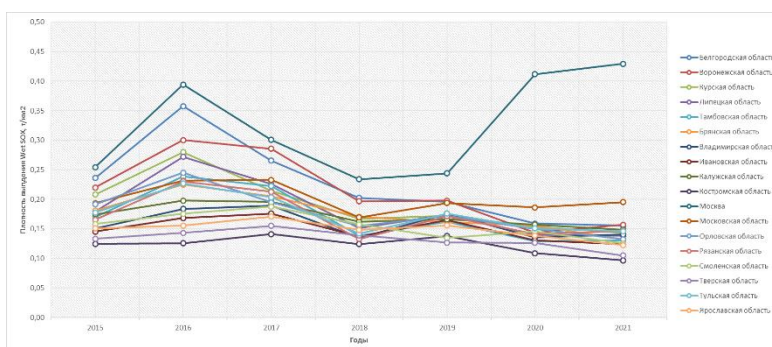


Рисунок 1 – Плотность выпадения соединений окисленной серы с атмосферными осадками на территории ЦФО в 2015–2021 гг.

Анализ результатов расчетов показывает, что наибольшая плотность выпадения окисленной серы с атмосферными осадками относится к территории Москвы. Сильный рост (до $0,41\text{--}0,43\text{ т/км}^2$) плотности выпадения в 2020–2021 гг. связан с рекордными суммами осадков, которые были зафиксированы в столице (908 мм в 2020 г. и 818 мм в 2021 г.).

Наименьшая плотность выпадения сульфатов среди всех субъектов ЦФО относится к Костромской и Тверской областям. Уровень значений от года к году варьировал от $0,14$ до $0,16\text{ т/км}^2$, а в конце исследуемого периода плотность потоков снизилась до $0,10\text{--}0,12\text{ т/км}^2$.

Исследование выполнено в рамках темы НИОКТР АААА-А20-120013190049-4 «Развитие методов и технологий мониторинга загрязнения природной среды вследствие трансграничного переноса загрязняющих веществ (ЕЭК ООН: ЕМЕП, МСП КМ) и кислотных выпадений в Восточной Азии (ЕАНЕТ)».

Оценка данных моделирования сделана в работах по Госзаданию FMWS-2024-0009 №1023032700199-9 Института географии РАН.

Список использованной литературы:

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 2023 год. – М.: ФГБУ «ИГКЭ», 2024. – С.65–68.

**ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СТОКА
В КАРСТОВЫХ БАССЕЙНАХ ГОРНОГО КРЫМА**

*Губарева Т.С.¹, Амеличев Г.Н.^{2, 1}, Токарев С.В.^{2, 1}, Вахрушев Б.А.^{2, 1}, Гарцман Б.И.^{1, 3},
Науменко В.Г.², Амеличев Е.Г.^{2, 1}, Вахрушев И.Б.^{2, 1}*

¹ФГБНУ «Институт водных проблем РАН», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского»,
г. Симферополь, Россия

³ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
tgubareva@bk.ru

Неоднородность территории, выраженная как в пространстве, так и в вертикальном высотном-глубинном профиле и обусловленная разнообразием надземных ландшафтов и подземных водоносных горизонтов, определяет преимущественные пути движения водных масс и по-разному трансформирует выпадающие атмосферные осадки и другие элементы водного баланса. Это предопределяет гидрологическую структуру стока, связанную с условиями его формирования, и отражается на вещественном составе воды. Детальное изучение структуры стока и ее функциональных особенностей позволяет глубже понимать механизмы формирования стока и биогеохимических процессы на водосборах. Одним из базовых понятий при исследовании гидрологической структуры стока является понятие «источники питания» или «составляющие речного стока». В простейшем случае речной сток можно представить в виде подземной и поверхностной составляющих. В продвинутых случаях составляющие речного стока могут быть дифференцированы в зависимости от условий их формирования.

Карстовые водосборы в научном плане представляют особый интерес, поскольку в их границах формируются сложные многоуровневые структуры фильтрационной среды, характеризующейся пространственной неоднородностью емкостных и фильтрационных свойств.

Цель исследования – по данным гидролого-гидрохимического мониторинга 2021–2023 гг. на экспериментальных бассейнах Горного Крыма, включающих крупные карстовые водоносные системы (КВС) и речные бассейны, установить составляющие стока и оценить вклад каждого из них. Эта работа была выполнена с использованием метода анализа геохимических данных End-Member Mixing Analysis (EMMA), в котором сочетаются физическая модель смешения источников, построенная на принципе сохранения баланса воды и растворенных веществ, и статистическая процедура анализа – метод главных компонент (МГК).

Для двух речных бассейнов (р. Кучук-Узенбаш, р. Тонас) и трех КВС (источники Аян, Карстовый, р. Кизилкобинка) выполнено обоснование и интерпретация составляющих стока. В качестве стабильных источников питания выделены: эпикарстовые воды, формирующиеся в приповерхностной трещиноватой и выветрелой зоне карстующихся пород; почвенно-склоновые воды; базисные воды, поступающие из зоны аэрации карстовых массивов и циркулирующие у контакта с подстилающими водоупорными породами. На основе применения двухтрассерной, трехкомпонентной модели смешения выполнено расчленение гидрографов всех объектов с оценкой долей составляющих стока на даты гидрохимической съемки. Полученный массив взаимоувязанных расчетных значений по каждой компоненте позволил исследовать структуру стока в бассейнах.

Существенный вклад в сток составляют эпикарстовые воды. Их доли увеличиваются в период паводков, закономерно возрастая с увеличением расхода воды в замыкающих створах. Доли базисного стока по отношению к долям эпикарстовых вод уменьшаются. Почвенно-склоновая компонента в бассейнах – случайная составляющая стока. Выявлены эмпирические зависимости изменения составляющих речного стока от расходов воды в замыкающих створах, а также зависимости между долями эпикарстового и базисного видов стока. Зависимости представляют основу для дальнейшей ресурсной оценки составляющих стока.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ (проект № 23-27-00236).

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ПОД ПОСАДКАМИ СОСНЫ КРЫМСКОЙ (*Pinus Pallasiana*) КАРАДАГСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Дубас В.В.^{1,2,3}, Алексашкин И.В.^{2,3}, Калягина В.О.^{2,3}, Хижняк Ю.С.²

¹ФГБУН ФИЦ «ИнБЮМ им. А. О. Ковалевского РАН», г. Севастополь, Россия

²Кардагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФГБУН ФИЦ «ИнБЮМ им. А. О. Ковалевского РАН», г. Феодосия, пгт. Курортное, Россия

³ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского», г. Симферополь, Россия

victoriadubas.VD@gmail.com

Все анализируемые почвы в пределах выбранного модельного участка в ходе полевого определения отнесены к дерново-карбонатным слаборазвитым слабосмытым крупнопылевато-тяжелосуглинистым на элювии известняка (плотный известняк с глубины 7-12 см). От 10% HCl все анализируемые почвы вскипают с поверхности. Реакция почвенного раствора среднещелочная (pH=8,0-8,1). Механический состав анализируемых почв крупнопылевато-тяжелосуглинистый. Целевое использование почв в пределах проектной площадки – насаждения сосны крымской (*Pinus pallasiana*). Подлесок представлен различным крымским разнотравьем и злаками.

Заложение почвенных разрезов произведено согласно общеизвестному методу конверта, а отбор проб почвенно-растительного материала в виду слабой развитости почвенных профилей произведен посредством создания смешанной пробы общей массой 100 г каждая. Качественный и полуколичественный элементный анализ произведен с помощью рентгенофлуоресцентной спектроскопии (приборная база – Rigaku, Япония). Согласно полученным результатам на долю тяжелых металлов (в диапазоне анализатора от кислорода до плутония) в среднем приходится около 30 масс.% от общей массы навески 1 г (рис. 1).

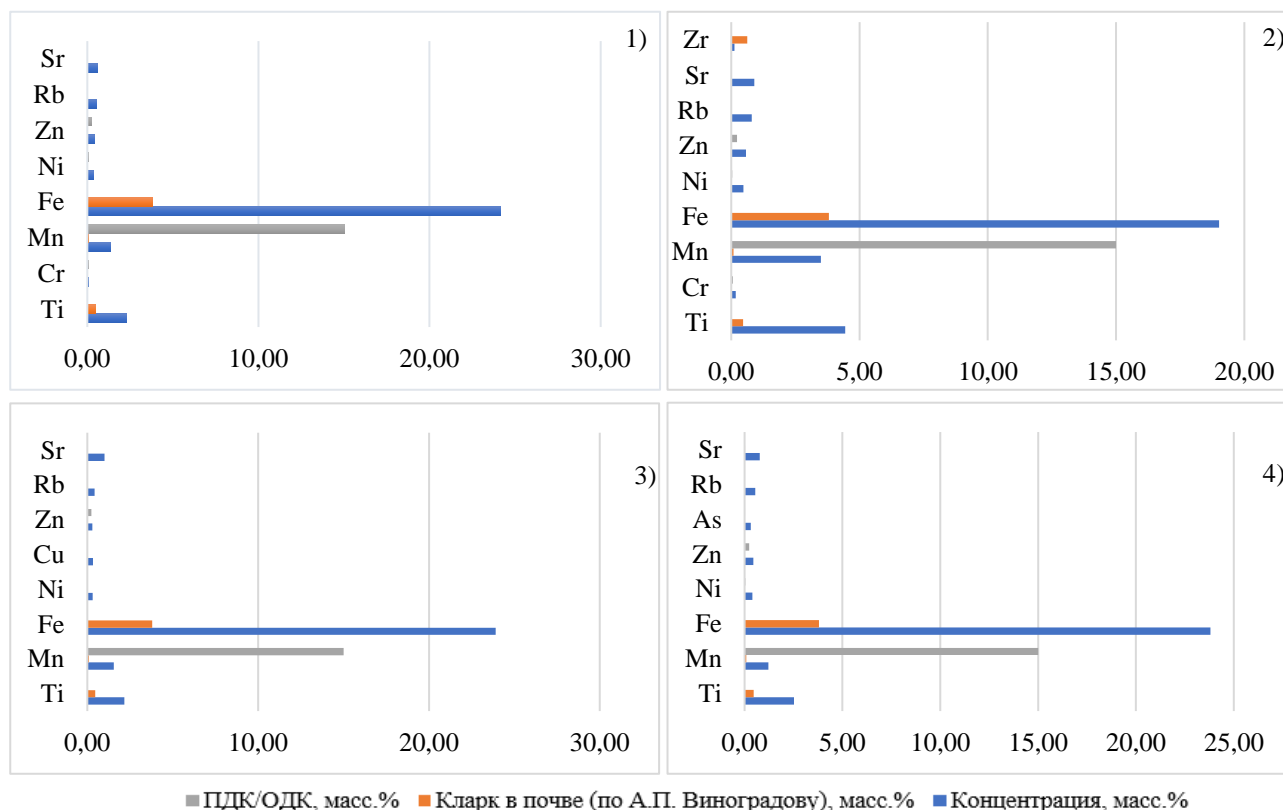


Рисунок 1 – Эколого-геохимическая характеристика почв в пределах заложенных разрезов

Работа выполнена в рамках темы №124052000057-0 «Мониторинг климатически активных веществ в наземных экосистемах Республики Крым в условиях изменения климата и антропогенного воздействия с применением дистанционных методов исследований».

**КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Егоркин А.А.^{1,2,3}

¹ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

³ФГКВОУ ВПО «Черноморское высшее военно-морское ордена Красной Звезды
училище им. П.С. Нахимова», г. Севастополь, Россия

Прогнозы загрязнения окружающей среды и, в частности, атмосферного воздуха необходимы для оценки экологической обстановки приморской территории и разработке рекомендаций по снижению негативного воздействия на окружающую среду.

В настоящее время получает широкое распространение использование систем мониторинга на основе недорогих сенсорных устройств. Это позволяет построить более насыщенную пространственную сеть мониторинга с приемлемой стоимостью.

Но для прогнозирования экологической обстановки данных, поступающих в режиме реального времени, информации недостаточно. Перспективным является проведение прогноза с использованием данных мониторинга совместно с применением технологий искусственного интеллекта.

Работа направлена на комплексное исследование возможности краткосрочного прогнозирования концентраций загрязняющих веществ (твердых частиц с диаметром 2,5 мкм) при ограниченном объеме данных с использованием современных технологий искусственного интеллекта.

Исследовались нейросетевые модели, входящие в библиотеку Nixtlaverse (Masood, Ahmad, 2020; Benidis et al., 2022; Montalvo et al. 2022) для прогнозирования концентраций загрязняющих веществ (TFT, LSTM, RNN, GPU, TiDE, KAN, TCN, BiTCN, NHits и NBeats) для рассмотрения возможности получения приемлемого прогноза соответствующего выбранным показателям качества.

Исследование показывает, что модели NBeats, TCN и NHits демонстрируют потенциал для использования в задачах краткосрочного прогнозирования концентраций загрязняющих веществ.

Применение моделей NBeats, TCN и NHits, как наиболее приемлемых по показателям качества, можно рекомендовать для оценки экологической обстановки и выработки рекомендаций по снижению негативного воздействия после проработки выбранных гиперпараметров моделей.

В целом, результаты обеспечивают надежную основу для выбора модели и ее использования в экологическом прогнозировании.

Список использованной литературы:

Benidis K., Rangapuram S. S., Flunkert V., Wang Yu. et al. Deep learning for time series forecasting: Tutorial and literature survey // ACM Computing Surveys. – 2022. – Vol. 55, No. 6. – P. 1–36.

Masood A., Ahmad K. A Model for Particulate Matter (PM2.5) Prediction for Delhi Based on Machine Learning Approaches // Procedia Computer Science. – 2020. – Vol. 167, No. 2. – P. 2101–2110. – DOI: 10.1016/j.procs.2020.03.258.

Montalvo L., Fosca D., Paredes D., Abarca M., Saito C., Villanueva E. An air quality monitoring and forecasting system for Lima city with low-cost sensors and artificial intelligence models // Frontiers in Sustainable Cities. – 2022. – Vol. 4. – 849762. – DOI: 10.3389/frsc.2022.849762.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ПРИМОРСКОЙ ТЕРРИТОРИИ**

Егоркин А.А.^{1,2,3}, Конченко Д.О.¹

¹ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

³ФГКВООУ ВПО «Черноморское высшее военно-морское ордена Красной Звезды
училище им. П. С. Нахимова», г. Севастополь, Россия

Изменение климата и антропогенное воздействие оказывают все более ощутимое влияние на приморские экосистемы. Точное прогнозирование состояния окружающей среды в этих регионах становится критически важным для принятия обоснованных решений в области управления ресурсами, охраны природы и адаптации к изменению климата.

На данный момент существует множество методик, на основании которых созданы программные продукты, способные рассчитывать поля распространения загрязняющих веществ в различных компонентах окружающей среды. Наибольшее распространение получили программы расчета распространения загрязняющих веществ в атмосфере и гидросфере. Для проведения расчетов требуется большое количество исходных данных и необходимо длительное время проведения расчетов, высокая квалификация специалиста, проводящего моделирование. В отличие от вышеуказанного подхода применение элементов искусственного интеллекта (ИИ) позволяет учитывать сложные нелинейные взаимосвязи между различными факторами, сократить время и оперативность прогноза (Тунакова и др., 2012). Существующие исследования демонстрируют значительный потенциал применения ИИ для прогнозирования состояния окружающей среды. Однако использование ИИ для комплексной оценки состояния приморских экосистем остается недостаточно изученным.

Цель работы – оценить возможность эффективного использования элементов ИИ для построения прогноза качества окружающей среды приморской территории на примере краткосрочного прогноза концентраций загрязняющего вещества в атмосферном воздухе.

В рамках исследования был проведен анализ данных наблюдений, проводимых с марта по октябрь 2024 г., собранных с помощью комплекса «МетеоДозор», разработанного Севастопольским государственным университетом на основе недорогих датчиков контроля окружающей среды. Из анализа применяемых современных нейросетевых архитектур для исследования были выбраны наиболее подходящие для решения поставленной цели. В качестве основной библиотеки была выбрана Nixtlaverse, которая состоит из библиотек с открытым исходным кодом, разработанных для создания комплексного передового инструментария прогнозирования временных рядов (Benidis et al., 2022).

Результаты исследования позволят разработать эффективный инструмент для мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды приморской территории.

Список использованной литературы:

Тунакова Ю. А., Шагидуллина Р. А., Новикова С. В., Шмакова Ю. А. Оценка воздействия полимерных производств на общий уровень загрязнения атмосферного воздуха (на примере г. Нижнекамска) // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 12. – С. 76–79.

Benidis K., Rangapuram S. S., Flunkert V., Wang Yu. et al. Deep learning for time series forecasting: Tutorial and literature survey // ACM Computing Surveys. – 2022. – Vol. 55, No. 6. – P. 1–36.

**ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ОСНОВНЫХ ИОНОВ В
ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ДВУХ МАЛЫХ РЕК АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ
ЗА 15 ЛЕТ (2009–2023 ГГ.)**

Жигачева Е.С.¹, Громов С.А.^{1,2}

¹ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. акад. Ю. А. Израэля», г. Москва

²ФГБУН «Институт географии Российской академии наук», г. Москва

zhigacheva@igce.ru

В рамках деятельности программы Сети кислотных выпадений в Восточной Азии (ЕАНЕТ) на двух малых реках, расположенных в Азиатской части России, ведутся постоянные наблюдения за химическим составом поверхностных вод с 2007 года. Река Переемная принадлежит бассейну оз. Байкал. Вторая река – Комаровка (станция Приморская) – расположена в Приморском крае и принадлежит бассейну Японского моря. Многолетние наблюдения позволяют оценить динамику изменения состояния загрязнения.

Так как отборы проб воды в реках проводятся только 4 (Переменная) или 5 (Комаровка) раз в год, это затрудняет точный расчет потоков выносов наблюдаемых веществ. Поэтому оценка изменения химического состава воды рек проводится по концентрациям веществ.

По осредненным за пятилетние периоды данным отмечается, что для большинства основных загрязняющих веществ значения концентраций выше в водах р. Комаровка, что особенно проявляется для аммония, хлоридов и нитритов. При этом более низкие значения pH наблюдаются на р. Переменной. В период 2014–2018 на р. Комаровке наблюдалось повышение концентраций сульфатов и нитратов, что отразилось в снижении значений pH в этот период. Для Переменной в целом характерно меньше проявление изменений.

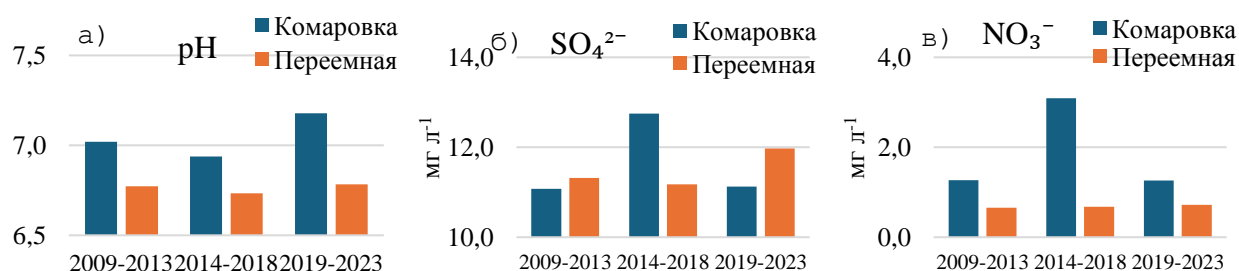


Рисунок 1 – Сравнение средних пятилетних значений показателя pH (а), концентраций сульфатов (мг/л) (б) и нитратов (мг/л) (в)

Для оценки наличия трендов изменений концентраций основных ионов для за 15-ти и 10-ти летние периоды были проведены непараметрический тест Манна-Кендалла и критерий наклона Сена рядов наблюдения при помощи Excel шаблона MAKESENS (Salmi, 2002). На Комаровке статистически значимые возрастающие тренды наблюдались для катионов натрия, калия и кальция (за 15 лет). Тренды снижения концентраций наблюдались для ионов аммония, нитритов, а также для последних 10 лет – у нитратов. Для Переменной определено только заметное снижение концентраций аммония и небольшое возрастание сульфатов. Изменения концентраций других ионов варьировались достаточно сильно за период наблюдения, что не позволило выявить статистически значимых трендов.

Исследование выполнено в рамках темы НИОКТР АААА-А20-120013190049-4 «Развитие методов и технологий мониторинга загрязнения природной среды вследствие трансграничного переноса загрязняющих веществ (ЕЭК ООН: ЕМЕП, МСП КМ) и кислотных выпадений в Восточной Азии (ЕАНЕТ)». Оценка данных наблюдений сделана в работах по Госзаданию FMWS-2024-0009 №1023032700199-9 Института географии РАН.

Список использованной литературы:

Salmi T., Määttä A., Anttila P., Ruoho-Airola T., Amnell T. Detecting Trends of Annual Values of Atmospheric Pollutants by the Mann-Kendall Test and Sen's Slope Estimates – the Excel Template Application MAKESENS. – Helsinki, Finland: Finnish Meteorological Institute, 2002.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ПРИОРИТЕТНЫХ ВИДОВ
ГАЗОВОГО ТОПЛИВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НАЦИОНАЛЬНЫХ
КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ CO₂**

*Ильин А.В.¹, Еришов М.А.¹, Савеленко В.Д.¹, Зеленова М.С.²,
Гинзбург В.А.², Зайнулин С.М.², Лытов В.М.^{2,3}*

¹ООО «ЦМНТ», г. Москва, Россия

²ФБГУ «ИГКЭ», г. Москва, Россия

³ФГБОУ ВО МАДИ, г. Москва, Россия

a_ilin@ntwc.ru

Задача о разработке национальных коэффициентов выбросов CO₂ от сжигания выборочных видов газовых топлив была поставлена и выполнена в рамках проекта ВИП ГЗ². На основе экспериментальных и расчетных данных (расчетная модель) проведен анализ состава выбранных видов газовых топлив: сжиженного природного газа (СПГ), компримированного природного газа (КПГ), сжиженных углеводородных газов (СУГ), попутного нефтяного газа (ПНГ), который позволил рассчитать свойства данных топлив, оценить исследуемые параметры и коэффициенты выбросов в натуральных и энергетических единицах в период с 1990 по 2022 гг.

Проведен анализ рынков производства и потребления газовых топлив (1990–2022 гг.), характеристик технологических процессов, используемых на предприятиях-производителях РФ, существующих ограничений по выработке газовых топлив, а также объемов добычи и полезной утилизации ПНГ. В качестве основного источника данных использованы статистические формы, собираемые ЦДУ ТЭК, в дополнение использовалась информация Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), информационно-аналитических агентств и официальных отчетов нефтеперерабатывающих компаний, данные Федеральной таможенной службы.

Единого источника информации о составе КПГ, СУГ или ПНГ по предприятиям-производителям не существует, в связи с чем расчет состава и свойств КПГ, СУГ и подготовленного ПНГ осуществлялся по единому принципу. Для данных газовых топлив опорными документами для расчетной модели стали ГОСТы, регламентирующие свойства или состав соответствующего газового топлива. Исключением стал СПГ, расчет состава которого проводился на основании данных о каждом предприятии-производителе. С помощью расчетной модели сначала формулировались теоретически возможные легкие и тяжелые с точки зрения выбросов углекислого газа составы газовых топлив в соответствии с ограничениями, накладываемыми ГОСТ. Для уточнения крайних значений в составах были собраны базы данных по видам топлив (КПГ, ПНГ и каждой из топливной марок СУГ по крупнейшим производителям). Базы данных были необходимы для доказательства корректности перехода к расчету, основывающемуся на крайних возможных составах газовых топлив согласно нормативной документации. Одновременно с уточнением был осуществлен переход к 95% доверительному интервалу путем проверки попадания свойств топлива, представленного паспортами качества в базах данных в интервалы, обозначенные уточненными легкими и тяжелыми составами. Поскольку все топлива, выпускаемые на территории России обязаны соответствовать ГОСТ, это позволяет расширить покрытие расчетом до 100 %.

Неопределенность расчета газовых топлив оценивалась для двух составляющих: неопределенности расчета состава и свойств. Рассчитанные значения неопределенностей коэффициентов выбросов не превышают 2,5% (кроме ПНГ). Наиболее углеродоемким топливом является СУГ, за которым следует СПГ, КПГ и ПНГ. Значения полученных коэффициентов выбросов для СПГ и КПГ близки к коэффициентам по умолчанию из руководящих принципов МГЭИК 2006 г., для СУГ – отличаются, однако результат корректнее для Российской Федерации, для подготовленного ПНГ коэффициенты определены впервые.

² Важнейший инновационный проект государственного значения, Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2022 г. №3240-р «Об утверждении инновационного проекта «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ»

О ВОЗМОЖНОСТИ ВЛИЯНИЯ СОБЫТИЙ ЭЛЬ-НИНЬО И ЛА-НИНЬЯ НА ПОТЕНЦИАЛЬНУЮ ПОПОЛНЯЕМОСТЬ ПОПУЛЯЦИИ МИДИИ У БЕРЕГОВ КРЫМА

Казанкова И.И.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия
ikazani@bk.ru

Исследование потенциальной пополняемости черноморской популяции мидии *Mytilus galloprovincialis* с помощью контрольных унифицированных субстратов, поверхность которых была представлена нитчатыми структурами была начата нами в 2008 г. (Казанкова, 2015). Ранее такими субстратами были гладкие стеклянные пластинки (Долгопольская, 1954; Турпаева, 1958; Брайко, 1985).

Экспозицию субстратов проводили в открытых бухтах Южного берега Крыма (бухта Ласпинская бухта, Голубой залив) и полузакрытой акватории у берегов Севастополя на горизонтах глубины от двух до 15 м.

Основные закономерности, полученные нами при измерении потенциальной пополняемости, следующие:

- на контрольных субстратах с ворсистой поверхностью численность постличинок мидии, сформировавшихся из осевших личинок, почти на порядок выше, чем на стеклянных пластинках;
- в целом у Южного берега Крыма (далее – ЮБК) потенциальная пополняемость на порядок выше, чем у берегов Севастополя;
- в районе ЮБК с глубиной наблюдается увеличение потенциальной пополняемости, у берегов Севастополя такая закономерность не выявлена;
- максимальные значения потенциальной пополняемости за годовые периоды отмечаются у ЮБК только в первой половине года – с января по июнь, у берегов Севастополя – как весной (март – июнь), так и осенью (октябрь – декабрь);
- в теплый период года (июль – сентябрь) у берегов Севастополя постличинки мидии на контрольных субстратах полностью отсутствуют;
- для исследованных районов характерна значительная межгодовая изменчивость потенциальной пополняемости.

В 2017–2022 гг. изучали изменчивость потенциальной пополняемости популяции мидии и температурных условий в поверхностном слое моря вблизи выхода из эстуарной зоны Севастополя. Было показано, что в холодные периоды, а именно с ноября 2017 по апрель 2018 и с ноября 2021 по апрель 2022 г. наблюдались выраженные отрицательные и слабовыраженные положительные аномалии среднемесячных значений температуры воды. При этом весной 2018 и 2022 гг. были отмечены высокие значения максимальной потенциальной пополняемости, на порядок превосходящие таковые в 2019 и 2020 гг., в холодный период которых наблюдались только положительные температурные аномалии.

Как определено в (Андреева, 2023), в 2017–2018 и 2020–2022 гг. были отмечены события Ла-Нинья, а с конца 2018 по начало 2019 г. – Эль-Ниньо. В связи с этим можно предположить, что глобальные процессы, происходящие в системе океан-атмосфера, влияя на черноморский регион, вызывают изменения в экосистеме Черного моря, которые, в свою очередь, влияют на потенциальную пополняемость черноморской популяции мидии.

Список использованной литературы:

Андреева Н. Н., Воскресенская Е. Н., Марчукова О. В. О возможности влияния Эль-Ниньо-Южное колебание на интенсивность роста фитомассы в прибрежной зоне Севастополя // Системы контроля окружающей среды. – 2023. – № 2. – С. 27–35.

Казанкова И. И., Щуров С. В. Способ изучения пополняемости поселений мидии, митилястера и анадары в прибрежной зоне Черного моря: патент 2548105 РФ. МПК А01К 61/00 № 2014150175/93/ патентообладатель ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН». Оpubл. 10.04.2015, Бюл. № 10.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РИЗОСФЕРЫ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Киселёва А.А., Шулико Н.Н.

ФГБНУ «Омский АНЦ», г. Омск, Россия

veybender@mail.ru

Анализ ризосферной микрофлоры проводили в почвенных образцах, отобранных в 2023 г. на мелкоделяночном полевом опыте, расположенном в пределах города Омск (южная лесостепь). Исследовано влияние биопрепаратов Мизорин (*Arthrobacter mysorens* 7) и Флавобактерин (*Flavobacterium* sp. L-30.) (производство ВНИСХМ, г. Санкт-Петербург, Пушкин) на микробный ценоз ризосферы новых сортов сельскохозяйственных культур омской селекции яровой мягкой пшеницы Омская 42, Омская 44, Тарская 12. Определение ризосферной микрофлоры пшеницы выполняли с помощью высева на плотные питательные среды: Мишустинной – для олигонитрофилов – разведение 10^{-6} ; среда Муромцева – Герретсена – для микроорганизмов, мобилизующих минеральные фосфаты – разведение 10^{-6} (Теппер, 2004).

В вариантах с применением биопрепаратов, численность олигонитрофилов, микроорганизмов, потребляющих азот атмосферы, возрастало. Наиболее высоким было в вариантах с применением биопрепарата Мизорин на пшенице Омская 44 составляя 44,8 млн КОЕ/г соответственно (при уровне на контроле 34,2 млн КОЕ/г), при применении препарата Флавобактерин на пшенице Тарская 12, составляя 35,7 млн КОЕ/г, при уровне на контроле 27,6 млн КОЕ/г. Стимуляция роста олигонитрофилов при применении инокуляции, видимо, связана с улучшением азотного питания растений за счет фиксации его бактериями из воздуха, в итоге корневая система более мощная, увеличивается потребление азота в ризосфере, что способствует развитию олигонитрофилов, довольствующихся остаточным количеством доступного азота.

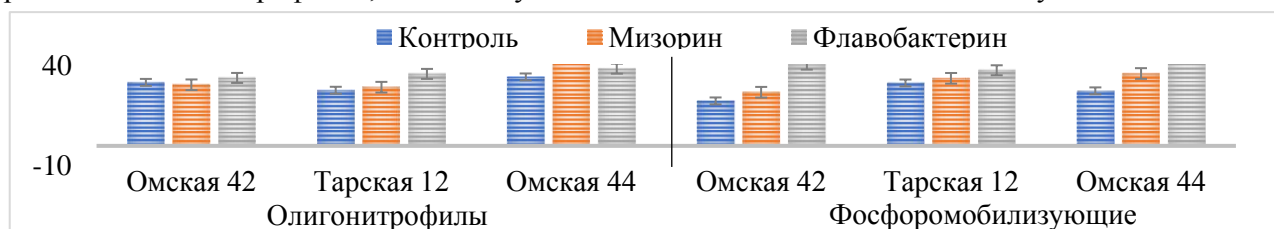


Рисунок 1 – Численность микроорганизмов в ризосфере различных сортов пшеницы при инокуляции, млн КОЕ/г, южная лесостепь (г. Омск)

Численность фосфатмобилизующих микроорганизмов достоверно возрастала при применении Флавобактерина на всех сортах пшеницы, увеличение по отношению к контролю составило от 19 и 86%, с наибольшими значениями у сорта Омская 44 (50,9 млн КОЕ/г при уровне на контроле 27,3 млн КОЕ/г). При предпосевной обработке семян Мизорином отмечена лишь тенденция увеличения тестируемой группы, только в варианте Омская 44 наблюдался их всплеск на 32% относительно контроля. Инокуляция ассоциативными diaзотрофами положительно влияет на численность фосфатмобилизующих микроорганизмов и количество подвижного фосфора в ризосфере культур (Белимов, 1990).

Применение Мизорина в посевах мягкой пшеницы стимулировало рост олигонитрофилов на 20% лишь у пшеницы Омская 44. Фосфатмобилизующую группу микроорганизмов активизировало применение Флавобактерина в ризосфере сортов Омская 42, Омская 44 на 81–86 %.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10064, <https://rscf.ru/project/23-76-10064/>.

Список использованной литературы:

Белимов А. А. Эффективность инокуляции ячменя смешанными культурами diaзотрофов: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Белимов А. А. – Л., 1990. – 20 с.

Теппер Е. З. Практикум по микробиологии учебное пособие для вузов / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова; под ред. В. К. Шильниковой. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.

**АККУМУЛЯЦИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ
В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ ГОРНЫХ ТУНДР ПОЛЯРНОГО УРАЛА:
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

*Королёв М.А.¹, Яковлева Е.В.¹, Габов Д.Н.¹, Шамрикова Е.В.¹,
Жангуров Е.В.¹, Панюков А.Н.¹*

¹Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, г. Сыктывкар, Россия
korolev.m@ib.komisc.ru

Район исследований находится в горной зоне Полярного Урала (хребет Большой Пайпудынский, 67°13'33.3"N; 65°38'04.8"E) и характеризуется выходами нижнедевонских мраморизованных известняков. Объект изучения – почвы элювиальной (6-ПУ), транзитно-аккумулятивной (3-ПУ, 5-ПУ, 7-ПУ, 8-ПУ) и аккумулятивной (2-ПУ, 1-ПУ) позиций 1,5-километровой катены. Выявленному разнообразию типов и подтипов почв способствует сочетание ландшафтно-геоморфологических условий и специфики карбонатных почвообразующих пород (Шамрикова, 2020).

Определение содержания ПАУ в почвах и растениях выполняли методом ВЭЖХ. Экстракцию ПАУ проводили методом ускоренной экстракции растворителями (ASE) из 1 г образца смесью хлористый метилен:ацетон (1:1) при 100°C. Экстракты концентрировали, растворитель заменяли на гексан. Очистку от примесей осуществляли колоночной хроматографией на оксиде алюминия с использованием смеси гексан:хлористый метилен (4:1). Анализ очищенных концентратов выполняли методом ВЭЖХ. Контроль точности проводили с применением сертифицированных стандартных образцов.

Содержание ПАУ в наземной биомассе растений участков колеблется в диапазоне 35–110, в почвах – 6–190 мкг/кг. Биомасса характеризуется преобладанием легких ПАУ (97–100% от общей суммы), за исключением участка (2-ПУ) (80%). Состав наземной биомассы оказывает значительное воздействие на содержание ПАУ в почвах. Это подтверждает подобие качественного состава и тесная связь содержания индивидуальных ПАУ органогенных горизонтов и биомассы соответствующих участков $R^2 = 0,79–0,97$ ($P = 0,95$), которая последовательно снижается с глубиной в нижележащей толще $R^2 = 0,57–0,87$ ($P = 0,95$). В почвенных профилях, кроме пятна на участке (6-ПУ), наблюдается накопление ПАУ в органогенных горизонтах. И в почвах, и в растениях доминируют легкие ПАУ, преимущественно нафталин и фенантрен.

Тяжелые ПАУ, такие как бенз[а]пирен, обладают канцерогенным действием и отнесены в РФ к I классу опасности. ПДК бенз[ghi]перилена в почвах составляет 20 мкг/кг, однако в биомассе и почве участка 2-ПУ содержание этого канцерогена достигает 6,3 мкг/кг. Биоаккумуляция токсикантов в системе «почва-растение-животное» представляет риск для агропромышленного комплекса Крайнего Севера, учитывая российский регламент, ограничивающий содержание бенз[а]пирена в мясе и мясопродуктах до 1 мкг/кг.

Требуется регулярный мониторинг накопления ПАУ в почвах и растительной продукции территории для контроля их возможного поступления по пищевым цепям в организм животных и человека. В дальнейшем планируется изучить состав мышечных тканей оленей на содержание ПАУ.

Исследования выполнены в рамках гранта РНФ № 24-27-00231 «Карбонатные почвенно-мерзлотные геосистемы Полярного Урала: полигенез, эволюция, классификация».

Список используемой литературы:

Шамрикова Е. В., Жангуров Е. В., Кулюгина Е. Е., Королёв М. А., Кубик О. С., Туманова Е. А. Почвы и почвенные покровы горно-тундровых ландшафтов Полярного Урала на карбонатных породах: разнообразие, классификация, распределение углерода и азота // Почвоведение. – 2020. – № 9. – С. 1053–1070.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СВЯЗИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА NDVI С ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ И ОСАДКАМИ

Красовская В.С., Воскресенская Е.Н.

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

VladislavaKrasovskay@gmail.com

Изменение климата оказывает значительное влияние на растительность Крымского полуострова. Повышение температуры и уменьшение осадков особенно в летний сезон могут привести к трансформации экосистем региона (Дидух, 1992; Трансформация, 2010), что проявляется в изменении структуры растительности. Одним из ключевых индикаторов реакции растительности на климатические изменения является нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI), который демонстрирует количество фотосинтетически активной биомассы. Изучение связи NDVI с метеорологическими параметрами, такими как температура и осадки, позволяет лучше понять динамику геосистем и оценить последствия для биоразнообразия экосистем.

Для исследования связи NDVI с метеорологическими параметрами были использованы данные о температуре и осадках, полученные с 24 метеостанций Крыма за период с 2000 по 2022 год. Данные о вегетационном индексе (NDVI) были собраны с помощью спутниковых сенсоров MODIS/Terra (MOD13Q1) (NASA, 2023) с 250-метровым пространственным и 16-дневным временным разрешением за вегетационный период (апрель-октябрь) с 2000 по 2022 г. включительно. На этой основе были созданы массивы точек вокруг метеостанций, отобранные по классу растительности: лиственные леса, хвойные леса, степи, степи яйл и можжевеловые леса. Преобразование 16-дневных данных NDVI в месячные было выполнено методом взвешенных коэффициентов. Для выявления корреляции NDVI с температурой и осадками использовался коэффициент корреляции Пирсона, а его значимость оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования подтвердили статистически значимую связь NDVI с температурой и осадками при уровне достоверности 90%. Коэффициенты корреляции NDVI и температуры варьировались в зависимости от типа растительности и временных запаздываний. В лесных экосистемах, таких как Ай-Петри и Ангарский перевал, наблюдалась положительная корреляция (0,69–0,7) с температурой, тогда как в степных районах (Джанкой, Керчь, Белогорск) корреляция была отрицательной (–0,35– –0,58). Осадки имели большее влияние на NDVI в степных геосистемах при положительной корреляции (0,20–0,26), указывает на наличие зависимости растительности от уровня увлажнения.

Выявлено, что в лесных экосистемах температура играет ключевую роль в изменении NDVI, демонстрируя положительную корреляцию, особенно при краткосрочных временных запаздываниях. В степных районах, напротив, температура оказывает отрицательное влияние, а осадки становятся определяющим фактором в поддержании и увеличении NDVI. Результаты могут быть полезны для дальнейшего прогнозирования изменений растительности в условиях климатических изменений и помогут в разработке мероприятий по сохранению биоразнообразия в регионе.

Список использованной литературы:

Растительный покров горного Крыма, Дидух Я.П.: (Структура, динамика, эволюция и охрана) / Я. П. Дидух; АН Украины. Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного. – Киев: Наук. думка, 1992. – 269 с.

Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX веке – начале XXI века / Т. В. Бобра, В. А. Боков, Л. Я. Гаркуша [и др.]. – Симферополь: ДОЛЯ, 2010. – 304 с.

NASA Science Strategy: website. – URL: [https:// science.nasa.gov/about-us/science-strategy](https://science.nasa.gov/about-us/science-strategy) (дата обращения: 28.12.2023).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО РЕЛЬЕФА

Куликова А.П.¹, Егоркин А.А.^{1,2,3}

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

²ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

³ФГКВОУ ВПО «Черноморское высшее военно-морское ордена Красной Звезды училище им. П. С. Нахимова», г. Севастополь, Россия

Современное промышленное развитие сопровождается все более возрастающим негативным воздействием на атмосферный воздух, приводящим к загрязнению окружающей среды. В связи с этим точное прогнозирование рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере является важной задачей для смягчения последствий антропогенной деятельности. Особенности рельефа и городской застройки оказывают значительное влияние на динамику движения воздушных масс, что в свою очередь является важным фактором для распространения загрязняющих веществ.

Целью работы является изучение влияния метеорологических условий на распространение загрязняющих веществ в атмосфере с учетом условий сложного рельефа приморской территории. Для достижения цели при проведении исследования были проанализированы основные источники выбросов загрязняющих веществ исследуемой территории, особенности гидрометеорологических условий в выбранной местности, смоделированы ситуации возможного загрязнения выбранной территории с учетом сухого и влажного осаждения.

Моделирование проводилось с использованием мезомасштабной модели (GRAMM) в сочетании с Лагранжевой моделью (GRAL) (Berchet et al., 2017; Graz..., 2024).

Данные модели в программном комплексе связаны через граничные условия. Чтобы учесть влияние сложного рельефа при моделировании была построена детальная цифровая модель местности изучаемой территории для каждой модели. Сочетание двух моделей позволяет учитывать рельеф поверхности, изменение метеоусловий в пространстве и во времени, учесть вертикальную структуру пограничного слоя, описать работу источников загрязнения, работающих ограниченное время, получить характеристики для наземных источников.

Использование такого сочетания даёт более точную оценку влияния загрязняющих веществ на окружающую среду и возможность прогнозирования концентраций веществ.

В результате проведенного анализа выявлены метеорологические условия и районы местности, в которых образуется застой с повышенным уровнем концентраций загрязняющих веществ. Было проведено исследование ситуаций с учетом эффекта влажного осаждения в периоды, когда образовалось наибольшее количество осадков. Образовавшиеся зоны с повышенными концентрациями загрязняющих веществ свидетельствуют о важности учета этого обстоятельства, так как предполагаемые осадки могут поступать в акваторию приморской территории, провоцируют загрязнение прибрежных вод. При оценке риска здоровью и окружающей среде стоит обратить особое внимание на эти зоны.

Список использованной литературы:

Berchet A., Zink K., Oetl D., Brunner J., Emmenegger L., Brunner D.: Evaluation of high-resolution GRAMM–GRAL (v15.12/v14.8) NO_x simulations over the city of Zürich, Switzerland // Geosci. Model Dev. – 2017. – Vol. 10, No. 9. – P. 3441–3459. – DOI 10.5194/gmd-10-3441-2017.

Graz Lagrangian Model: website. – URL: <https://gral.tugraz.at/> (access date: 17.02.2024).

**РАЗРАБОТКА ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ
ЦИФРОВОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ**

Лей В.А., Нурзай В.А., Гаврисенко С.Л.

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия
VALey@sevsu.ru

Современная среда обитания включает в себя большое количество источников негативного воздействия на человека и природу, а развитие современных информационных технологий даёт возможность создания новых систем контроля и учёта источников антропогенного воздействия. Наблюдается рост интереса к проблемам загрязнения среди ученых во всём мире, что подтверждается мета-анализом (Feng et al., 2024).

Основным требованием к подобным системам является возможность точной привязки к местоположению, а также возможность получения полной информации о объектах воздействия на окружающую природную среду. Таким функционалом обладают географические информационные системы (ГИС), которые обеспечивают сбор, хранение, обработку, анализ и отображение пространственно-координированных данных, а также получение на их основе новой информации и знаний (Шихов и др., 2017). Применения ГИС даёт возможность осуществить цифровую инвентаризацию объектов воздействия на окружающую среду для их учёта, получения оперативного доступа к информации о расположении, объёмах и видах загрязнителей, что существенно упрощает процессы принятия решений в области охраны окружающей среды и природопользования.

Для апробации применения системы была поставлена цель инвентаризировать наиболее значимые по валовому выбросу стационарные объекты загрязнения атмосферного воздуха города Севастополя в общем количестве – 19 штук (Зонирование..., 2022). Также для каждого предприятия были выделены загрязняющие вещества со значением по критерию 0,1ПДК. Среди этих объектов: предприятия теплоснабжения, хранения нефтепродуктов, обращения с ТКО, производственные предприятия – объекты воздействия на атмосферу и иные организации города Севастополя, предоставляющие отчетность о своём воздействии на атмосферный воздух.

В российской закрытой программной оболочке «ДатумГИС» была сформирована карта с привязкой объектов воздействия на окружающую среду по адресам, с указанием валового объёма выброса, перечня загрязнителей по показателю 0,1 ПДК и их объёмов. Для визуализации воздействия на окружающую природную среду точка привязки каждого предприятия имеет разный диаметр и цветовую насыщенность.

Система создана с возможностью удалённого доступа и наполнения для реализации заявленных целей цифровой инвентаризации и представляет интерес для дальнейшего развития комплексного цифрового экологического анализа территории.

Список использованной литературы:

Зонирование территории г. Севастополя для организации мониторинга загрязнения атмосферы / С. А. Гутник, Е. И. Азаренко, Г. А. Сигора [и др.] // Системы контроля окружающей среды. – 2022. – № 1(47). – С. 66–73. – DOI 10.33075/2220-5861-2022-1-66-73.

Шихов А. Н., Черепанова Е. С., Пьянков С. В. Геоинформационные системы: методы пространственного анализа: учеб. пособие /А. Н. Шихов, Е. С. Черепанова, С. В. Пьянков. – Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т., 2017. – 88 с.

Feng T., Sun Y., Shi Y., Ma J., Feng C., Chen Z. Air pollution control policies and impacts: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2024. – Vol. 191. – 114071. – DOI 10.1016/j.rser.2023.114071.

ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ: ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ

Лобковский В.А., Куст Г.С., Андреева О.В.

ФГБУН «Институт географии Российской академии наук», г. Москва, Россия
v.a.lobkovskiy@igras.ru

Нейтральный баланс деградации земель (НБДЗ, Land Degradation Neutrality) – новейшая концепция и методология Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (КБО), главная стратегическая линия КБО ООН на период до 2030 года. Она полностью отвечает Целям устойчивого развития (ЦУР), в частности в задаче 15.3. напрямую указывается на необходимость стремиться: «...достичь нейтрального баланса деградации земель на глобальном уровне («...к тому, чтобы во всем мире не ухудшалось состояние земель»))» (Повестка ..., 2015).

Возможность достижения НБДЗ оценивается по значению трендов (улучшение/ухудшение/стабильность) трех индикаторов НБДЗ – динамики наземного покрова, динамики продуктивности земель, динамики запасов почвенного органического углерода. Анализ полученного результата позволяет рассчитать значение индикатора ЦУР 15.3.1 «Отношение площади деградировавших земель к общей площади земель». Расчет производится за определенный базовый период (по умолчанию 2000–2015 гг.), в специально разработанном расчетном модуле Trend.Earth («Тренды.Земля») открытой геоинформационной системы QGIS. Исходная информация - глобальные базы данных по указанным индикаторам НБДЗ (ESA CCI LC; NDVI – AVHRR, MODIS, PROBA; ISRIC),

Данный подход позволяет провести оценки стран по единой методологии, обеспеченной однотипными данными на значительный временной период.

Как показали наши исследования (Национальный ..., 2019; Лобковский и др., 2022), в условиях России индикаторы НБДЗ не всегда отражают физико-географические, социально-экономические, институциональные и управленческие особенности страны. Выявлена также недостаточная достоверность глобальных данных для территории России (ошибки распознавания переходов наземного покрова, недостаточность данных для некоторых территорий и др.), при оценке не учитывается качественная составляющая оценки земель.

Для решения данной задачи на первом этапе нами проведено научное обоснование новых терминов, связанных с концепцией НБДЗ и их адаптация для России. Проведен анализ существующих национальных систем мониторинга, установлены возможности взаимной адаптации разных систем мониторинга на базе международных подходов.

Далее нами проведена систематизация индикаторов и показателей деградации земель, разработан алгоритм адаптации глобальных и национальных индикаторов. Это позволило предложить структуру индикаторов и показателей национальной системы оценки, а также примерный перечень индикаторов для оценки как динамики состояния земель, так и их текущих качественных характеристик для территорий различного уровня управления (страна в целом, регион, район, локальный уровень).

Список использованной литературы:

Лобковский В. А., Андреева О. В., Куст Г. С. Интеграция международной и национальной систем мониторинга и оценки деградации земель в России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – № 86(1). – С. 9–27. –DOI 10.31857/S2587556622010095.

Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)». – М.: ООО «Изд-во МБА», 2019. – Т. 2. – 476 с.

Резолюция A/RES/70/1 Генеральной Ассамблеи ООН от 25 сентября 2015 г. N 70/1 «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года».

**CFD – МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕИВАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ПРИМОРСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ С УЧЕТОМ ВТОРИЧНЫХ
ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ**

Лукина М.Д.¹, Егоркин А.А.^{2,3,4}

¹Филиал МГУ им. М. В. Ломоносова в г. Севастополе, г. Севастополь, Россия

²ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

³ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

⁴ФГКВОУ ВПО «Черноморское высшее военно-морское ордена Красной Звезды
училище им. П. С. Нахимова», г. Севастополь, Россия

Загрязнение воздуха в настоящее время является серьезной экологической проблемой. При анализе распространения загрязняющих веществ в урбанизированных районах приморских территорий особое внимание следует уделять совместному учету наличия препятствий в виде зданий и сооружений, а также влиянию вторичных химических реакций на увеличение концентраций загрязняющих веществ в зонах застоя.

Распределение зданий на урбанизированной территории является причиной сложных схем движения воздушных потоков и, как следствие, неоднородному распределению загрязняющих веществ по территории. Основными загрязнителями на таких территориях являются оксид азота (IV), оксид углерода (II) и твердые частицы, которые могут вступать в химические реакции как между собой, так и с другими химическими веществами с образованием вторичных загрязнителей с еще большей опасностью.

Целью работы является исследование совместного влияния протекания химических реакций и динамических процессов перемешивания загрязняющих веществ на качество атмосферного воздуха урбанизированных приморских территорий.

В настоящее время перспективным методом моделирования для точного прогноза складывающейся экологической ситуации с учетом химических превращений является применение вычислительных гидродинамических моделей (CFD-модель), реализованных в программных продуктах. Этот подход дает точное понимание и учет процессов, протекающих в ограниченных замкнутых урбанизированных территориях, а также их способность работать со сложными формами агломераций зданий.

Также в работе при моделировании учитывались температурные параметры поверхностей стен и сооружений при различных суточных изменениях и влияние этих параметров на распространения загрязняющих веществ.

Подход к оценке негативного воздействия на атмосферный воздух с использованием моделирования рассеивания загрязняющих веществ на урбанизированных приморских территориях с учетом вторичных химических превращений, основанный на CFD-моделировании, представляет собой численное решение фундаментальных химических уравнений, содержит результаты учета детальной трёхмерной геометрии и местных условий окружающей среды. Он способен обеспечить более точные решения, чем существующие нормативные модели оценки качества атмосферного воздуха.

Список использованной литературы:

Sanchez B., Santiago J.-L., Martilli A., Palacios M., Kirchner F. CFD modeling of reactive pollutant dispersion in simplified urban configurations with different chemical mechanisms // Atmos. Chem. Phys. – 2016. – Vol. 16. – P. 12143–12157. – DOI 10.5194/acp-16-12143-2016.

**ВЛИЯНИЕ ФЛЮИДОВ СИПОВ БУХТЫ ЛАСПИ НА ГИДРОСФЕРУ,
АТМОСФЕРУ И БИОСФЕРУ (ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)**

Лысенко В.И.

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

В наши дни при изучении морских глубин внимание уделяется исследованию состава и объемов выбросов флюидов сипов и биоценозом вокруг них. Из-за больших глубин сложно выполнить работы по их изучению. Сипы в бухте Ласпи находятся на глубинах до трех метров и являются полигоном, где легко можно взять пробы флюидов и установить объемы выбросов. При исследовании сипов в бухте Ласпи актуальной значимостью является установления их влияния на геологические, гидрологические и биологические процессы вокруг них.

Целью наших исследований являлось изучение состава и объемов флюидов из холодных сипов и их влияния на природные процессы.

Сипы приурочены к местам пересечения Ласпинского и Берегового разломов. Выходы пузырьков газа находятся на поверхности построек. Кроме струйного выделения, в пустотах построек отмечается диффузионный флюид. За двадцатилетний период наблюдение установлено, что объемы выбросы газов не постоянны в течение часа, суток и сезонов года. За период наблюдений из них в атмосферу поступило до 9192 м³ газовых флюидов.

Не стабильные выбросы объемов флюидов сопровождаются не постоянным их составом. Флюиды холодных сипов в своем составе имеют большой букет углеводородных и не углеводородных газов. Углеводородные газы представлены в основном CH₄. В незначительном количестве присутствуют C₂H₈, C₂H₆, C₃H₈, C₃H₆, C₄H₁₀, iC₄H₁₀, nC₅H₁₂ и iC₅H₁₂. Во флюидах содержатся N₂, O₂, CO₂ и He. В малых концентрациях в выбросах газа содержатся сернистые газы: CS₂, COS и H₂S.

Соленость воды около сипов изменяется от 6,8 до 14,7‰, что указывает на присутствие во флюидах опресненных водных растворов. Их объемы незначительны, но выбросы растворов имеют некоторую периодичность. По концентрациям солей и геохимических элементов водные растворы флюидов отличается от морской воды в бухте Ласпи.

Выбросы газов и водных растворов флюидов бухты Ласпи имеют не значительные объемы. В тоже время подобных выходов дегазации в прибрежных частях морей и океанов существует значительное множество. На них редко обращают внимание, но их суммарные выбросы газов и водных растворов за большой промежуток времени оказывают влияние на эволюционные изменения атмосферы и гидросферы.

Уникальными объектами в бухте Ласпи являются гряды пляжных бактериальных построек. Сообщества микроорганизмов создают из метана и сероводорода флюидов не только органическое вещество, но производят карбонатный материал и сульфиды. Об образовании цемента кальцита сообщества прокариот и архей свидетельствуют результаты $\delta^{13}\text{C}$ (–20,93 и –20,83‰). Постройки своей формой отличаются от трубовидных или плоских строений Черного моря. С ними связаны местные «оазис жизни» среди безжизненного окружения рыхлых пляжных отложений. Поверхности построек покрыты зарослями водорослей и колониями мшанок. На них встречаются 12 видов полихет и многочисленные раковины моллюсков, которые находятся в симбиозе с метанотрофными и метаногенными микроорганизмами.

В результате исследований установлено, что около сипов находятся пляжные бактериальные постройки, которые являются уникальными геолого-биологическими объектами. Их формирование происходило за счёт переработки глубинных флюидов прокариотами и археями в карбонат и органическое вещество. Микроорганизмы являются санитарами по защите атмосферы от поступлений метана и углекислого газа. Кроме этого, газ пузырьков и водные растворы флюидов участвуют в эволюционном изменении современной атмосферы и гидросферы. Они являются главными контролерами её состава.

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

ЛИПИДНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ПОЧВ ПОЛЯРНОГО УРАЛА НА КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ (ХРЕБЕТ БОЛЬШОЙ ПАЙПУДЫНСКИЙ)

Лю-Лян-Мин Е.И., Груздев И.В., Шамрикова Е.В., Жангуров Е.В.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

gruzdeva.katua94@yandex.ru

Экстремальные области в силу своей труднодоступности остаются неизученными. Основные представления о почвах северной части Уральского горного хребта получены по легко достижимым в транспортном отношении районам. Менее исследованными остаются почвы сформированные на продуктах выветривания плотных карбонатных пород. Важнейшим направлением почвообразования в этих объектах являются процессы гумусообразования и гумусонакопления (Шамрикова и др., 2020).

Органическая часть почвы включает вещества, относящиеся по химическому составу и строению к различным классам соединений. Высшие карбоновые кислоты являются самой представительной группой органических соединений почвы, входящие как в состав липидов почвенной микробиоты, так и содержащиеся в свободном виде. Каждая почва может быть охарактеризована индивидуальным набором жирных кислот (ЖК), что позволяет использовать данную группу соединений в качестве индикаторов химических и биохимических процессов, протекающих в почвах на современном и предшествующих этапах их формирования (De Carvalho, 2018).

Цель работы – разработка новых методических подходов извлечения и определения липидных компонентов почв, а так же исследование состава липидных компонентов почв Полярного Урала на карбонатных породах хроматографическими методами.

Повышение селективности определения целевых компонентов в анализируемых пробах – основная проблема, с которой сталкиваются исследователи в связи со сложностью состава и многокомпонентностью объекта. Известные методики газохроматографического определения жирных кислот в почве предполагают проведение длительной пробоподготовки с обязательным разделением стадий извлечения и дериватизации анализируемых соединений. В данной работе рассматривается подход, предполагающий совмещение стадий экстракции и дериватизации анализируемых соединений. Предлагаемый вариант позволяет также повысить селективность определения алканов и жирных спиртов.

В докладе будут приведены преимущества разработанного подхода, способы хроматографической идентификации анализируемых соединений, а также возможности применения получаемой информации о содержании жирных кислот в образцах почв для характеристики почвенной микробиоты.

В ходе исследований идентифицировано пятьдесят жирных кислот, представляющих пять гомологических рядов (одно-, двухосновные, монокенасыщенные, одноосновные нелинейного строения, монооксикарбоновые кислоты). Общее содержание ЖК в почвенных профилях существенно колеблется – 0,2–3,5 мг/г. Снижение массовой доли ЖК с глубиной пропорционально уменьшению содержания углерода органических соединений. Суммарное количество жирных кислот в наземной биомассе до 2 раз выше по сравнению с соответствующими органогенными горизонтами. Биомасса мхов характеризуется меньшим количеством ЖК по сравнению с биомассой травянистых растений, кроме того, в составе первых выражено накопление кислот с большим количеством атомов в цепи (C_{22} – C_{28}).

Исследования выполнены в рамках гранта РНФ № 24-27-00231 «Карбонатные почвенно-мерзлотные геосистемы Полярного Урала: полигенез, эволюция, классификация».

Список использованной литературы:

Шамрикова Е. В., Жангуров Е. В., Кулюгина Е. Е. и др. Почвы и почвенные покровы горно-тундровых ландшафтов Полярного Урала на карбонатных породах: разнообразие, классификация, распределение углерода и азота // Почвоведение. – 2020. – № 9. – С. 1053–1070.

De Carvalho C., Caramujo M. J. The various roles of fatty acids // Molecules. – 2018. – Vol. 23, No. 10. – P. 2583.

**ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ХВОЕ ЮЖНОГО БЕРЕГА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ**

Ляпина Е.Е.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, Россия
eeldv@mail.ru

Хвоя как чуткий биоиндикатор экологического состояния атмосферного воздуха наряду с эпифитными видами лишайников, листьями тополя вследствие кумулятивного эффекта отражает даже слабые воздействия промышленных и селитебных источников воздействия. Показывает суммарное действие всех без исключения важных для компонентов природной среды воздействий человеческой деятельности и геохимические особенности территорий. Указывает тенденции и степень негативного воздействия на человека. Позволяет спрогнозировать состояние компонентов в отдельности и окружающей среды в целом в будущем. Хвоя отражает состояние атмосферного воздуха за один вегетационный период так и до 5 лет. В ходе деструкции хвойной подстилки, накопленные ее вещества участвуют в формировании химического состава почвенного покрова, поверхностных и подземных вод.

Отбор проб хвои проводился в конце вегетационного периода 2021 года на территории рекреационных зон (парки, набережные, аллеи) населенных пунктов южного берега Республики Крым: г. Севастополь (включая район Балаклава), Ялта (набережная, винзавод «Массандра»), Бахчисарай, пос. Мисхор (набережная, г. Ай-Петри) (8 точек). Всего отобрано 15 проб хвои сосны крымской (*Pinus pallasiana*), ели обыкновенной (*Picea abies*), лиственницы европейской (*Larix decidua Repens*), пихты алжирской (*Abies numidica*) и можжевельника вонючего (*Juniperus foetidissima*).

Пробы хвои изучались методом инструментального нейтронно-активационного анализа на базе Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета (аналитик А.Ф. Судыко). Содержание Hg в пробах определяли на анализаторе ртути РА-915+, методом атомной абсорбции с помощью приставки ПИРО-915.

В ходе исследования определены особенности накопления 28 химических элементов: Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Hg, Th, U в зависимости от места произрастания, вида хвойного дерева. Выполнены расчеты геоэкологических показателей концентрирования химических элементов. Выявлены геохимические параметры источников поступления элементов в хвою.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА
В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ**

Марандиди С.И.¹, Ахсалба А.К.², Кишмария Я.Ш.²

¹Институт экологии Академии Наук Абхазии, г. Сухум, Республика Абхазия

²Абхазский Государственный Университет, г. Сухум, Республика Абхазия
sofa-291088@mail.ru, asida_cen@mai.ru,

Выбросы метана (CH_4) в настоящее время составляют порядка 20% от всех парниковых газов, что делает его вторым по значимости газом после диоксида углерода (CO_2 , 70%). CH_4 гораздо эффективнее удерживает тепло, чем более распространенный CO_2 , а, значит, вносит больший вклад в потепление на единицу массы (Ахсалба и др., 2023; Егоров, 2011; Бажин, 2000).

Согласно данным графика временных рядов метана, полученного с помощью Giovanni NASA, для территории Абхазии за сентябрь 2002 г.–июль 2024 гг., наблюдается повышение концентрации CH_4 с минимальным значением 1819,52 ppbv в 2002 году и максимальным значением 1956.14 ppbv в 2024 году. За рассмотренный временной период концентрация метана увеличилась на 136,62 ppbv.

По данным Global Monitoring Laboratory в апреле 2023 года концентрация метана составляла 1920,56 ppb, а в апреле 2024 года – 1931,91 ppb. Видно, что концентрация CH_4 увеличилась на 11,35 ppb за прошедший год.

Анализ среднемесячного содержания метана в атмосферном воздухе прибрежной полосы Абхазии за 2017–2020 гг., полученным газоанализатором МАГ-6П, показал, что за указанный период концентрации CH_4 не превышали 1,2% об. Максимальные значения наблюдаются в летний период и составили наибольшее значение 1,07% об. в августе 2019 года. Минимальные же значения приходятся на зимне-весенний период.

Таким образом, Черное море – крупнейший в мире меромиктический бассейн, воды которого насыщены метаном. Нами выявлены минимальные значения концентрации метана с января по май месяц, в среднем 0,2 % об, с июня по декабрь максимальные – в среднем 1% об. Региональные изменения позволили оценить источник CH_4 и показать, что влияние на содержание метана в атмосфере оказывает, главным образом, поверхность Черного моря.

Список литературы:

Ахсалба А. К., Марандиди С. И., Экба Я. А. Тенденции изменения концентраций парниковых газов на территории Республики Абхазия на основе дистанционных методов наблюдений // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа: Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Владикавказ, 04–08 октября 2023 года. – Москва: Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, 2023. – С 431–436.

Бажин Н. М. Метан в атмосфере // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – Т. 6, № 3. – С. 52–57.

Егоров В. Н. Метановые сипы в Черном море: средообразующая и экологическая роль: монография / В. Н. Егоров, Ю. Г. Артемов, С. Б. Гулин. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2011. – 405 с.

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СООТНОШЕНИЕ БИОМАССЫ
ЖЕЛЕТЕЛОГО И КОРМОВОГО ЗООПЛАНКТОНА В МИРОВОМ ОКЕАНЕ**

Мегер Я.В., Пионтковский С.А.

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия
meger_yakov@mail.ru, spiontkovski@mail.ru

Одна из важных задач полевых исследований значений биомассы различных структурных групп пелагических сообществ состоит в выявлении закономерностей их крупномасштабного пространственного распределения. Зоопланктон является важным звеном трофической структуры, обеспечивающим трансформацию вещества и энергии от фитопланктона к мелким пелагическим рыбам. В кормовом зоопланктоне, входящим в рацион мелких пелагических рыб, ракообразные (Copepoda) размерного диапазона 0,2–2,0 мм играют главную роль. В не кормовом зоопланктоне эта роль, по биомассе, принадлежит желетелым организмам, которые являются трофическим тупиком в том смысле, что переводят часть потока органического углерода из пастбищной цепи в детритную. В аспекте исследований пространственной структуры пелагических экосистем важно понять, как соотносятся биомассы желетелого и кормового зоопланктона в водах шельфа и в открытом океане (Пионтковский и др., 2023а; Пионтковский и др., 2023б).

Целью исследования была проверка гипотезы о наличии отрицательного тренда в крупномасштабной пространственной изменчивости биомассы желетелого зоопланктона в направлении от континентального шельфа в океанические воды. Для этого был выполнен анализ 223-х 5-градусных квадратов измерения в которых извлечены из международных баз данных и литературных источников. Также в дополнение к этому, для 393 5-градусных квадратов рассчитано соотношение биомассы желетелого и кормового зоопланктона.

Расчеты показали, что, несмотря на большую вариабельность пространственного распределения биомассы желетелого зоопланктона, уменьшение его биомассы в направлении от шельфа в открытые воды статистически достоверно для всего океана. Медиана биомассы в водах северного полушария Мирового океана десятикратно превышает таковую в южном. Медиана соотношения биомассы желетелого и кормового зоопланктона в северном полушарии также выше. Величины биомассы желетелого зоопланктона и их статистически значимая связь с величиной потока углерода на нижней границе эвфотической зоны указывают на важную роль этой фракции в формировании вертикальной составляющей потока углерода в пелагиали Мирового океана.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-24-00007).

Список использованной литературы:

Пионтковский С. А., Минский И. А., Мегер Я. В. Многолетняя изменчивость биомассы океанического зоопланктона // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2023а. – Т. 6, № 3. – С. 52–65.

Пионтковский С. А., Минский И. А., Мегер Я. В. Соотношение биомассы желетелого и кормового зоопланктона в Мировом океане // Актуальные вопросы биологической физики и химии. – 2023б. – Т. 8, № 1. – С. 94–98.

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕЧЕНИЯ ГИДРОБИОНТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Мельникова Е.Б.

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

helenamelnikova@mail.ru

В современный период Чёрное море испытывает сильную антропогенную нагрузку, складывающуюся из множества факторов, одним из которых является загрязнение тяжелыми металлами. Поступление тяжелых металлов в морскую среду происходит в результате выбросов при высокотемпературных процессах в черной и цветной металлургии, при обжиге цементного сырья и сжигании минерального топлива, орошения водами с повышенным содержанием тяжелых металлов, внесения осадков бытовых сточных вод в почвы в качестве удобрения и др. Планктонные сообщества, одной из характеристик функционирования которых является интенсивность свечения фитопланктонных организмов, обладают свойством быстрого реагирования на изменения в экосистеме, и поэтому могут служить оперативным индикатором действия на неё различных факторов среды обитания, включая загрязнения тяжелыми металлами (Евстигнеев, 1990; Евсеева и др., 2020; Мельникова, 2014; Токарев и др., 2016).

В докладе приведены графики изменения интенсивности свечения гидробионтов при различных уровнях концентраций загрязнителей.

Отмечены особенности изменения интенсивности свечения гидробионтов на примере *Noctiluca scintillans* на различные уровни концентраций солей железа, свинца, меди, цинка и ртути. Показано, что при воздействии катионов свинца более 1–2 суток наблюдается ингибирование интенсивности свечения, которая в дальнейшем не восстанавливается.

Катионы тяжёлых металлов обладают такими свойствами, как поливалентность, высокая реакционная способность, биологическая активность, благодаря этому металлы принимают участие практически во всех физико-химических, химических и биологических процессах, протекающих в гидробионтах, а изменение их концентрации в среде обитания отражается на протекающих процессах и особенностях развития гидробионтов.

Следует отметить, что в лабораторных условиях обычно исследуется влияние только одного какого-либо токсиканта в дозированных концентрациях. Однако в реальных условиях на процессы жизнедеятельности гидробионтов оказывает воздействие одновременно ряд факторов имеющих, в том числе, суммарное, синергическое или компенсационное воздействие. Поэтому необходимо продолжить исследования изменений интенсивности свечения гидробионтов в реальных условиях с учётом совместного влияния различных факторов загрязнения, создать базу данных сезонных изменений интенсивности свечения гидробионтов в нормальных условиях и с учётом воздействия загрязняющих веществ. Далее эта база данных может быть использована для идентификации произошедших экологических изменений морской среды по наблюдаемым изменениям интенсивности свечения гидробионтов.

Список использованной литературы:

Евстигнеев П. В. Влияние ряда токсических соединений на биолюминесценцию морских копепод // Экспериментальная водная токсикология. – 1990. – № 4. – С. 105–119.

Евсеева А. И., Кораблина И. В., Геворкян Ж. В., Каталевский Н. И., Горгола Л. Г. Оценка загрязнения воды и донных отложений кавказского района Черного моря тяжёлыми металлами и мышьяком в современный период // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2020. – Т. 3, № 3. – С. 7–16.

Мельникова Е. Б. Биолюминесценция в функционировании экосистем пелагиали Черного моря. – Киев: Фитосоциоцентр, 2014. – 175 с.

Токарев Ю. Н., Евстигнеев П. В., Машукова О. В. Планктонные биолюминесцентные мирового океана: видовое разнообразие, характеристики светоизлучения в норме и при антропогенном воздействии. – Симферополь: Н. Ореанда, 2016. – 340 с.

**ПОТОКИ СКРЫТОГО И ЯВНОГО ТЕПЛА
НА УЧАСТКАХ СТАЦИОНАРА «ВАСЮГАНЬЕ»**

Мирсанов М.А., Нечепуренко О.Е.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия
meteo@ggf.tsu.ru

Потоки скрытого и явного тепла являются ключевыми компонентами теплового баланса Земли. Изучение этих потоков позволяет понять, как распределяется тепло между различными частями атмосферы, океана и земной поверхности. Потоки тепла имеют прямое влияние на климатические условия.

Развитие и усовершенствование методов прогноза погоды, проблема преобразования климата и решение ряда других прикладных задач метеорологии обуславливают необходимость дополнить существующий комплекс метеорологических наблюдений на станциях определениями вертикальных градиентов основных метеорологических элементов в приземном слое атмосферы и составляющих теплового баланса деятельной поверхности (Гальперин, 1970).

Так как сеть теплобалансовых наблюдений мала и не покрывает всю территорию страны в нужном объеме, актуальность работы заключается в альтернативном способе определения потоков скрытого и явного тепла при различных классах погоды.

Таблица 1 – Классификация погодных явлений, принятых для исследования.

Номер класса	Название класса	Код явления и обозначение
I	Гроза	Записи с явлениями: 80 «гроза» и 65 «град»
II	«Тихая» погода	Записи с явлениями: 10 «роса», 21 «дымка», 22 «туман», 23 «туман просвечивающий», 62 «морось»
III	Дождь	Записи с явлениями: 63 «дождь», 64 «ливневый дождь»
IV	Ясная погода	Записи с количеством общей и нижней облачности 0/0 баллов

Важным этапом исследования является апробация прибора – логгера EClerk-M-RHT, который предназначен для измерения и регистрации данных температуры, влажности, давления с периодичностью каждые 10 минут и последующим расчетом составляющих потоков скрытого и явного тепла.

Список использованной литературы:

Гальперин Б. М. Турбулентный тепло- и влагообмен поверхности суши и водоемов с атмосферой. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 100 с.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Мищенко К.И.¹, Громов С.А.^{1,2}, Жадановская Е.А.¹

¹ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. акад. Ю. А. Израэля», г. Москва, Россия

²ФГБУН «Институт географии Российской академии наук», г. Москва, Россия
misikir@ya.ru

Одним из распространенных показателей антропогенного воздействия на окружающую среду и качество воздуха, используемых в государственной статистике, являются выбросы загрязняющих веществ в регионах и в целом по стране. Были проанализированы изменения эмиссии в атмосферу, полученные из официальной статистики (Выбросы..., 2024).

Отношение количества выброшенных в воздух газообразных оксидов серы и азота за период 2010–2023 гг. к значениям в 2010 г. колеблется в пределах 0,88–1,06 и 0,9–1,1 на территории Сибирского ФО, 0,59–1,06 и 0,75–1,4 в Дальневосточном ФО, отличаясь по динамике от изменений в отдельных субъектах в их составе (рис.1).

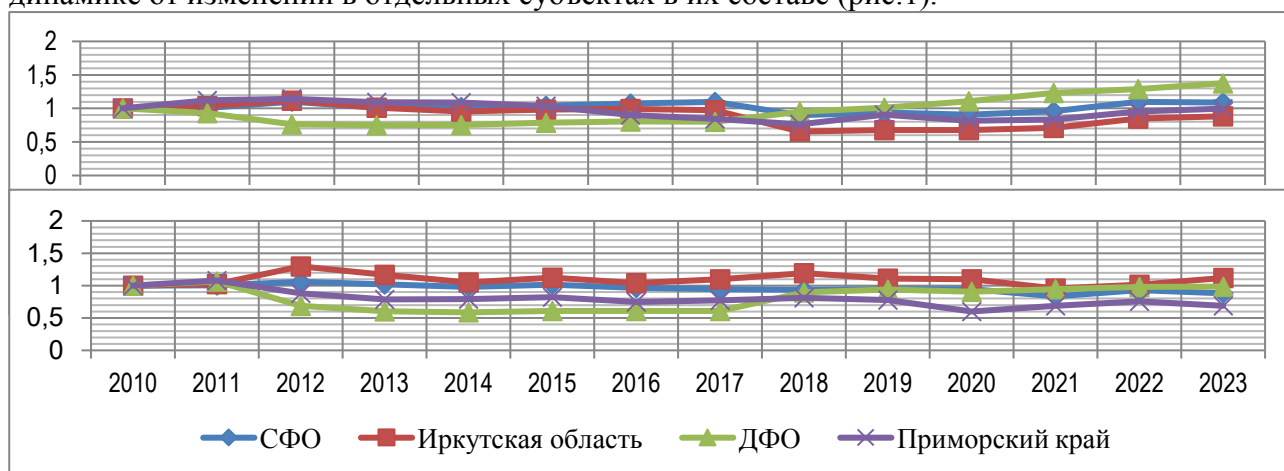


Рисунок 1 – Отношения выбросов в атмосферу диоксида серы (SO₂, верхний) и оксидов азота (NO_x, нижний) от стационарных источников в 2010–2023 годах к их значениям в 2010 г.

Данные наблюдений Росгидромета показывают, что в этот период в целом наблюдается снижение концентраций большинства загрязняющих веществ в воздухе городов этих территорий (ГГО, 2023; рис.2). Приведена информация для городов субъектов РФ.

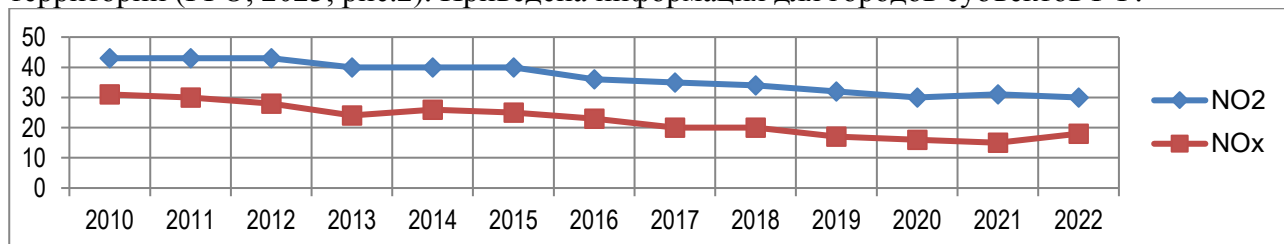


Рисунок 2 – Средние годовые концентрации (мкг/м³) диоксида азота (NO₂) и оксидов азота (NO_x) в городах Азиатской части России

Оценка данных по Госзаданию FMWS-2024-0009 №1023032700199-9 Института географии РАН.

Список использованной литературы:

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов и регионов Российской Федерации за 2018–2023 гг. Данные 2ТП-воздух // Росприроднадзор: сайт. – URL: <https://rpn.gov.ru/> (дата обращения: 12.08.2024).

Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2022 год: ежегодник / ГГО Росгидромета; исполн. М. Л. Довольская [и др.]. – СПб.: ГГО, 2023. – 254 с.

ОЦЕНКА РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА SRTM GL1, ASTER GDEM V3, ALOS V3.2 COPERNICUS DEM V1.2

Новиков А.А., Каширина Е.С.

Филиал МГУ им. М. В. Ломоносова в г. Севастополе, г. Севастополь, Россия
a_novik@bk.ru

Цифровые модели рельефа (ЦМР) представляют собой цифровое представление реального рельефа Земли. В последнее время область их использования значительно расширилась. Они применяются как для научных целей, так и для задач территориального планирования и проектирования. На данный момент существует несколько глобальных моделей, открытых для некоммерческого использования и отличающихся друг от друга разрешением и точностью. Оценке их точности и посвящена данная работа.

В качестве исходных моделей для анализа выбраны 4 наиболее используемых ЦМР с разрешением 1 угловая секунда: SRTM GL1, ASTER GDEM V3, ALOS V3.2, Copernicus DEM V1.2. Критериями репрезентативности ЦМР являлись: а) параметры точности модели в плане и по высоте; б) степень «зашумленности» модели, выражающаяся в наличии артефактов и общей неравномерности распределения высот; в) соответствие отметок высот модельных и реальных, определенных через топографические карты. Основные параметры моделей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры основных глобальных моделей рельефа

Название модели	ALOS	SRTM	ASTER	Copernicus
Источник	стереопара	радар	стереопара	стереопара
Точность в плане	5 м	20 м	30 м	<6 м
Точность по высоте	5м	16 м	20 м	< 2 м для склонов менее 20% < 4 м для склонов более 20%

Степень зашумленности определялась как статистически (оценивалась дисперсия значений высоты на стандартных, относительно монотонных участках рельефа), так и визуально, через расчет индекса шероховатости Topographic Ruggedness Index (Riley, 1999).

Для оценки соответствия высот моделей реальным значениям была проведена привязка 25 листов топографических карт масштаба 1:200 000 на территорию России и сопредельных государств. Листы выбирались таким образом, чтобы получить максимальное разнообразие форм рельефа в разных природных зонах. С карт оцифровывались высотные отметки на характерных участках рельефа, свободных от растительности (водоразделы, ровные склоны, плоские тальвеги) и отметки пунктов государственной геодезической сети. Полученные отметки высот сравнивались с модельными значениями в тех же точках.

Наиболее точными в плановом и высотном положении являются модели Copernicus и ALOS. Статистическая оценка точности этих двух моделей показала, что абсолютное значение погрешности у ALOS чуть выше, но разброс значений относительно исходного рельефа меньше. При этом корреляция погрешности с высотой у Copernicus более четкая, что связано с более «гладкой» отрисовкой равнинных территорий. При создании изогипс у Copernicus получаются более плавные линии, меньше мелких замкнутых объектов и висячих линий. Таким образом, наиболее оптимальным вариантом для использования является ЦМР Copernicus DEM V1.2

Список использованной литературы:

Riley S., Degloria S., Elliot S. D. A Terrain Ruggedness Index that Quantifies Topographic Heterogeneity // International Journal of Science. – 1999. – No. 5 – P. 23–27.

СОЕДИНЕНИЯ СЕРЫ И АЗОТА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ФОНОВЫХ РАЙОНОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Пастухов Б.В., Пармонов С.Г.
ФГБУ «ИГКЭ», г. Москва, Россия
ofmpbv@mail.ru

Система комплексного фоновый мониторинга (КФМ) обеспечивает оценку влияния фоновый загрязнения природной среды в районах расположения станций КФМ на состояние биосферы, включая типичные, ненарушенные и уникальные экосистемы. Информация, поступающая с сети станций КФМ, позволяет характеризовать «текущий» региональный/глобальный фон загрязнения природных сред («ноль» для отсчета локальных воздействий), а также изменение уровня фона во времени.

Соединения серы и азота являются старейшими из приоритетного списка загрязняющих веществ, за которыми ведутся регулярные многолетние наблюдения.

В работе представлены результаты многолетних наблюдений за содержанием соединений серы и азота в газовом и аэрозольном состоянии (рис. 1). Ряды данных некоторых станций мониторинга превышают 30 лет и регулярно публикуются в ежегодниках, издаваемых Росгидрометом (Обзор..., 2023).

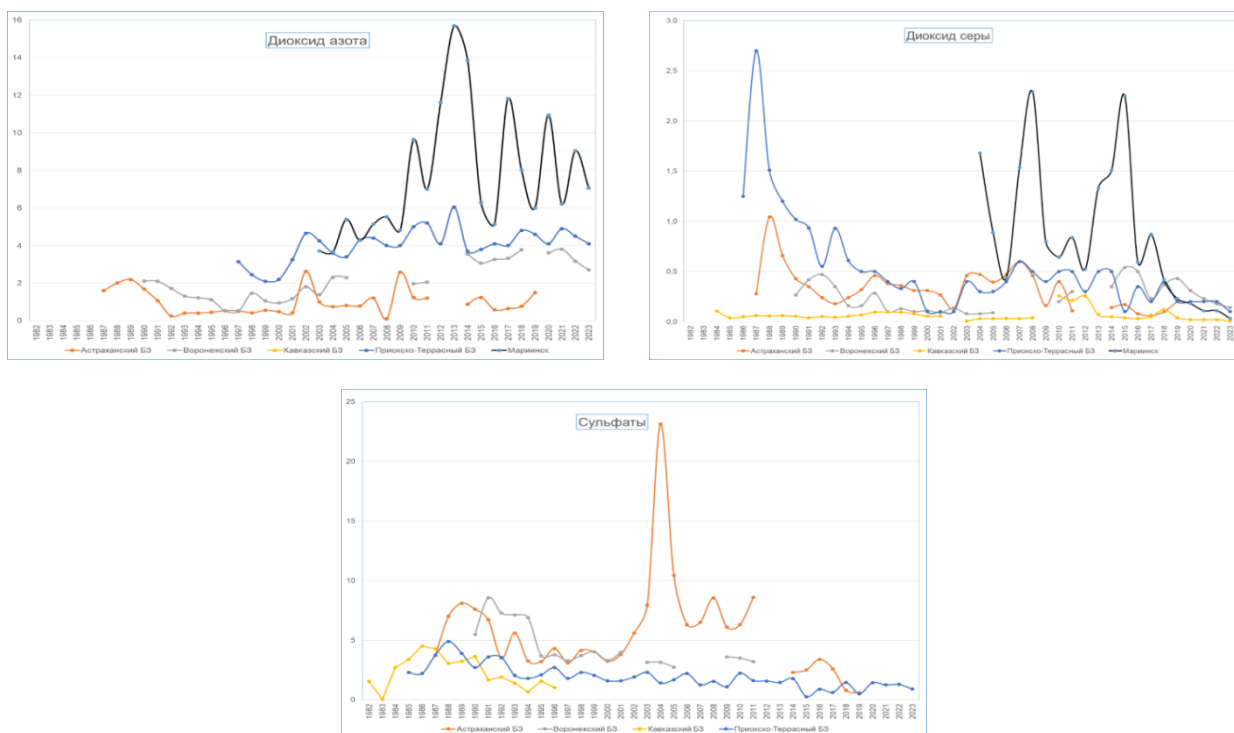


Рисунок 1 – Среднегодовые концентрации диоксида серы, диоксида азота и сульфатов в атмосферном воздухе фоновых районов (мкг/м^3)

Оценка трендов фоновый содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе за последние 15–20 лет, включая 2022 г., на территории России, свидетельствует о сохранении на их территории условий, обеспечивающих низкие фоновый уровни концентраций соединений серы и азота в атмосферном воздухе.

Список использованной литературы:

Обзор фоновый состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ за 2022 г. под ред. Г. М. Черногаевой. – 2023. – 120 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА

Петренко А.Е.¹, Лысенко В.И.¹, Новохацкая А.А.²

¹Филиал МГУ им. М. В. Ломоносова в г. Севастополе, г. Севастополь, Россия,

²ГАУ РК ЦЛАТИ, г. Симферополь, Россия

shura.petrenko.2004@mail.ru

Население Юго-западной части Крыма довольно часто в отдельные годы испытывают трудности с водоснабжением. Обычно, в это время многие жители региона используют для своих нужд воду из поверхностных источников (родников). Многие из них считают, что вода из родников по качеству выше, чем водопроводная. В настоящее время в Севастопольском регионе отсутствуют государственные службы, которые осуществляли бы контроль за состоянием территории вокруг родников и составом воды из них. Поэтому оценка экологического состояния поверхностных водных источников Гераклейского полуострова и Юго-западной части Горного Крыма является актуальной.

Целью исследований поверхностных водных источников была оценка антропогенного загрязнения вод и состояния территории родников.

При проведении работ исследовались гидрогеологические и экологические обстановки вокруг источников. Качество воды определялось в основном колориметрическим методом. Измерялся дебит родников, температура и органолептические показатели воды. Концентрации вредных веществ определялось колориметрическим методом. Суть метода заключалась в сравнении окраски растворов воды с колориметрической шкалой. По отдельным источникам проводился химический анализ воды на 10 показателей тест-системой «NILPA HOME» (водородный показатель, общая жесткость, карбонатная жесткость) и тест-системой «Крисмас+» (нитраты и нитриты). Полученные результаты сравнивались с предельно допустимыми значениями содержаний в воде по данным СанПиН 2.1.4.1175-02 и СанПиН 2.1.4.1074-01.

Район проведения работ находился в пределах Гераклейского плато и Юго-Западной части Горного Крыма. В регионе проведения исследований водоносные горизонты приурочены четвертичным, неогеновым, палеогеновым, нижнемеловым и верхнеюрским отложениям. Большинство поверхностных источников в Горном Крыму связаны с карстовыми процессами. Часть из них находится на границе юрских известняков и нижнемеловых глин. В обрывах Гераклейском плато родники встречаются в известняках среднего сармата, а водоупорным горизонтом для них служат прослойки глин.

В результате обследований было установлено, что территория вокруг большинства поверхностных источников с некоторой натяжкой отвечает требованиям санитарных норм.

По результатам анализов установлено, что у большинства источников Гераклейского полуострова наблюдаются повышенные концентрации нитратов, что связано со слабой защищённостью средне сарматского водоносного горизонта от поверхностного загрязнения. Это связано с наличием свалок мусора, выгребных ям, туалетов, могильников и стоков промышленных предприятий. Высокая жесткость некоторых источников, возможно, связано с удалением площади питания.

В Юго-западной части Горного Крыма вода почти во всех источниках по большинству показателей соответствует нормам СанПиНа. Но некоторые из них характеризуются в определенные периоды высокой жесткостью и минерализация воды

По результатам исследования было установлено, что вода из родников может использоваться для питьевых нужд. По данным обследования и результатам анализов воды создана интерактивная карта родников с простой и понятной информацией без сложной терминологии. Была записана серия роликов об их экологическом состоянии на платформе «YouTube», а также разработан сайт «Родники Республики Крым и города Севастополя».

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СНИЖЕНИЯ ЧИСЛА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРЕДИКТОРОВ В МОДЕЛИРОВАНИИ АРЕАЛОВ ВИДОВ

Попов И.О.^{1,2}, Попова Е.Н.²

¹ФГБУ «Институт глобального климата и экологии им. акад. Ю. А. Израэля»,
г. Москва, Россия

²ФГБУН «Институт географии РАН», г. Москва, Россия
igor_o_porov@mail.ru; en_porova@mail.ru

Моделирование распространения видов – бурно развивающееся направление современной науки на стыке биогеографии, экологии, климатологии, математики и информационных технологий. Для его осуществления в качестве климатических предикторов наиболее часто применяются девятнадцать биоклиматических параметров BIOCLIM, отражающих температурные и влажностные климатические характеристики окружающей среды и имеющих ряд удобных свойств для оценки территории потенциального распространения по всему Земному шару. Для повышения качества моделей ареалов и уменьшения взаимной корреляции этих параметров необходимо снижение их числа. Известно несколько подходов для решения этой задачи, большинство из которых заключается в создании новых синтетических переменных на основе наблюдаемых, что имеет ряд существенных недостатков. Альтернативный подход заключается в отборе климатических переменных, при этом необходимо достигнуть максимального снижения их числа при минимальных потерях полезной информации. Применяющиеся для этого подходы также имеют ряд существенных недостатков.

В данном исследовании была предпринята попытка разработать эффективный статистически обоснованный подход для решения задачи отбора климатических предикторов моделирования ареалов, основанный на выявлении корреляционных групп параметров, взаимная корреляция внутри которых превышает корреляцию с другими группами, и отборе из них параметров, в наименьшей степени коррелирующих между собой. Для выявления корреляционных групп было использовано несколько методов: анализ корреляционной матрицы, кластерный и факторный анализы. Для кластерного анализа использовался алгоритм HDBSCAN, для факторного анализа – методы квартимакс и варимакс. В качестве примера анализировались значения биоклиматических параметров, рассчитанных для периода 1991–2020 гг. по всему Земному шару на основе базы климатических данных CRU TS 4.03. В результате проведенных исследований показана хорошая согласованность результатов применения разных методов. Были выявлены несколько корреляционных групп, число которых равно четырем или пяти в зависимости от интерпретации значения отрицательной корреляции: является ли отрицательная корреляция признаком большего различия между параметрами или нет. Еще одна, шестая, группа из двух параметров (BIO14 и BIO17) может быть выделена на основе результатов применения метода факторного анализа варимакс, однако другими методами эта корреляционная группа не выявляется. Из шести выделенных групп были отобраны шесть параметров, по одному из каждой группы, продемонстрировавших минимальное среднее значение коэффициента корреляции с параметрами из других групп: BIO2, BIO5, BIO7, BIO14, BIO15 и BIO18 (последний – в случае выделения шестой группы). Отмечена низкая взаимная корреляция между этими параметрами: максимальное значение коэффициента Пирсона 0,389 (BIO5 и BIO15), максимальное по абсолютному значению -0,582 (BIO14 и BIO18). Полученные результаты показывают достаточно высокую эффективность примененного подхода к отбору биоклиматических параметров.

Работа поддержана грантом Минобрнауки РФ в виде субсидии крупного научного проекта «Глобальные климатические вызовы на территории России: ретроспективный анализ, прогноз и механизмы адаптации» (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

**НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЭКОСИСТЕМАХ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В УСЛОВИЯХ
КЛИМАТИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ**

Походня Е.И.¹, Динкелакер Н.В.²

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,
г. Санкт-Петербург, Россия

²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»,
г. Санкт-Петербург, Россия
elizaveta902@mail.ru

Глобальное изменение климата проявляется в том числе, в участвовавших в последние несколько лет погодных аномалиях, угнетающее действие которых сказывается на биогеоценозах. В наиболее значимой мере стресс, продуцируемый погодными аномалиями, испытывают экосистемы урбанизированных территорий. Повышенной уязвимостью отличаются городские зелёные насаждения, которым, в то же время, принадлежит ключевая роль в формировании здоровой городской среды.

Летом 2021 года в Санкт-Петербурге наблюдались периоды аномально высоких температур, выпавшие на начало периода вегетации большинства листопадных видов, представленных в зелёных насаждениях города, когда растения ещё не достигли своей максимальной устойчивости. В июне и июле наблюдалось превышение дневных температур более чем на 5 градусов относительно нормы. Август 2022 года также характеризовался погодной аномалией, однако в данном случае она выпала на более поздний этап вегетации.

Основными изучаемыми параметрами, на основе которых происходила оценка биоэкологических функций растений в условиях подверженности стрессу, продуцируемому сочетанным воздействием антропогенного фактора и повышенной относительно нормы температуры, послужили уровни накопления тяжёлых металлов зелёными частями растений, а также их фотосинтетическая активность.

Анализ коэффициентов биологического перехода растений в отношении тяжёлых металлов и металлоида (мышьяка) показал нарушение барьерных функций растений вследствие физиологического стресса, что было в особенности выражено у видов-интродуцентов, нехарактерных для изученного региона. Наибольшее нарушение барьерных функций было показано в отношении мышьяка у большинства исследованных видов и цинка – у тополя белого (*Populus alba* L.). После нормализации температуры барьерные функции были восстановлены лишь частично. В условиях погодной аномалии 2022 года растения, достигнув большей устойчивости, показали не столь выраженное нарушение барьерных функций, а также показали более высокие темпы восстановления после нормализации температуры.

Также было проведено рассмотрение изменения содержания фотосинтетических пигментов в листьях растений в соответствии с методом Лихтенштейна в динамике погодных условий. Было показано повышение доли хлорофилла Б и каротиноидов в условиях погодных аномалий, что связано с более активным разрушением хлорофилла А под действием высоких температур. Наименьшие изменения претерпели виды-интродуценты, более устойчивые к действию повышенных температур.

Таким образом, было показано, что физиологический стресс, выражающийся в совокупном воздействии аномально высоких температур и антропогенного воздействия, угнетающе сказывается на растениях всех ярусов, ухудшая их барьерные функции, снижая уровни фотосинтетических пигментов.

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В МЕСЯЧНЫХ СУММАРНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ НА СЕВАСТОПОЛЬСКОМ ВЗМОРЬЕ

Смирнова Л.Л.¹, Катунина Е.В.²

¹ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

²СО ФГБУ «Государственный океанографический институт им.

Н. Н. Зубова», г. Севастополь, Россия

inik48@inbox.ru

В состав разнообразных химических соединений, загрязняющих нижние слои тропосферы над морской поверхностью, прибрежными акваториями и в районе автотрасс, входят органические вещества, среди которых можно выделить анионные поверхностно-активные соединения (СПАВ) и нефтяные углеводороды (н-алканы).

На Севастопольском взморье находятся многочисленные источники н-алканов нефтяного типа: судоходство и сброс балластных вод. Они накапливаются в районах портов, доков, нефтяного терминала и быстро испаряются с морской поверхности. СПАВ – синтетические соединения щелочной природы, используются при очистке морской поверхности при разливе нефтепродуктов и как моющие средства в быту и промышленности. В местах сброса в море недоочищенных сточных вод СПАВы концентрируются в поверхностном микрослое и испаряются. СПАВы и н-алканы нефтяного типа, мигрирующие в тропосфере, не только разрушаются до CO_2 под действием фотохимических факторов, но и вымываются атмосферными выпадениями на различные подстилающие поверхности.

Целью работы было изучение содержания н-алканов нефтяного типа и СПАВов в месячных суммарных атмосферных выпадениях, поступающих на 1 м^2 поверхности.

Отбор проб проводился на метеоплощадке здания СО ГОИН, высота над уровнем моря ~100 м. Атмосферные выпадения: дождевая вода, снег, град, оседающие морские и терригенные аэрозоли собирались в течение месяца на поверхность дистиллированной воды, которая постоянно присутствовала в пробоотборниках. Н-алканы определялись методом ИК-спектроскопии ($\lambda 2930 \pm 70\text{ см}^{-1}$), СПАВы – колориметрически (красный светофильтр).

В течение года концентрация н-алканов в месячных пробах изменялась в пределах 4,1–13,0 $\text{мг/м}^2 \cdot \text{мес}$, а СПАВ от 0,7 до 11,3 $\text{мг/м}^2 \cdot \text{мес}$, выявлена ее зависимость от $T_{\text{возд}}$. Зависимость их средних сезонных концентраций от количества дней с влажными осадками показана в табл. 1.

Таблица 1 – Сезонная вариабельность количества дней с влажными осадками и концентраций н-алканов и СПАВ в суммарных атмосферных выпадениях, 2022 г.

Параметры	Весна	Лето	Осень	Зима
Количества дней с влажными осадками	18	10	23	14
СПАВ, мг/м^2	$2,2 \pm 0,6$	$6,3 \pm 2,4$	$7,5 \pm 2,8$	$2,1 \pm 0,4$
Н-алканы нефтяного типа, мг/м^2	$9,0 \pm 2,2$	$4,2 \pm 0,1$	$9,6 \pm 2,3$	$5,8 \pm 0,7$

Весной, осенью, зимой в атмосферных выпадениях содержание СПАВов было ниже, чем н-алканов. Концентрация этих моющих средств повышается в летне-осенний период при увеличении сброса сточных вод в бухты. Испаряющиеся СПАВы адсорбируются на поверхности различных аэрозолей и оседают в результате их седиментации особенно в засушливый летний период. Н-алканы нефтяного типа вымываются только влажными осадками (снег, дождь), так как поступают и мигрируют в тропосфере в газообразном состоянии, их концентрация максимальна в весенний и осенний сезоны.

Оседающие с атмосферными выпадениями н-алканы и СПАВы включаются в химико-биологические циклы водных и наземных экосистем и они отрицательно влияют на жизнедеятельность морских и пресноводных организмов, наземной растительности.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института природно-технических систем (№ госрегистрации 124013000609-2).

ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ЕГО РАЗВИТИЯ

Терентьев А.С.

Азово-Черноморский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии (Отдел Керченский), г. Керчь, Россия
iskander65@bk.ru

Для оценки уровня развития зообентоса был использован показатель аномальности, предложенный Г. Н. Зайцевым (1991). В качестве исходных данных были использованы плотность видов, численность и биомасса зообентоса Керченского пролива, собранных в 1986–2016 гг. при помощи дночерпателя Петерсена на 351 станции. В результате были выделены участки дна с очень высоким, высоким, средним, низким и очень низким уровнем развития зообентоса. На некоторых участках дна макрозообентос практически отсутствовал. Снижение уровня развития зообентоса сопровождалось снижением численности зообентоса с 3680 ± 880 экз./м² и биомассы 2260 ± 760 г/м² на участках дна с очень высоким уровнем развития до $32,9 \pm 4,3$ экз./м² и $8,4 \pm 2,7$ г/м² на участках с очень низким.

Трофическая структура зообентоса классифицировалась по Е. Н. Турпаевой (1953) и А. П. Кузнецову (1970). Обнаружено 30 сестонофагов, 4 фитофага, 20 хищников и 20 полифагов, 38 видов, собирающих детрит с поверхности грунта, 3 безвыборочных глотальщиков верхнего слоя грунта и безвыборочных глотальщиков в толще грунта.

На всех уровнях развития зообентоса как по численности, так и по биомассе доминируют сестонофаги. Их численность на участках с очень высоким уровнем развития равнялась 3430 ± 910 экз./м², биомасса – 2620 ± 760 г/м², а на участках с очень низким уровнем развития $12,7 \pm 4,9$ экз./м² и $4,0 \pm 1,8$ г/м². Сокращение их численности и биомассы в основном и определяет сокращение численности и биомассы зообентоса.

Другими ведущими трофическими группами были виды, собирающие детрит с поверхности грунта, хищники и полифаги. Их численность и биомасса также уменьшались по мере снижения уровня развития зообентоса, но более низкими темпами. В результате доля сестонофагов сократилась от 86–99% по численности и 96–99% по биомассе на участках с очень высоким уровнем развития до 29–48% по численности и 35–59% по биомассе на участках с очень низким уровнем развития. В тоже время доля хищных видов выросла по численности с 0,4–0,9 до 18–36%, а по биомассе с 0,2–0,8 до 24–47%. Полифаги, соответственно, с 0,8–1,5 и 1,5–5,4% до 0,3–0,7 и 2,4–8,5%. При этом, хищники на участках с очень низким уровнем развития зообентоса как по численности, так и по биомассе приближаются к сестонофагам.

Максимально заметную роль безвыборочные глотальщики грунта и фитофаги играли на участках со средним уровнем развития зообентоса, где на их долю в среднем приходилось 0,6–1,2% общей численности и 0,4–1,1% общей биомассы зообентоса. На участках с очень низким уровнем развития эти трофические группы отсутствовали.

По мере уменьшения уровня развития зообентоса повышается уровень разнообразия его трофической структуры. Причем, на во всем диапазоне уровня развития зообентоса уровень разнообразия по численности выше, чем по биомассе.

Список использованной литературы:

Зайцев Г. Н. Математический анализ биологических данных. – М.: Наука, 1991. – 184 с.

Кузнецов А. П. О трофической структуре и зональности распределения донной фауны Азовского и Балтийского морей. // Труды института океанологии АН СССР. – М.: Наука, 1970. – Т. 88. – С. 81–97.

Турпаева Е. П. Питание и пищевые группировки морских донных беспозвоночных // Труды Института океанологии АН СССР. – 1953. – Т. 7. – С. 259–299.

**МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ КОНВЕЙЕРА ДАННЫХ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРЕНИЙ
ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ КУРОРТНОЙ МЕДИЦИНЫ**

Титов В.Ю.¹, Абазова С.В.², Ступников С.А.¹, Евстигнеев В.П.³

¹ФИЦ «Информатика и управление» РАН, г. Москва, Россия

²ГБУЗ РК «НИИ ДКФиМР», г. Евпатория, Россия

³ФГАОУВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия
tvu@inbox.ru

Важными аспектами для оценки климатического воздействия на курорте являются актуальность информации и простота. В настоящее время оценка благоприятности климатического воздействия на курортах Крыма как отдыхающими, так и врачами в санаториях осуществляется самостоятельно по данным о погоде: температуре воздуха, влажности, атмосферном давлении, скорости ветра, уровне ультрафиолета, парциальной плотности кислорода и т.д.

Предлагается усовершенствовать практику визуализации множества климатических параметров, добавив вычисление интегрального показателя благоприятности для целевой аудитории (взрослые здоровые люди, взрослые и дети различных групп здоровья) и доставки значений этого показателя в информационные системы учреждений Крыма. Современные метеорологические приборы с автоматическим сбором информации дают возможность создать конвейер данных, на который будут оперативно поступать значения параметров окружающей среды. На выходе конвейера рассчитанные параметры, включая интегральную оценку благоприятности климатического воздействия, не только накапливаются с целью изучения климата с точки зрения курортной медицины, но и без задержек передаются целевым потребителям через мобильные приложения, сайты курортов, информационные системы курортных учреждений. Появляется возможность в реальном времени определять достаточность нахождения человека в воде или на пляже в соответствии с курсом лечения и реабилитации.

Инициаторы создания системы: ГБУЗ РК «НИИ ДКФиМР» (г. Евпатория) и ФИЦ «ИУ РАН» (г. Москва).

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ЕКАТЕРИНБУРГЕ

Факаева Н.Р., Демежко Д.Ю., Горностаева А.А., Хацкевич Б.Д.

Институт геофизики им. Ю. П. Булашевича УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

fakaeva.n@gmail.com

Тепловые свойства снежного покрова играют важную роль в формировании температурного режима городов. Их исследование особенно актуально в условиях продолжающегося глобального потепления и усиления интенсивности городских островов тепла.

Исследована зависимость кондуктивной теплопроводности от плотности снега в Екатеринбурге, а также влияние на теплопроводность примесей, характерных для городской среды. Исследования проводились зондовым измерителем МИТ-1 в морозильной камере при температуре $-12 \div -17^\circ\text{C}$. «Грязный снег» формировался путем добавления в рыхлый снег поллютантов в виде соли, известковой муки «Агромел», отсева почвы и коры выветривания гранитов в количестве 7–15%. Результаты измерений приведены на рис. 1. Аппроксимация полученных данных (117 измерений) полиномиальной зависимостью $\lambda = 4,535\rho^2 - 1,87\rho + 0,30$ ($0,16 < \rho < 0,7$) позволяет описать 93% наблюдаемой дисперсии теплопроводности. Примеси в большинстве случаев снижают теплопроводность. Но поскольку их концентрации в пробах были в несколько раз завышены относительно содержания в грязном городском снеге, полагаем, что в реальности их влияние на теплопроводность несущественно.

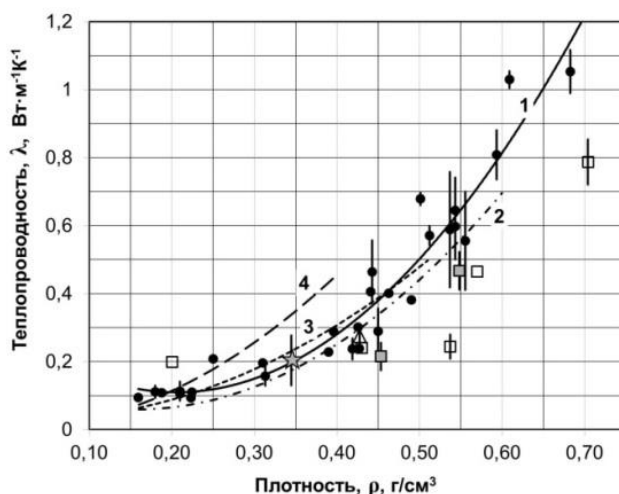


Рисунок 1 – Соотношение теплопроводности и плотности – «чистого» (●) и «грязного» снега в Екатеринбурге (□ – кора выветривания гранитов, ★ – NaCl, Δ – известковая мука, ■ – почва). Вертикальные линии ограничивают диапазон среднее \pm стандартное отклонение. Сплошная кривая 1 – полиномиальная аппроксимация. Наиболее близкие к рассматриваемой зависимости других авторов: 2 – (Sturm et al., 1997); 3 – (Domine et al., 2011); 4 – зависимость Г. Ф. Абельса (Abel's, 1892)

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-77-10018, <https://rscf.ru/project/22-77-10018/>.

ОЦЕНКА НАКОПИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ИНВАЗИВНОГО РАСТЕНИЯ *SOLIDAGO GIGANTEA* AIT. ПО ОТНОШЕНИЮ К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ (ТМ)

Чернышев А.В., Зубкова В.М.

ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет», г. Москва, Россия
sanchoy.s.28.03.98@yandex.ru, vmzubkova@yandex.ru

Одной из экологических проблем последних лет является существенное изменение в различных странах состава флоры, связанное с последствиями расселения некоторых видов растений в новых для них местах обитания. Причинами адвентизации могут быть попадание семян или черенков чужеродных растений с транспортом, тарой, как примесь к завозимому зерну и другие. В новых местообитаниях адвентивные виды быстро распространяются и вытесняют местные. Биологические инвазии влияют на биоразнообразие природных сообществ, приводят к изменению функционирования естественных экосистем, меняют состав региональной флоры и растительности (Цыбулькина, Богачёва, 2017).

Одним из наиболее опасных и агрессивных инвазионных видов является Золотарник гигантский (*Solidago gigantea* Ait.), который быстро разрастается и образует крупные заросли в средней полосе России, в том числе в Московском регионе (Виноградова, Сенатор, 2024).

В связи с этим представляет большой интерес выявление механизма устойчивости этих растений, способности их реагирования на различные виды загрязнений, в том числе способности к сверхнакоплению тяжелых металлов и возможности использования растений золотарника для очистки загрязненных почв (фиторемедиации).

Целью наших исследований явилась оценка *Solidago gigantea* Ait. к накоплению тяжелых металлов в условиях города Москвы.

Исследования проводили на трех участках: первый – Бирюлевский лесопарк, второй – Кузьминки-Люблино, третий – Яузский лесопарк. Отбор образцов проведен в 3-х кратной повторности с площадок площадью – 1 м², расположенных по диагонали. Отдельно из корней, стеблей, листьев и бутонов готовили объединенные пробы, из которых отбирали усредненные.

Тяжелые металлы в образцах растений после озоления определяли атомно-абсорбционным методом на спектрометре «Квант-2М».

Все исследуемые элементы по накоплению можно расположить в следующие ряды: корни – Fe>Mn>Zn>Cu>Pb>Cd>Co>Hg>As; стебли – Zn>Mn>Fe>Cu>Pb>Cd>Co>Hg=As; листья – Fe>Zn>Mn>Cu>Pb>Co>Cd>Hg=As; бутоны – Fe>Zn>Mn>Cu>Pb>Co>Cd>As>Hg.

Ряды поглощения связаны с биологической ролью элементов, что подтверждает большее накопление различными органами таких элементов, как Fe, Mn, Zn и Cu.

Содержание элементов определялось не только их видом, но и исследуемым органом растения и местом произрастания. Так, максимальным содержанием железа, меди и кадмия характеризовались корни растений, произрастающих в Яузском лесопарке (827,0; 40,3, 1,49 мг/кг соответственно). В этом же парке отмечено максимальное содержание в листьях марганца и цинка – 100 и 166 мг/кг. Максимальное содержание свинца (2,02 мг/кг) зафиксировано в листьях в парке Кузьминки-Люблино.

Анализ проведенных исследований указывает в основном на акропетальный характер распределения тяжелых металлов в растениях золотарника, что может способствовать повышению содержания ТМ в почве при его произрастании.

Список использованной литературы

Виноградова Ю. К., Сенатор С. А. Протокол оценки состояния популяций инвазионных видов растений // Трансформация экосистем. – 2024. – Т. 7, № 2. – С. 32–48.

Цыбулькина М. С., Богачёва А. В. Влияние инвазивных видов растений на устойчивость сложившейся экосистемы города Лабитнанги // Юный ученый. – 2017. – № 3-1(12). – С. 87–91.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ PM_{10} В АТМОСФЕРЕ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Шишкин Г.И., Гурьянов В.В.

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

Среди перечня основных атмосферных примесей, задерживающихся в приповерхностном слое, особый интерес для мониторинга гидрометеорологической службы представляют взвешенные частицы мелкодисперсных фракций, относящиеся к III классу опасности. Цель данного исследования – проанализировать пространственно-временное распределение взвешенных частиц $d < 10$ мкм, выявив при этом его корреляционные связи с отдельными климатическими факторами на территории Приволжского федерального округа (далее – ПФО). Исходным материалом исследования послужили данные реанализа EAC4 (SAMS) за период 2003–2022 гг. с горизонтальным разрешением $0,75^\circ \times 0,75^\circ$ по широте/долготе (около 80 км) для приповерхностного слоя атмосферы, который основывается на спутниковых данных. Исходным материалом для метеорологической информации послужили данные реанализа ERA5.

По данным EAC4 были построены карты климатических полей средних концентраций частиц PM_{10} . Выявлено, что географическое распределение очагов повышенных концентраций, в целом, соответствовало расположению крупных промышленных центров ПФО. Данный контрастный «очаговый» характер распределения наиболее чётко просматривается в зимние месяцы в условиях устойчивой атмосферной стратификации и ослабления зональной циркуляции.

В тёплый период года, напротив, распределение частиц PM_{10} имело более сглаженный характер в территориальном отношении, при этом значения средних концентраций были на порядок выше зимних. Это объясняется изменением синоптической обстановки: активизацией зональной циркуляции (при ослаблении меридиональной) и интенсивности турбулентного перемешивания воздушных масс. Кроме того, повышению уровня загрязнения атмосферы мелкодисперсными частицами способствовали сезонная интенсификация строительных работ по всему региону, а также отсутствие снежного покрова, который в зимний период являлся фактором, препятствующим переносу приповерхностной пыли.

Для анализа зависимости распределения концентраций PM_{10} от метеорологических факторов, были произведены расчёты коэффициента линейной корреляции. Выявлено, что повышенные показатели средних концентраций PM_{10} в тёплое время года имели высокую положительную корреляцию с ростом температурного фона и среднюю положительную корреляцию со ослабленной меридиональной компонентой скорости ветра.

В районах определённых ранее очагов повышенных средних концентраций PM_{10} в холодный период года выявлена значимая высокая отрицательная связь с ослабленной зональной компонентой скорости ветра и понижением температурного фона, что закономерно вытекает из вышеизложенного анализа распределения.

Список использованной литературы:

Данные реанализа состава атмосферы ECMWF четвертого поколения // Atmosphere Data Store: сайт. – URL: <https://ads.atmosphere.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cams-global-reanalysis-eac4?tab=overview> (дата обращения: 10.08.2024).

Метеорологические данные Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) // Climate Data Store: сайт. – URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/search?type=dataset&text=ERA5> (дата обращения: 10.08.2024).

МИКРОБНЫЙ ЦЕНОЗ - ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ

Шулико Н.Н.

ФГБНУ «Омский АНЦ», г. Омск, Россия

shuliko@anc55.ru

В последние десятилетия одним из основных путей решения задачи по повышению урожайности зерновых во многих странах мира является использование микробиологических средств, обеспечивающих стимуляцию роста и развития растений, защиту от вредных организмов, утилизацию пожнивных остатков и т.п. Использование биопрепаратов при возделывании зерновых культур немного уступает по эффективности химическим фунгицидам, однако биофунгициды могут быть дешевле химических препаратов в 2–2,5 раза.

Исследования проведены в южной лесостепной зоне Омского Прииртышья в полевых опытах ФГБНУ «Омский аграрный научный центр». Отбор проб ризосферы осуществляли в фазы развития растений: кущение (июнь), колошение (июль), налив зерна (август). Учет численности микроорганизмов проводили на твердых питательных средах.

Наблюдения за изменением численности олигонитрофильной и фосфатмобилизующей группы при применении бактеризации семян показало снижение в удобренных вариантах опыта, олигонитрофилов до 36% (овес), фосфатмобилизующих до 50% (ячмень). В ризосфере овса, снижалась также численность олигонитрофилов на 18% в варианте Мизорин, на 36% в варианте Флавобактерин. Это может быть связано с тем, что при интродукции в почву попадают микроорганизмы, способные оказывать определённое воздействие, в том числе и отрицательное, на аборигенную микробиоту. Тенденцию роста олигонитрофильных бактерий в варианте Мизорин наблюдали на ячмене, до 14% к контролю (табл.1).

В целом за период вегетации, общая (условно) численность ризосферной микробиоты ячменя и овса при применении предпосевной бактеризации семян имела тенденцию к снижению (до 16%), за счет уменьшения количества наиболее многочисленных групп – олигонитрофильной и фосфатмобилизующей. Однако, стоит отметить, что данная тенденция была в пределах ошибки опыта.

Таблица 1 – Численность микроорганизмов в ризосфере зернофуражных культур при применении биопрепаратов, млн. КОЕ/г, (n=3)

Вариант		Олигонитрофилы	Фосфатмобилизующие
Ячмень Омский 101	Контроль	44,0	63,2
	Мизорин	50,2	60,9
	Флавобактерин	43,5	42,2
Овёс Сибирский геркулес	Контроль	72,1	74,6
	Мизорин	61,4	60,7
	Флавобактерин	53,2	66,3
$HSP_{05A} = 13,8; HSP_{05B} = 12,0$			

Таким образом, в ризосфере зернофуражных культур прослеживалась тенденция снижения от изучаемого агроприема наиболее многочисленных групп олигонитрофильных и фосфатмобилизующих бактерий, и, как следствие, общая (условно) численность ризосферной микробиоты ячменя и овса при применении предпосевной бактеризации семян снижалась до 16% к контролю. Однако снижение в пределах ошибки определения (20%), в этой связи можно констатировать, что экологическая ситуация в почве спокойная.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10064, <https://rscf.ru/project/23-76-10064/>.

CONFERENCE ABSTRACTS

International Scientific and Practical Conference

"Environmental Control Systems – 2024"

*The conference is dedicated to
the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences,
carried out within the framework of scientific and technical cooperation
between Russia, ASEAN and BRICS*

Sevastopol

2024

CONTENTS

PLENARY REPORTS

<i>Maevskiy A.M.</i> The example of applied verification of operative oceanology's technologies based on Russian glider type marine robotic systems.	165
<i>Semenov V.A.</i> Reconstruction of the Arctic sea ice variations in the 20th century.	166

SECTION 1. METHODS AND TOOLS FOR MEASURING OF NATURAL ENVIRONMENT PARAMETERS

<i>Abazova S.V., Evstigneev V.P., Vlasenko S.V., Osman E.A., Naumova V.A.</i> The use of climatic factors in sanatorium treatment in the resort of Yevpatoria.	169
<i>Chachev D.R., Sosnovskiy U.V.</i> Path loss model adapted to Crimean conditions.	170
<i>Cherdakova A.S., Galchenko S.V., Vorob'eva E.V.</i> Efficiency of oil-polluted water purification by the method of pneumoseparation in the presence of a humic preparation.	171
<i>Dologlonyan A.V., Matveenko V.T., Klimenko A.G.</i> Regulation of heat production in cogeneration micro gas turbine plants (MGTP) using a power controlled electronic converter (PCE).	172
<i>Gartsman B.I., Entin A.L., Tolkacheva V.F.</i> Modern GIS tools for analyzing the structure of river systems and their basin morphology.	173
<i>Gubarev A.V., Polonsky A.B., Valle A.A.</i> Oceanological databank of the Institute of natural and technical systems.	174
<i>Guzeev O.A., Borisenko E.V., Budaretckiy S.I.</i> A stand for investigation of heat condition of embankment by blowing air and heated by external and internal heat sources.	175
<i>Khalikov I.S.</i> Using Hawach Scientific column (China) in HPLC method for determining PAHs.	176
<i>Khimchenko E.E.</i> Contact observations of internal waves in the Black Sea.	177
<i>Klimenko A.G., Dologlonyan A.V., Matveenko V.T.</i> Analysis of modern technologies for increasing the efficiency of using internal combustion engines (ICE).	178
<i>Klimenko A.V.</i> Laboratory tests of model of hydrostatic seawater density meter.	179
<i>Kovzel' D.G.</i> Complex of hydroacoustic monitoring of water areas "SHELF-14".	180
<i>Krasnodubets L.A.</i> Application of the dynamic measurement method to determine the current immersion depth of an autonomous profilograph.	181

<i>Krasnodubets L.A., Kanov L.N.</i> Optimum control electro mechanic of submerge probe in the conditions of variable closeness of salt water.	182
<i>Kuzmin K.A.</i> Assessment of the influence of radial oscillations in the ultrasonic piezoelectric transducer on the metrological characteristics of the sound velocity profiler.	183
<i>Manulchev D.S.</i> Acoustic field in the water area formed by driving of a conductor column on the shore.	184
<i>Mishurov V.Zh., Kuzmin K.A., Trusevich V.V., Ryazanov V.A., Pasyнков M.A.</i> Motor response of mussel valves to the effect of optical radiation in the range of 400–1000 nm for solving problems of ecological monitoring of the aquatic environment.	185
<i>Nosova A.O., Uspenskaya M.V., Olechnovich R.O.</i> The thermal analysis methods for polyvinyl chloride microparticles mass concentration in soil samples detection and determination application.	186
<i>Nurzai V.A., Gubarev F.A., Smoktal N.N., Lei V.A.</i> Measurement of vibration parameters of electrical machine housings.	187
<i>Oleynikov A.M., Kanov L.N.</i> Location damage of isolation of line of power supply.	188
<i>Pasyнков M.A., Ryazanov V.A., Kuzmin K.A., Mishurov V.Zh.</i> Development of an autonomous flow velocity and direction meter.	189
<i>Penkov M.N.</i> Application of accelerometr ADXL345 for density profile measurement.	190
<i>Rudnev V.P.</i> Study of crack resistance of structural aluminum alloys under long-term exposure to static load and corrosive environment.	191
<i>Rudneva I.I., Shaida V.G., Medyankina M.V.</i> Evaluation of drilling fluids toxicity used bioassay methods.	192
<i>Ryazanov V.A., Pasyнков M.A., Mishurov V.Zh., Kuzmin K.A.</i> Technology for improving the quality of the ultrasonic primary transducer protector.	193
<i>Salnikov V.G.</i> Testing for water absorption of a carbon fiber plastic sample in a marine environment with monitoring the change in mass using the gravimetric method.	194
<i>Samoilov S.Yu., Evstigneev V.P., Egorkin A.A.</i> Development of a methodology for creating a unified heterogeneous atmospheric air monitoring network using the MeteoDozor complex.	195
<i>Shapovalov O.Y.</i> Prototyping of the design and electronic assemblies of the oceanographic probe and the receiving base station.	196

<i>Shchodro A.E.</i> Application of previously developed methods for local erosion calculation in coastal protection projects.	197
<i>Shishkin Iu.E.</i> Creation and implementation of software algorithms based on machine learning for detecting environmental anomalies in marine systems.	198
<i>Shishkin Iu.E.</i> Differential approach in development of a water density measurement system model and data analysis.	199
<i>Silkin P.P.</i> Assessing the feasibility of using cell wall density chronologies in dendroclimatic studies.	200
<i>Velyaev Yu.O., Mayorov D.V.</i> On the possibility of using modified silicon dioxide obtained from raw mineral materials in chromatography.	201
<i>Vyshkvarkova E., Grekov A., Mavrin A., Trusevich V.</i> Comparison of theta, croston and prophet algorithms for prediction and detection of anomalies in biological early warning systems.	202

SECTION 2. GLOBAL AND REGIONAL CHANGES IN CLIMATE AND ENVIRONMENT

<i>Afanaseva V.V., Voskresenskaya E.N., Marchukova O.V.</i> The role of trade winds in the formation of El Niño and La Niña events.	205
<i>Antokhina O.Yu., Antokhin P.N., Gochakov A.V., Zbirannik A.A., Gazimov T.F.</i> Synoptic conditions for the formation of extreme precipitation in the south of Eastern Siberia and Mongolia.	206
<i>Bazyura E.A., Polonsky A.B.</i> Variability of the ocean heat balance components in the North Atlantic region.	207
<i>Bogdanovich A.Yu.</i> The ranges system for calculating the climatic region of distribution of a climate-related phenomenon.	208
<i>Cheredko N.N., Volkova M.A., Kuzhevskaya I.V.</i> Arid landscapes changes in southern Siberia in the 21st century.	209
<i>Dobrolyubov N.Yu., Semenov S.M.</i> On changes in the annual course of the monthly average near-surface air temperature.	210
<i>Dobrovolski S.G., Yushkov V.P., Solomonova I.V.</i> On the application of hasselmann theory to assess the uncertainties of the global climate forecasts.	211
<i>Egorkin A.A., Zhuravsky V.Yu.</i> Analysis of the quality of the meso-scale WRF model taken into account of various parameterization schemes.	212
<i>Evstigneev V.P., Naumova V.A., Vorontsov A.A.</i> Extreme storms in the Azov-Black Sea region in the context of multi-year variability of wind-wave anomalies in the region.	213

<i>Fedotov A.B.</i> Investigation of the vortex field generated by the jet zonal wind current in the ocean.	214
<i>Gayko L.A.</i> Study of water and air temperature in the southern regions of the Far East Marine Reserve (Peter the Great Bay, Sea of Japan).	215
<i>Grebneva E.A., Polonsky A.B.</i> Assessment of the accuracy of CMEMSs-Biogeochemistry reanalysis data in reproducing pH trends in the Black Sea.	216
<i>Kapustin A.V., Kuznetsov A.D., Seroukhova O.S.</i> Assessment of climatic variability of air temperature in Crimea.	217
<i>Lazareva A.I., Marchukova O.V.</i> The impact of climate change on the polar bear population on Wrangel Island.	218
<i>Lubkov A.S., Voskresenskaya E.N.</i> Forecasting the El Niño and La Niña events using neural network modeling and comparing the results with global experience	219
<i>Lytov V., Trofimenko Y., Ginzburg V., Yakubovich A., Shelmakov S., Deyano D., Shashina E., Zelenova M., Zainulin S.</i> Implementation of a transport model for the estimation of greenhouse gas emissions from road and non-road transport at national level.	220
<i>Maslova V.N., Voskresenskaya E.N.</i> Cyclonic activity changes in the Black Sea-mediterranean region.	221
<i>Mirzoev V.A., Gaidukova E.V.</i> Climate and environmental change in the Zerafshan river basin (Uzbekistan).	222
<i>Noskova E.V., Vakhnina I.L.</i> Regional changes in surface air temperature (Trans-Baikal Territory).	223
<i>Ormeli E.I., Pereyagina Yu.M.</i> Assessment of aridity conditions in the right bank districts of the Saratov Region.	224
<i>Parfenova A.V., Kulygin V.V.</i> Analysis of changes in the aridity index in the lower Don basin.	225
<i>Pekarnikova M.E., Valiulina K.B.</i> Legal regulation of methane emissions and its role in achieving the main objective of the Paris Agreement. General analysis of the problem.	226
<i>Perevedentsev Yu.P., Mirsaeva N.A., Guryanov V.V., Nikolaev A.A., Tagirov M.Sh.</i> Long-period climatic changes in Kazan and their consequences.	227
<i>Polonsky A.B., Sukhonos P.A.</i> Assessment of the quality of representation of interannual precipitation changes over the Black Sea based on the CMIP6 project model data.	228
<i>Polonsky A.B., Sukhonos P.A.</i> Assessment of the quality of representation of the seasonal cycle of precipitation over the Black Sea based on the CMIP6 project models data.	229

<i>Popovnin V.V.</i> Escalating reduction of water and ice resources in the Caucasus: myth or reality?	230
<i>Postnikova T.N., Rybak O.O., Gubanov A.S., Zekollari H., Huss M.</i> Forecast of formation of new proglacial lakes as glaciers on Elbrus retreat in the XXI century.	231
<i>Rusinova V.K.</i> Changes in the temperature and humidity regime in the European territory of Russia.	232
<i>Safina R.A., Marchukova O.V.</i> Selection of CMIP6 models for the analysis of future climate changes in Siberia.	233
<i>Semenova K.A., Volkova E.S.</i> Analysis of the climatic phenomena of the warm period, which affect the crops yield in the south taiga plain territory of Western Siberia.	234
<i>Serebrennikov A.N., Polonsky A.B.</i> Geostrophic transport in the eastern boundary upwelling system. Atlantic upwellings.	235
<i>Shushpanov A.A., Pekarnikova M.E.</i> Greenhouse gas emission and climate policy of the Russian Federation.	236
<i>Sokolov A.V., Koval A.V., Savenkova E.N.</i> Estimation of the relation between the mesospheric dynamic regime and the stratospheric circulation from reanalysis and microwave radiometry data.	237
<i>Stefanovich A.A., Voskresenskaya E.N.</i> Assessment of thermal comfort conditions during abnormal heat in the city of Sevastopol.	238
<i>Sukhonos O.Yu., Vyshkvarkova E.V.</i> Trends of the Scheffer index as an indicator of the risk of destruction of wooden structures of cultural heritage sites in the European part of Russia.	239
<i>Torbinsky A.V., Polonsky A.B., Gubarev A.V.</i> Influence of the Indian ocean dipole on spatio-temporal variability of surface air temperature in African-European region.	240
<i>Valle A.A., Polonsky A.B.</i> On the variability of dissolved oxygen in the waters of the northwestern shelf of the Black Sea in spring.	241
<i>Vereshchagina M.A.</i> Agricultural development in harsh climatic conditions Republic of Sakha (Yakutia).	242
<i>Vorontsov A.A., Bulygin A.M., Nefedova G.I.</i> Trends in climate changes in thermohaline conditions in the coastal areas of the Black and Azov Seas.	243
<i>Zharinova E.A., Nechepurenko O.E., Pustovalov K.N.</i> Spatial-temporal variability of lightning activity in the Arctic regions.	244
<i>Zotov L.V., Sidorenkov N.S.</i> Comparison of global Earth temperature with anomalies in the Earth rotation.	245

SECTION 3. ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF NATURE MANAGEMENT

<i>Agarkova-Lyakh I.V., Vaseikina N.A.</i> Assessment of Sevastopol's needs for beaches in the conditions of development of tourism market and growth of population.	249
<i>Andreeva N.A., Penkov M.N., Shupova E.V.</i> Impact of alternating electromagnetic field on morphology and pigment composition of marine microalgae and cyanobacteria.	250
<i>Bakurova E.Yu., Imshennik E.V., Nakhutin A.I.</i> Developing of refined national carbon dioxide emission factor from carbon black production at the enterprises of the Russian Federation.	251
<i>Bereznev A.A.</i> Impact of Sheremetyevo Airport activities on the environment. Activity assessment for 2023.	252
<i>Dubas V.V., Aleksashkin I.V., Kalyagina V.O., Khizhnyak Yu.S.</i> Ecological-geochemical state of soils under Crimean pine (<i>Pinus Pallasiana</i>) plantings in the Karadag nature reserve.	253
<i>Fakaeva N.R., Demezhko D.Yu., Gornostaeva A.A., Khatskevich B.D.</i> Thermal conductivity of the snow cover in Yekaterinburg.	254
<i>Galushin D.A., Gromov S.A.</i> Assessment of wet deposition of sulphur compounds in the Central Federal District of Russia based on EMEP modeling results for 2015–2021.	255
<i>Gubareva T.S., Amelichev G.N., Tokarev S.V., Vakhrushev B.A., Gartsman B.I., Naumenko V.G., Amelichev Ev.G., Vakhrushev I.B.</i> Hydrological structure of runoff in karst catchments in the Mountain Crimea.	256
<i>Ilin A.V., Ershov M.A., Savelenko V.D., Zelenova M.S., Ginzburg V.A., Zainulin S.M., Lytov V.M.</i> Study of the component composition of priority species gas fuel for the development of national CO ₂ emission factors.	257
<i>Kazankova I.I.</i> On the possibility of the influence of El Niño and La Niña events on the potential recruitment of the mussel population off the coast of Crimea.	258
<i>Kiselyova A.A., Shuliko N.N.</i> The ecological state of the rhizosphere of spring soft wheat.	259
<i>Korolev M.A., Yakovleva E.V., Gabov D.N., Shamrikova E.V., Zhangurov E.V., Panyukov A.N.</i> Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils and plants of the Polar Ural mountain tundra: ecological and toxicological aspects.	260
<i>Krasosvkay V.S., Voskresenskaya E.N.</i> Regularities of the connection of the vegetation index NDVI with surface temperature and precipitation.	261
<i>Ley V.A., Nurzai V.A., Gavrisenko S.A.</i> Development of a geographical information system for digital inventory of air pollution stationary sources in Sevastopol.	262

<i>Lobkovskiy V.A., Kust G.S., Andreeva O.V.</i> Assessment of land degradation: features of using global and regional indicators.	263
<i>Lu-Lyan-Min E.I., Gruzdev I.V., Shamrikova E.V., Zhangurov E.V.</i> Lipid components of Polar Ural soils on carbonate rocks (Bolshoi Paipudynsky riddle).	264
<i>Lyapina E.E.</i> Features of accumulation n of chemical elements in the needles of the Southern coast of the Republic of Crimea.	265
<i>Lysenko V.I.</i> Influence of Laspi bay seep fluids on the hydrosphere atmosphere and biosphere (Southern coast of Crimea).	266
<i>Meger Y.V., Piontkovski S.A.</i> Spatial distribution and biomass ratio ferruginous and forage zooplankton in the World ocean.	267
<i>Melnikova E.B.</i> Peculiarities of intensity of hydrobionts glow at different levels of heavy metals contamination.	268
<i>Mishchenko K.I., Gromov S.A., Zhadanovskaya E.A.</i> Assessment of changes in air emissions in Russian Siberia and Far East to characterize regional pollution.	269
<i>Pastukhov B.V., Paramonov S.G.</i> Compounds of sulfur and nitrogen in the atmospheric air of background areas of the European part of Russia.	270
<i>Petrenko A.E., Lysenko V.I., Novokhatskaya A.A.</i> The results of the surface springs ecological survey in the south-west of Crimea.	271
<i>Pokhodnya E.I., Dinkelaker N.V.</i> Heavy metals accumulation in ecosystems of urbanised areas under climatic anomalies.	272
<i>Popov I.O., Popova E.N.</i> Development of a methodology for reducing the number of climate predictors in modelling species ranges.	273
<i>Shishkin G.I., Guryanov V.V.</i> Spatial-temporal distribution of fine particles PM ₁₀ in the atmosphere of the Volga Federal District.	274
<i>Shuliko N.N.</i> Microbial cenosis – indicator of the ecological state of meadow-chnozem soil.	275
<i>Smyrnova L.L., Katunina E.V.</i> Organic compounds in monthly total atmospheric fallout in the Sevastopol seashore.	276
<i>Terentev A.S.</i> Trophic structure of zoobenthos in the Kerch Strait at various levels of its development.	277
<i>Titov V.Yu., Abazova S.V., Stupnikov S.A.</i> Methods and data pipeline for processing measurements of environmental parameters for spa medicine.	278
<i>Zhigacheva E.S., Gromov S.A.</i> Trends of major ion concentrations in stream waters of two small rivers in Asian Russia over 15 years (2009–2023).	279

PLENARY REPORTS

THE EXAMPLE OF APPLIED VERIFICATION OF OPERATIVE OCEANOLOGY'S TECHNOLOGIES BASED ON RUSSIAN GLIDER TYPE MARINE ROBOTIC SYSTEMS

Maevskiy A.M.

Joint Stock Company Oceanos, Saint Petersburg, Russia
office@oceanos.ru

Monitoring and research of marine areas is one of the priorities of the Russian Federation's maritime policy today. Environmental protection during the movement of ships along the Northern Sea Route, ensuring the safety of critical marine infrastructure facilities, the search for hydrocarbon deposits and many other applications can be successfully solved by elements of marine robotic complexes (MRTC) as part of underwater and wave gliders.

The high degree of autonomy of the underwater glider, the ability to intelligently analyze current monitoring results and mission adjustments, modularity of execution and group application algorithms paired with a wave glider or UAV can significantly increase the speed of obtaining a large array of oceanological data. This ensures high accuracy in predicting climate change, as well as reduces the operational costs of conducting research. In Russia, the scientific teams of St. Petersburg State Marine Technical University and JSC Oceanos are engaged in the practical development of gliders. The navigation stands of underwater and wave gliders created by them have been repeatedly tested for various design and hardware and software solutions. The results of the Safe Arctic 2023 exercise and the marine field experiment at the Belomorskaya Biological Station of Moscow State University demonstrate the possibility of using glider type MRTC to solve a wide range of tasks, including monitoring and patrolling the water area.

References:

Maevsky A. M., Gaikovich B. A. Development of hybrid autonomous unmanned vehicles for exploration of hydrocarbon deposits // Scientific and technical collection Vesti gazovoy nauki. – 2019. – No. 2 (39). – P. 29–40.

Maevsky A. M., Pechaiko I. A., Tursenev S. A. Application of marine robotic systems for monitoring and analysis of potentially hazardous underwater objects // Problems of risk management in the technosphere. – 2021. – No. 2 (58). – P. 32–39.

Maevsky A. M., Zinin V. Yu., Tursenev S. A. Application of groups of autonomous unmanned underwater vehicles of glider type as monitoring systems for underwater potentially hazardous objects on the example of monitoring the ecological state of the water area during the elimination of consequences of emergency situations related to emergency spills of oil and oil products // «Scientific and analytical journal Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation». – 2021. – No. 2. – P. 25–32.

Nikushchenko D., Maevskiy A., Kozhemyakin I., Ryzhov V., Goreliy A., Sulima T. Development of a Structural-Functional Approach for Heterogeneous Glider-Type Marine Robotic Complexes' Group Interaction to Solve Environmental Monitoring and Patrolling Problems // Journal of Marine Science and Engineering. – 2022. – № 10 – 1531. – DOI 10.3390/jmse10101531.

Xu J., Wang X., Liu P., Duan Q. Adaptive Proportional-Integral Sliding Mode-Based Fault Tolerant Control for Autonomous Underwater Vehicles with Thrusters Saturation and Potential Failure // Journal of Marine Science and Engineering – 2022 – № 10. – DOI 10.3390/jmse10111614.

RECONSTRUCTION OF THE ARCTIC SEA ICE VARIATIONS IN THE 20TH CENTURY

Semenov V.A.

A. M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
vasemenov@ifaran.ru

The shrinking Arctic sea ice area (SIA) in recent decades is a striking manifestation of the ongoing climate change. Variations of the Arctic sea ice have been continuously observed by satellites since 1979, relatively well monitored since the 1950s, but are highly uncertain in the earlier period due to a lack of observations. The middle of the 20th century was characterized by a strong warming in the Arctic, so called the Early Twentieth's Century Warming (ETCW), which magnitude has been just recently exceeded by the ongoing warming. Whereas temperature variations during ETCW are relatively well established, there is no agreement on whether the warming has been accompanied by a rapid sea ice retreat as in the modern period.

Several reconstructions of the historical gridded sea ice concentration (SIC) data were recently presented based on synthesized regional sea ice observations or by applying a hybrid model-empirical approach. We present a new SIC reconstruction for 1901–2019 period based on established co-variability between SIC and surface air temperature, sea surface temperature, and sea level pressure patterns (Semenov et al., 2024). The reconstructed sea ice data for March and September are compared to frequently used HadISST1.1 (Rayner et al., 2003) and SIBT1850 (Walsh et al., 2017) datasets. The new reconstruction shows a large decrease in SIA from the 1920 to 1940 concurrent with the Early 20th Century Warming event in the Arctic. Such a negative SIA anomaly is absent in HadISST1.1 data. The amplitude of the SIA anomaly reaches about 0,8 mln.km² in March and 1,5 mln.km² in September. The anomaly is about three times stronger than that in the SIBT1850 dataset. The larger decrease in SIA in September is largely due to the stronger SIC reduction in the western Sector of the Arctic Ocean in the 70–80°N latitudinal zone.

The new reconstruction provides gridded monthly data that can be used as boundary conditions for atmospheric reanalyses and model experiments to study the Arctic climate for the first half of the 20th century.

The study was partly supported by Russian Science Foundation, project No. № 23-47-00104.

References:

Rayner N. A., Parker D. E., Horton E. B., Folland C. K., Alexander L. V., Rowell D. P., Kent E. C., Kaplan A. Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century // *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. – 2003. – Vol. 108, No. D14. – P. 4407. – DOI 10.1029/2002JD002670.

Semenov V. A., Aldonina T. A., Li F., Keenlyside N. Arctic Sea Ice Variations in the First Half of the 20th Century: A New Reconstruction Based on Hydrometeorological Data // *Advances in Atmospheric Sciences*. – 2024. – Vol. 41. – P. 1483–1495. – DOI 10.1007/s00376-024-3320-x.

Walsh J. E., Fetterer F., Scott Stewart J., Chapman W. L. A Database for Depicting Arctic Sea Ice Variations Back to 1850 // *Geographical Review*. – 2017. – Vol. 107. – P. 89–107. – DOI 10.1111/j.1931-0846.2016.12195.x.

SECTION 1

METHODS AND TOOLS FOR MEASURING OF NATURAL ENVIRONMENT PARAMETERS

THE USE OF CLIMATIC FACTORS IN SANATORIUM TREATMENT IN THE RESORT OF YEVPATORIA

Abazova S.V.¹, Evstigneev V.P.², Wozniak N.Yu.¹, Vlasenko S.V.¹, Osman E.A.¹, Naumova V.A.³.

¹Research Institute of Children's Balneology, Physiotherapy and Medical Rehabilitation,
Yevpatoria, Russia

²Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

³Institute of natural and technical systems, Sevastopol, Russia
bioklimaticheskaya@mail.ru

The use of climatic factors in sanatorium treatment in the resort of Yevpatoria Yevpatoria, an All-Union children's health resort (1936), has unique climatic, mud and balneotherapy resources. The positive effect of climate on human health in the Crimean resorts is used as one of the main therapeutic agents, including in the treatment of children.

In the general complex of health and rehabilitation measures carried out during sanatorium treatment, climatotherapy occupies a special place - the use of dosed effects on the body of such climatic and weather factors as air temperature and humidity, solar radiation intensity, wind speed, cloud cover and precipitation, atmospheric pressure.

When prescribing climatic procedures, it is important to take into account the degree of exposure and the level of comfort of the climate for a particular person. For the rational use of the climatic factors of the resort, a Bioclimatic Station (BCS) was established in 1925, where, since 1926, Professor, researcher at the Institute of Metrology (Leningrad), engineer-physicist A. N. Boyko, conducted actinometric studies that allowed the Yevpatoria resort to develop and put into practice the most advanced technologies for dosing meteorological factors. As a result of the conducted research, at the suggestion of Professor A. N. Boyko at the Yevpatoria resort, for the first time in the Soviet Union, the dosage of solar procedures in calories instead of minutes was introduced into a wide resort practice.

Since 1956, for the first time in world practice, BCS has switched from dosing sunbathing by calories to dosing them in therapeutic doses, taking into account ultraviolet (UV) radiation from the Sun, since it is the UV part of the solar spectrum that is the most biologically significant. Professor V. A. Yakovenko was the first to determine the equivalently effective temperature during sunbathing.

Thus, clinical observations and studies conducted over 100 years on the influence of climatic factors on the human body, the course of chronic diseases allow us to state the fact of the formation of a world-class scientific school «Medical Climatology» in Yevpatoria.

At this stage, the BCS continues to work in the field of «Medical Climatology», which includes the following methods: clinical and physiological, general metrology and climatology.

To collect the necessary meteorological data, the staff of the Department of Medical Climatology of the GBUZ RK «Research Institute of Children's Balneology, Physiotherapy and Medical Rehabilitation» uses an automatic meteorological station «Sokol-M1», which allows recording various values of weather indicators around the clock for further use in calculating bioclimatic indices and determining the comfort of staying in the resort of Yevpatoria.

Children undergoing sanatorium treatment undergo a specially designed three-time survey to identify the impact of weather factors on their general condition. The information obtained allows us to establish the relationship between weather conditions and the objective condition of children, to assess the influence of climatic factors on the normalization of the functions of the child's body, special attention is paid to the prevention of meteopathic reactions, which together allows the use of climate therapy at the resort as one of the methods of rehabilitation therapy, rehabilitation. In modern conditions of deterioration of environmental factors, psychogenic, man-made stress on the human body, intensification of sanatorium treatment, reduction of time spent at the resort, a physiologically competent, scientifically based approach to the combination of climatic and balneo factors is becoming particularly relevant. In this regard, «Medical Climatology» is being formed as an independent medical specialty that requires appropriate training of medical personnel involved in the treatment of children at the resort.

PATH LOSS MODEL ADAPTED TO CRIMEAN CONDITIONS

Chachev D.R., Sosnovskiy U.V.,

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

denis.chachev@mail.ru, sosnovskiy.yv@cfuv.ru

A significant area of development of environmental monitoring systems is the current monitoring of agrometeorological indicators. Typically, such data is collected by autonomous devices that transmit information via a radio channel. To increase the efficiency of data collection devices, as well as to optimize their placement, it is necessary to estimate the loss of the radio signal.

The paper considers models of signal loss during propagation in space, applicable to LoRa-type devices in the conditions of the Crimean Peninsula, such as FSPL (Free Space Path Loss) and the ITM (Irregular Terrain Model).

The FSPL model is not applicable in real conditions due to the lack of consideration of any environmental parameters other than distance. The ITM model takes into account elevation differences, as well as atmospheric conditions, but taking into account only such parameters does not allow for sufficiently accurate forecasts.

The model of radio signal loss in free space is the basis for other models and looks like this:

$$PL_{fs} = 20 * \log_{10}(f) + 20 * \log_{10}(d) + 32.45, \quad (1)$$

where f – signal frequency in MHz, d – distance in km.

A number of authors (Heino et al., 2010) created a model based on their measurements, which adds correction factors to the FSPL model, calculated empirically:

$$PL_{coeff} = B + 10 * n * \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right), \quad (2)$$

where B – baseline signal loss, d_0 – baseline distance, d – actual distance, n – signal loss indicator.

A number of articles (Linka et al., 2018) obtained different coefficients in Dortmund (Germany) ($B=132,25$, $n=2,65$) and Oulu (Finland) ($B=128,95$, $n=2,32$), and also compared different signal loss models. The model with empirically obtained coefficients shows the optimal ratio of false positive and false negative loss estimates. To adapt the model to the conditions of the Crimean Peninsula, equipment is required to get the received signal strength. LoRa modules have a built-in RSSI meter – an indicator of the received signal strength. To estimate the error of this indicator, a verified spectrum analyzer Anritsu MS2726C and antenna set P6-251 (log-periodic antenna 100 MHz – 6 GHz with verification, dielectric tripod) were used as a reference meter. A number of measurements were performed with low transmitter power at different distances. Processing of the measurement results showed a small deviation of the actual signal strength from the RSSI indicator of the LoRa module. The maximum deviation of the RSSI value did not exceed 1 dBm. Heltech LoRa V3 modules were installed in the case together with batteries, control programs for the transmitting module and a program for the receiving module were created, displaying the number of the received packet and the current signal strength.

References:

Heino P. et al. «Deliverable D5.3, WINNER+ Final Channel Models V1.0, CELTIC CP5–026 WINNER+ Project». – 2010. – URL: http://projects.celtic-initiative.org/winner+/deliverables_winnerplus.html (access date: 01.06.2024).

Linka H., Rademacher M., Jonas K., Aliu O. G. Path Loss Models for Low-Power Wide-Area Networks: Experimental Results using LoRa // Proc. Mobilkommunikation – Technologien und Anwendungen, VDE ITG-Fachbericht Mobilkommunikation. – Osnabrück, 2018. – P. 10–14.

EFFICIENCY OF OIL-POLLUTED WATER PURIFICATION BY THE METHOD OF PNEUMOSEPARATION IN THE PRESENCE OF A HUMIC PREPARATION

Cherdakova A.S.¹, Galchenko S.V.¹, Vorob'eva E.V.²

¹Ryazan State University named S.A. Yesenin, Ryazan, Russian Federation
Ryazan institute (branch) of Moscow Polytechnic university, Ryazan, Russian Federation
cerdakova@yandex.ru

Most types of wastewater generated as a result of economic activity contain petroleum products in an emulsified state. Technologies for removing petroleum products from wastewater are mostly based on the processes of destabilization of petroleum emulsions (coagulation, flocculation, etc.). However, the use of these methods is technically difficult, which is often associated with an economic aspect (Li et al., 2016; Jafarinejad, 2017). In our opinion, an alternative may be the use of pneumatic separation methods for cleaning, the essence of which is air bubbling of wastewater in a turbulent mode. This leads to the destruction of adsorption colloidal films on droplets of petroleum products, their merging and sedimentation with subsequent removal. We consider it expedient to carry out pneumatic separation of polluted waters in the presence of humic substances and preparations based on them, which, due to their chemical heterogeneity, are capable of entering into physicochemical interactions with oil products, thereby affecting the efficiency of purification.

The aim of the study was to evaluate the efficiency of wastewater purification from oil products by the method of pneumatic separation in the presence of a humic preparation.

In the experimental studies, aggregation-stable emulsions based on distilled water and oil products of various fractions were used: «diesel fuel-water»; «gasoline-water»; «motor oil-water»; «fuel oil-water», with an initial concentration of oil products of 100 mg/l, 130 mg/l and 150 mg/l. Model emulsions were pneumatically separated using an air compressor for 1 hour. After 30 minutes of pneumatic separation, a humic preparation was added to the emulsions – potassium humate in the form of 0,01%, 0,04% and 0,08% aqueous solutions. Emulsions without the addition of potassium humate served as a control. The evaluation criterion was the residual concentration of oil products, determined by column chromatography.

It was found that pneumatic separation of emulsions allows reducing the concentration of oil products by 30–90% depending on their type. The maximum effect was observed in the experimental variants with diesel fuel, where under the influence of pneumatic separation its concentration decreased by almost 90%. The result of bubbling emulsions with gasoline and motor oil was also very significant, the efficiency of their purification was 40–50%. And the minimum effect was noted in the variants with fuel oil, where the depth of purification was about 30%.

At the same time, the use of potassium humate in pneumatic separation of emulsions significantly stimulates the processes of removing oil products (by 10–40%). Increasing the dose of the preparation leads to an increase in this effect.

Thus, pneumatic separation of wastewater in the presence of potassium humate is a promising method for their purification from oil products.

References:

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

Jafarinejad S. Treatment of Oily Wastewater // In book: *Petroleum Waste Treatment and Pollution Control*. – Oxford, 2017. – P. 185–267.

REGULATION OF HEAT PRODUCTION IN COGENERATION MICRO GAS TURBINE PLANTS (MGTP) USING A POWER CONTROLLED ELECTRONIC CONVERTER (PCE)

Dologlonyan A.V., Matveenko V.T., Klimenko A.G.

Institute of natural and technical systems, Sevastopol, Russia
dologlonyan@mail.ru

Cogeneration MGTP with the capacity from several kilowatts to 1 MW, mastered by domestic manufacturers, have become widespread for power supply of local facilities.

The MGTU generator produces AC electric power of increased frequency, which is proportional to the microturbine rotation frequency (up to 1500...2000 Hz). To obtain the voltage of industrial (50 Hz) or onboard (400 Hz) frequency, it is necessary to install either a mechanical reducer, as it is done by Ingersoll-Rand company, or a PCE (Bohn, 2005).

The use of such a scheme makes it easy to provide energy exchange between the generator and the load. Both a buffer energy storage unit and other DC consumers can be connected to the DC bus (see Fig. 1).



Figure 1 – Functional diagram of power electronic converter

Compared to a mechanical gear, the use of PCE reduces losses and simplifies machine design. Since the generator is mechanically separated from the industrial frequency, the turbine rotation rate can be changed. This leads to an improvement in the performance of MGTP in the area of partial loads. In addition, the use of PCE in the MGTP breaks the

mechanical bond between the power turbine and the load, allowing the locked turbine to actually work in a free mode, a The use of a controlled nozzle apparatus with digital microcontrollers in the MGTP automatic control systems allows any, including combined, control program to be set, Multi-factor, high performance and reliability of the partial load installation. The use of a working gas booster cycle behind a power turbine increases engine output at the same fuel consumption (Dologlonyan, Matveenko, 2021).

The studies on the effects of the transfer of the working mass past the regenerator on the characteristics of cogeneration gas-turbine plants with heat regeneration at partial loads under isothermal and screw loading methods have shown that the relative heat, the heat supply is increased and the plant efficiency drops with a decrease in the relative flow of the working medium through the regenerator under any load.

It has been found that for MGTP the relative heat transferred to the heating supply increases with the decrease of the relative flow of the working medium through the regenerator and decreases with the decrease of the relative power. Calculations showed that the bypass of the cyclic working body by the regenerator allows to change the flow of mechanical and thermal energy in the gas turbine engine independently from each other, and also that in any operating mode of MGTP, reducing the flow of working fluid through the regenerator leads to an increase in power. This factor must be taken into account in the regulation process.

References:

Bohn D. Micro Gas Turbine and Fuel Cell: A Hybrid Energy Conversion System with High Potential // Micro Gas Turbines. – 2005. – № 13. – P. 1–46.

Dologlonyan A. V., Matveenko V.T. Upravlenie generaciej tepla v ciklah mikrogazoturbinnih ustanovok s regeneraciej teploty [Control of heat generation in cycles of micro gas turbine plants with heat recovery]. // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2021. – № 3(347). – P. 3–11.

**MODERN GIS TOOLS FOR ANALYZING THE STRUCTURE
OF RIVER SYSTEMS AND THEIR BASIN MORPHOLOGY**

Gartsman B.I.^{1, 3}, Entin A.L.^{1, 2}, Tolkacheva V.F.¹

¹Water Problems Institute of RAS, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

³Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

gartsman@inbox.ru

The development of hydrological substantiation in the conditions of non-stationary climate and dynamic landscape construction of basins with a lack of observation data requires an interconnected expansion of the theoretical and information base. It is necessary to involve a new array of data - sufficiently accessible and reliable, characteristic unexplored basins and rare hydrological events that allow organic development of the modeling theory. Promising opportunities in this regard provide structural and hydrographic analysis of river systems. Recent achievements have already created a number of statistical and deterministic hydrological models of a new generation using data on the gradual river network and morphometry of basins. A key element in the development of such studies are the methods of modern relief analysis. The emergence of high-resolution digital elevation models (DEM) has created fundamentally new technical and methodological capabilities for this. However, their implementation requires the development of software for built-in DEM processing. The report describes the development of such a toolkit that meets the needs of not only land hydrology, but also many Earth sciences - linear software tools that implement traditional proprietary methods and algorithms for processing DEMs with the involvement and results of spatial data. The tools are created to solve both known and unexpected problems, including:

- Stream Network Orders – a tool for automatic digitization and ordinal classification of a river network by DEM based on variants of the so-called "initiation function";
- Ridgeline Network Orders – a tool for automatic digitization and sequential classification of watershed networks by DEM based on the author's method;
- Watershed Thickness Metrics – a tool for automatic determination of a set of measures of the «thickness» of a river basin, based on the author's algorithms.

The tools are implemented as Python scripts using the capabilities of ArcGIS Desktop 10.8. In their development, unless otherwise expressly stated, the tools of the Spatial Analyst group were used. Backward compatibility is tested for ArcGIS Desktop 10.5, 10.7. The toolbox is freely available with open-source code at <https://github.com/aentin/ArcPyStreamScape>. The results of the tools are executed below on a fragment of the SRTM DEM fragment of about 1200 km² (river basin), with an initial development of 3", transformed into the system coordinate of the equal-area conic projection and resampled to a spatial resolution of 75 m.

The study was carried out under Governmental Order to Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences, subject no FMWZ-2022-0001.

**OCEANOLOGICAL DATABANK OF THE
INSTITUTE OF NATURAL AND TECHNICAL SYSTEMS**

Gubarev A.V., Polonsky A.B., Valle A.A.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russian Federation

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

Monitoring the state of the natural environment of the coastal zone of the Black Sea is extremely important because it allows tracking the negative impact of anthropogenic factors on the development of both marine and terrestrial ecosystems. Research and analysis of hydrological and hydrochemical data help to identify long-term trends in regional climatic and environmental parameters, as well as their anomalies of various spatial and temporal scales. One of the methods of modern high-quality information support for research and monitoring activities is the developing and maintenance of an up-to-date oceanographic data bank.

The present work describes the current version of the oceanographic data bank for the Black and Azov Seas of the Institute of Natural and Technical Systems (ODB INTS). Compared with the previous version (Mel'nikov et al., 2016), the current databank has been significantly supplemented and revised in the new DBMS (database management system) environment. The embedded SQLite DBMS (SQLite, 2024) with open source code is used as a basis which significantly reduces the cost of development, and also allows further integration into various geographic information systems (for example, QGIS). The bank contains an extensive set of hydrological and hydrochemical parameters obtained as a result of measurements carried out from 1884 to 2024 and characterizing the spatiotemporal variability of the state of waters of the Azov-Black Sea basin. The updated databank includes the results of ship measurements at more than 200 thousand hydrological stations, which allows comparison with databanks of other organizations (Andryushchenko et al., 2010; D'yakov et al., 2017; Voroncov et al., 2018) and classifying the ODB INTS among the most complete oceanographic data banks for the Black and Azov Seas. The most part of measurements concerns water temperature and salinity (~ 6 million). Among the hydrochemical characteristics, the concentration of oxygen dissolved in seawater is well provided with data (343 thousand), and the pH has the smallest amount of data (75 thousand).

This work was made within the frame of the IPTS state task «Fundamental research of processes in the climate system that determine the spatial and temporal variability of the marine environment and adjacent territories over a wide range of scales. (state registration number 124020100120-9).

References:

Andryushchenko E.G., Galkovskaya L.K., Godin E.A. ZHuk E.V., Ingerov A.V., Isaeva E.A., Kas'yanenko T.E., Plastun T.V. and Haliulin A.H. Bank okeanograficheskikh dannyh MGI NAN Ukrainy: informacionnye resursy i dostup k dannym (Oceanographic Data Bank of the MHI NAS of Ukraine: information resources and access to data). Metodicheskoe posobie. – Sevastopol': Izdatel'stvo NPC «EKOSI-Gidrofizika», 2010. – 59 p.

D'yakov N.N. Levickaya O.V., Lipchenko A.E., Belogudov A.A. and Martynov E.S. Bank okeanograficheskikh dannyh Azovskogo i Chernogo morej (Oceanographic data bank of the Azov and Black Seas) // Trudy Gosudarstvennogo okeanograficheskogo institute. – 2017. – № 218. – P. 287–297.

Mel'nikov V.V., Polonskij A.B., Kotolupova A.A., Grebneva E.A., Mel'nik L.A. and Biryukova M.A. GIS Instituta prirodno-tekhnicheskikh sistem (GIS Institute of Natural and Technical Systems) // Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy. – 2016. – No. 4. – P. 49–55.

SQLite: website. – URL: <https://www.sqlite.org/> (access date: 13.06.2024).

Voroncov A.A. Godin E.A., Ingerov A.V. and Isaeva E.A. Bazy dannyh po Chernomu morju FGBUN MGI i FGBU VNIGMI-MCD: rezul'taty sravneniya (Databases on the Black Sea of FGBNU MGI and FGBNU VNIGMI-MCD: comparison results) // Morja Rossii: metody, sredstva i rezul'taty issledovanij. – 2018. – P. 225–225.

A STAND FOR INVESTIGATION OF HEAT CONDITION OF EMBANKMENT BY BLOWING AIR AND HEATED BY EXTERNAL AND INTERNAL HEAT SOURCES

Guzeev O.A., Borisenko E.V., Budaretsky S.I.

Institute of physics of mining processes, Donetsk, Russia
oleg.coin@mail.ru

Self-heating coal rock dumps have a significant negative impact on the environment. These technogenic formations, being sources of thermal and chemical pollution of the atmosphere, are often located in geodynamic active zones. With such placement of dumps, permeable areas are created in their bases, through which air and gases can penetrate into the coal rock dump arrays, contributing to self-heating and spontaneous combustion of coal mining waste (Borisenko, 2023).

To reduce the negative impact of stored coal mining waste on the environment, it is necessary to develop and implement a technology for extracting thermal energy from a self-heating coal rock dump. This technology should be based on studies of the evolution of the temperature field of an embankment of coal-bearing rocks subject to aeration, self-heating and solar heating.

A laboratory stand has been developed to study the processes of formation of the temperature field of an embankment made in the form of a miniature cone-shaped dump and subjected to aeration (blowing air according to the "bottom-up" scheme) and heating by external (solar) and internal (charmed) heat sources. The list of the main components of the laboratory stand and the functions performed by them are presented in Table 1.

Table 1 – Components of the laboratory stand for studying the thermal state of aerated and heated embankment and their functions

	Выполняемые функции
Fan	Air blowing of embankment from bottom-up
Infrared lamp	External source of heat and directional light (simulated sun)
Heating coil	Internal heat source (simulated self-heating site)
Pallet punched	Heating coil carrier, forming and movement of embankment, possibility of its aeration
Sensors temperature	Monitoring of thermal condition of embankment (at checkpoints)
Microprocessor control unit	Adjustment of fan power and heating coil, recording of monitoring results
Personal computer	Processing the results of monitoring the thermal condition of the embankment

Design features of the created laboratory stand make it possible to carry out spatio-temporal mapping of temperature indicators of the studied embankment with a combined effect of an upward air flow and heat sources on it.

References:

Borisenko E. V., Guzeev O. A., Korvyakova N. P., Podrukhin A. A. Assessment of geodynamic positions and genetic structures of self-heating coal rock dumps applicably to heat extraction from dump masses // Fundamental and Applied Issues of Mining. – 2023. – № 2(2). – P. 10–15.

**USING HAWACH SCIENTIFIC COLUMN (CHINA)
IN HPLC METHOD FOR DETERMINING PAHS**

Khalikov I.S.

RPA «Typhoon», Obninsk, Russia

Khalikov@rpatyphoon.ru

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are a large group of organic compounds with two or more condensed aromatic rings that are widespread environmental pollutants (Khalikov, 2024).

The capabilities of modern analytical chemistry do not allow in practice to simultaneously determine hundreds of substituted and unsubstituted PAHs present in natural environmental objects. Various directives propose monitoring the concentrations of different numbers of PAHs. Given the importance of determining PAHs in natural environmental objects, modern analytical methods with high selectivity and sensitivity are used, such as gas chromatography, high-performance liquid chromatography (HPLC), chromatograph mass spectrometry.

Due to the sanctions imposed against our country, the purchase and use of columns for separating PAHs in the HPLC method, such as Envirosep PP, Supelcosil LC-PAH, etc., has become a big problem.

In this work, we evaluated the possibility of using the SLHPAH 546150 column (Hawach Scientific, China) for separating 16 priority PAHs and some others with optimization of the flow rate, mobile phase composition, and wavelengths of the fluorimetric detector.

For the identification and quantitative determination of PAHs, we used the RF-20A fluorimetric detector and the SPD-M20A diode array detector. The measurements were performed on an LC-20 chromatograph (Shimadzu) with an SLHPAH 546150 column (150 x 4,6 mm; 5 µm) and a C₁₈ protective cartridge (4 x 2 mm) manufactured by Phenomenex under gradient elution conditions with an acetonitrile and water mixture from 50% to 90% (40 min) and then to 100% (50 min), at a flow rate of 1,0 ml/min and a column temperature of 40°C. The volume of the aliquot for sample injection was 10 µl. Mixtures and standard solutions of individual PAHs produced by Supelco and Dr. Ehrenstorfer were used as calibration standards. The accuracy of the PAH determination results was confirmed by the «introduced-found» method. It should be noted that acenaphthylene was identified using a diode matrix detector.

According to retention time on the chromatograms, PAHs were arranged as follows: naphthalene (9,5 min), acenaphthylene (11,1 min), 1-methylnaphthalene (12,4 min), 2-methylnaphthalene (12,9 min), acenaphthene (13,7 min), fluorene (14,1 min), phenanthrene (15,7 min), anthracene (17,2 min), fluoranthene (19,4 min), pyrene (21,0 min), benzo(*a*)anthracene (25,6 min), chrysene (26,1 min), benzo(*e*)pyrene (30,5), benzo(*b*)fluoranthene (30,9 min), benzo(*k*)fluoranthene (32,2 min), benzo(*a*)pyrene (34,2 min), dibenz(*a,h*)anthracene (36,8 min), benz(*g,h,i*)perylene (39,5 min), indene(*1,2,3-c,d*)pyrene (39,8 min), antanthrene (43,9 min), coronene (49,2 min).

References:

Khalikov I. S. Assessment of the possibility of diagnosing sources of air pollution with polycyclic aromatic hydrocarbons by their component composition: monograph. FSBI «RPA «Typhoon» of Roshydromet of Russia. – Tambov: Publishing House Yukonf, 2024. – 80 p.

CONTACT OBSERVATIONS OF INTERNAL WAVES IN THE BLACK SEA

Khimchenko E.E.

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
ekhym@ocean.ru

Given the wide range of effects that internal waves have on marine ecosystems (Woodson, 2018), the importance of studying them seems essential for environmental monitoring of marine waters. Although remote sensing techniques have come to the fore in recent years to observe the internal wave field, contact measurements remain the main source of new information on their structure and parameters. This paper presents the results of internal wave observations on the shelf and continental slope areas of the Black Sea. We analyse near-inertial internal waves (NIWs) recorded from long-term vertical profiling of the water column by the autonomous profiler Aqualog (Ostrovskii et al., 2013). We discuss the results of internal wave registration at four moored thermochains in the water area of Blue Bay (Gelendzhik) in June 2023.

NIWs were found to dominate the energy spectra of the current velocity. Spectral analysis of the rotational components of the current velocity revealed a peak at the inertial frequency with clockwise rotation. Data analysis showed the presence of NIWs in the seasonal pycnocline in summer and in the permanent pycnocline in winter. It was found that in winter the level of kinetic energy was higher between 40 m and 80 m in the near-inertial frequency range and reached a maximum in the main pycnocline layer. In summer, a high level of kinetic energy was observed down to 80 m depth, after which it decreased with depth. The energy level was one order of magnitude lower in summer than in winter. An energy minimum layer was found between 80 m and 95 m. The amplitude of the near-inertial kinetic energy showed a close relationship with the vertical stratification, with its maximum and minimum corresponding to the maximum and minimum of the buoyancy frequency.

The main parameters of the observed short-period internal waves recorded in the coastal zone of Blue Bay were estimated. The wave periods ranged from 4 to 20 min, the speed reached 0,1-0,3 m/s and the predominant direction was onshore. Intense waves were detected after the intensification of the longshore northwesterly current.

It is also shown that in the area of the continental slope, the main intraday variability of oxygen is related to the NIWs. During the passage of the internal wave, at its crest, there is a rise of water from deeper layers where the oxygen content is much lower, so the approach of the internal wave is accompanied by an oxygen deficit. In the coastal zone, during the approach of the NIW, a decrease in the oxygen saturation of the water at the horizon is observed (by almost 10%). Such changes in oxygen levels can lead to critical changes in habitat conditions for the benthic ecosystem.

The research was carried out within the framework of the state task of Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation No. FMWE-2024-0024. The expedition work and data processing and analysis were supported by the Russian Science Foundation grant No. 22-77-00055.

References:

- Ostrovskii A. G., Zatsepin A. G., Soloviev V. A., Tsibulsky A. L., Shvov D. A. Autonomous system for vertical profiling of the marine environment at a moored station // *Oceanology*. – 2013. – Vol. 53, No. 2. – P. 233–242.
- Woodson C. B. The fate and impact of internal waves in nearshore ecosystems // *Ann. Rev. Mar. Sci.* – 2018. – Vol. 10. – P. 421–441. – DOI 10.1146/annurev-marine-121916-063619.

ANALYSIS OF MODERN TECHNOLOGIES FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF USING INTERNAL COMBUSTION ENGINES (ICE)

Klimenko A.G., Dologlonyan A.V., Matveenko V.T.

Institute of natural and technical systems, Sevastopol, Russia

kag1958776@gmail.com

Studies of the thermal balance of the ICE (Hripach, Tatarnikov, 2013) show that the amount of heat leaving with exhaust gases generated during combustion can reach 30–48%, while only 12–45% of the fuel combustion energy is converted into useful work, depending on the operating mode, while the most effective mode of operation is nominal or its it is also called settlement. Figure 1 below shows the currently known directions for the development of exhaust gas recovery systems (Klimenko et al., 2022), since heat losses during their emission account for the lion's share in the thermal balance of the ICE.

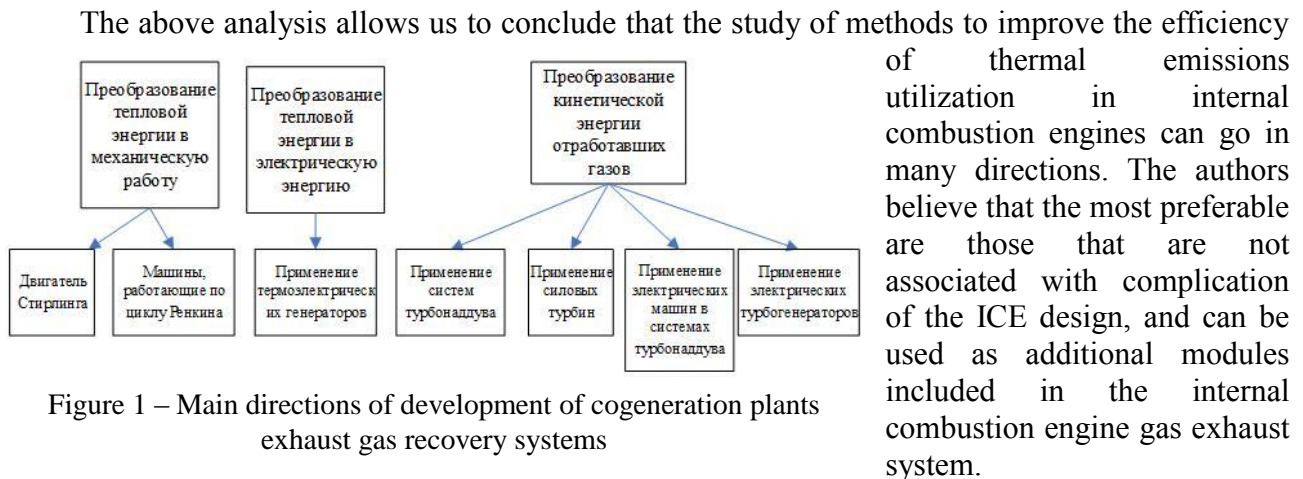


Figure 1 – Main directions of development of cogeneration plants exhaust gas recovery systems

Based on the above, a diagram is proposed (see Fig. 2) of a turbocharger utilizer integrated into the exhaust gas system of an ICE, which is a cogeneration unit that includes a load H, an internal combustion engine, the exhaust gases of which ОГ, passing through the overexpansion turbine ТП, heat the working fluid in the waste heat boiler КУ, then through the circulation pump ЦН the working fluid is directed to the needs of the heat consumer H. Then the exhaust gases are discharged into the atmosphere through the booster compressor ДК. The presence of a turbocharger utilizer will allow increasing the degree of gas expansion (increasing power) without interfering with the working cycle and the design of the ICE itself, i.e. without additional design modifications to the engine.

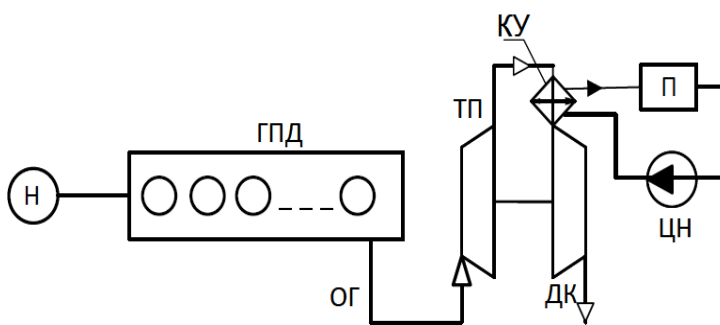


Figure 2 – Diagram of GPE cogeneration plant with a turbocharger utilize

The authors analyzed the technical characteristics of known models of gas piston engines produced by foreign and domestic manufacturers. Approbation of the mathematical model of thermal calculation has shown its suitability for further research.

References:

Hripach N. A., Tatarnikov A. P. Analiz sistem preobrazovaniya jenerгии otrabotavshih gazov dlja kogeneracionnyh jenergoustanovok (Analysis of waste gas energy conversion systems for cogeneration power plants) // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2013. – № 5.

Klimenko, A. G., Dologlonjan A. V., Matveenko V. T. Analiz shemnyh reshenij kogeneracionnyh ustanovok na baze dvigatelej vnutrennego sgoraniya i ih vlijanie na jeffektivnye i jekologicheskie harakteristiki // Sistemy kontrolja okruzhajushhej sredy. – 2022. – № 3. – P. 62–68.

LABORATORY TESTS OF MODEL OF HYDROSTATIC SEAWATER DENSITY METER

Klimenko A.V.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
chirpyy@mail.ru

The choice of a differential pressure sensor for a hydrostatic seawater density meter (Gaysky, 2023) is associated with contradictory requirements: on the one hand, high sensitivity is required, on the other hand, there are restrictions on diaphragm rupture due to external pressure during immersion. To solve this problem, a model is proposed that allows you to simulate the most facilitated operating conditions, namely, when the device is on the surface. This approach allows the sensor to be used with high sensitivity without the threat of diaphragm destruction.

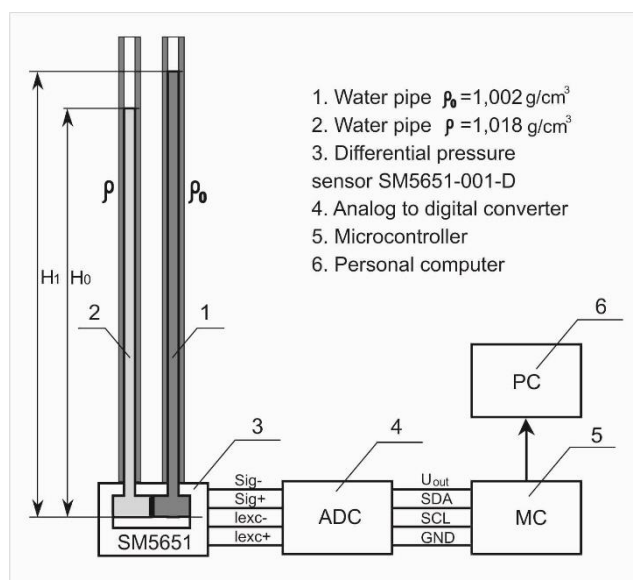


Figure 1 – Structural diagram of the layout of a hydrostatic density meter

In Fig. 1 model of the meter, water of the same density of $1,002 \text{ g/cm}^3$ was poured into both tubes to the same level $H_1 = 500 \text{ mm}$, and the level of the output voltage of the ADC was recorded $U_{\text{out}} = 62 \text{ mV}$. Further, water with a density of $1,018 \text{ g/cm}^3$ was poured into the tube 1 to the same level. The output voltage of the ADC was $1,67 \text{ V}$. After that, water was pumped out of the tube 1 until the previous ADC level was reached $U_{\text{out}} = 62 \text{ mV}$. The difference in the water column levels of the two tubes was $\Delta H = 8 \text{ mm}$, which is 1,6% as a percentage. The difference in densities in the tubes is also 1,6%. The same increment, due to different densities of the liquid and the corresponding change in the height of the water column, indicates the correctness of the experimental methodology.

To achieve high sensitivity of the meter, it is proposed to use a sensor with a dynamic range of 100-1000 Pa. To date, there are no such sensors in the marine version. Efforts are being made to adapt a low-cost gas sensor, such as the MS 5661, for this purpose. Filling the inlet port with high-viscosity silicone oil PMS-1000 will protect the diaphragm of the sensor from the aggressive effects of seawater, and also dampens impulse overloads.

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124012700512-1).

References:

Gaisky V. A. Patent for Invention of the Russian Federation No 2792263. Liquid Density Meter and Its Variants: Applicant and Patent Holder: Institute of Natural and Technical Systems. Publ. 21.03.2023. Bulletin № 9.

**COMPLEX OF HYDROACOUSTIC MONITORING
OF WATER AREAS «SHELF-14»**

Kovzel' D.G.

Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch,
Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia
kovzel@poi.dvo.ru

The Shelf-14 complex was developed and manufactured at the Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. It represents the latest generation of hydroacoustic monitoring equipment, created by orders of the companies operating the Sakhalin-1 and Sakhalin-2 oil field development projects. The complex includes a number of functionally linked, hardware and software unified devices.

The basic device is the Shelf-14 hydroacoustic bottom station. For real-time monitoring, a surface buoy is connected to the station, the controller of which performs preliminary processing of acoustic data and transmits the results to the central monitoring post (CMP) via the Iridium satellite network. The CMP monitors display the acoustic situation in the water area, the technical condition of the devices and their geographic coordinates. The «Mollusk» multichannel receiving acoustic-hydrophysical systems together with the bottom stations are used to study acoustic fields in specified water areas and their subsequent modeling. Bottom stations with a combined scalar-vector receiver «Crab» are used to study vector acoustic fields. Autonomous devices of the complex are equipped with hydroacoustic modems used for diagnostics and for searching for devices displaced from the installation point, using the trilateration method. A deck telecommand device is used to communicate with marine devices from the vessel.

The development of technical means of monitoring tools was accompanied by the development of software for various purposes – receiving data from sea buoys, data processing, searching and classifying vocalizations of marine animals, modeling acoustic fields in order to predict anthropogenic noise levels during various production operations at sea and on shore.

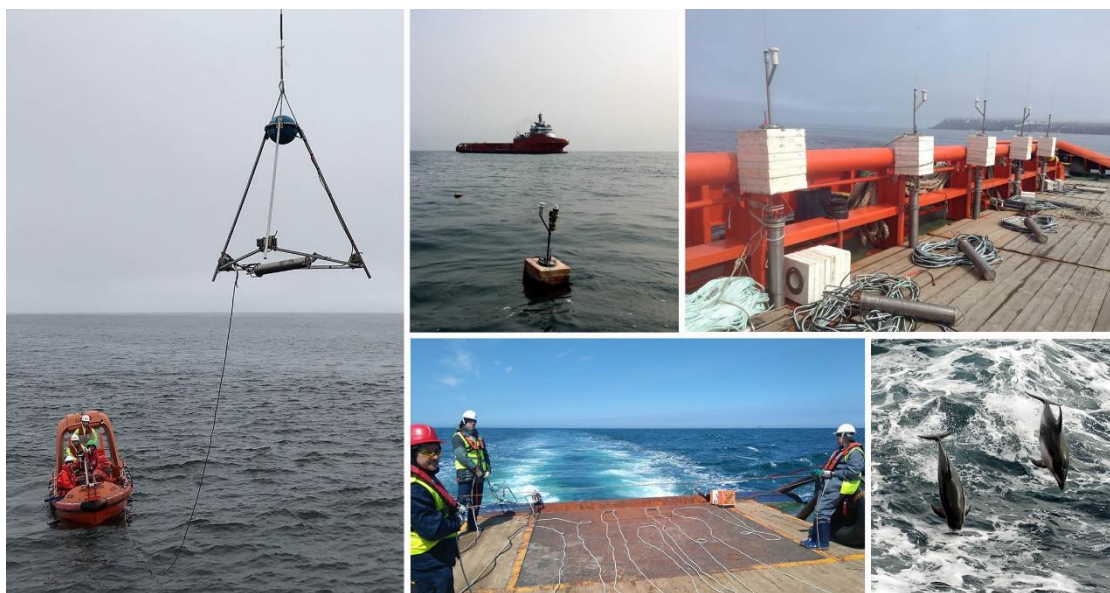


Figure 1 – Application of the Shelf-14 complex in the «Sakhalin» projects

References:

Kovzel D. G. Technical Tools for Underwater Monitoring of Seismic Survey Operations on the Shelf // *Acoustical Physics*. – 2018. – Vol. 64(5). – P. 605–617.

APPLICATION OF THE DYNAMIC MEASUREMENT METHOD TO DETERMINE THE CURRENT IMMERSION DEPTH OF AN AUTONOMOUS PROFILOGRAPH

Krasnodubets L.A.^{1,2}

¹Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

²Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
lakrasno@gmail.com

Dynamic measurements include measurements of time-invariant quantities using measuring instruments installed on mobile data collection platforms, for example, during vertical profiling. Dynamic measurement processes are described by ordinary differential equations. Their right-hand sides contain the measured quantity. To restore the measured quantity, the inverse problem of dynamics is solved. The well-known method of dynamic measurements of the vertical profile of seawater density and its increment (Krasnodubets, 2022), with the appropriate technical implementation, allows for one vertical probing (immersion) to obtain in situ the vertical profile of seawater density and its increment in real time as a function of hydrostatic pressure in the form of numerical arrays. Elements of such arrays can be used for various purposes. For example, to calculate the stratification characteristics of the marine environment as well as hydrostatic pressure functions. This often requires knowledge of these characteristics as functions of depth. It should be noted that in practice, during experimental studies of vertical profiles of the ocean layer using marine autonomous profilers, it is important to control the current depth of their immersion. There are several known methods for solving this problem (Levashov, 2003), which are based on measurements of hydrostatic pressure and boil down to converting them into metric depth using relationships obtained empirically. The work (Gaisky, 2022) proposes a method for determining the immersion depth of the device, based on the use of the basic equation of hydrostatics and measurement data obtained from a hydrostatic pressure sensor and an original device for measuring the local density of sea water, taking into account data on the geographic latitude of the hydrographic station and the corresponding acceleration due to gravity.

The purpose of the study is to develop algorithmic and software support for the rapid determination of the immersion depth of an autonomous profiler based on dynamic measurements of the current density of sea water obtained using its onboard equipment in accordance with the method (Krasnodubets, 2022) using the formula:

$$z(t) = \frac{p(t) - p_0}{\rho(p)g(\varphi)}, \quad \rho(p) = \rho^0 \left\{ 2 - \frac{1}{g(\varphi)} [\ddot{p}(t) + a\dot{p}(t)^2] \right\}, \quad t_0 = 0; p(t_0) = p_0; \dot{p}(t_0) = 0; t \in [t_0, t_f],$$

where $\rho(p)$ is the density of sea water; $p(t)$ is the hydrostatic pressure; $g(\varphi)$ is the acceleration of gravity at the latitude of the oceanographic station; p_0 is the atmospheric pressure; a is the design constant of the profiler body.

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124012700512-1).

References:

Gaisky V. A. Method for determining the depth of immersion of an instrument in the sea during probing // Monitoring systems of environment. – Sevastopol: IPTS, 2022. – Issue 4(50). – P. 40–45.

Krasnodubets L. A. Dynamic measurements in problems of operational oceanology when studying the properties of the ocean strata // Monitoring systems of environment. – Sevastopol: IPTS, 2022. – Issue 1(47). – P. 56–65.

Levashov D. E. Technique of expeditionary research: instrumental methods and technical means of assessing commercially significant environmental factors. – Moscow: VNIRO Publishing House, 2003. – 400 p.

OPTIMUM CONTROL ELECTRO MECHANIC OF SUBMERGE PROBE IN THE CONDITIONS OF VARIABLE CLOSENESS OF SALT WATER

Krasnodubets L.A.^{1,2}, Kanov L.N.¹

¹Sevastopol state university, Sevastopol, Russia

²Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
lnkanov48@mail.ru

To one of actual tasks at planning of electro mechanics of marine probes there is a task of maintenance of the set speed of rotation of engines of electro mechanics in the conditions of variable closeness of salt water. Mechanical controllers of speed, reducing gears, and also systems of excitation is usually used for this purpose. Failing is low exactness and fast-acting. Authors are offered a mathematical vehicle for the decision of this task from point of theory of invariance (Morozov A.D., 1998). The problem of invariance of decision of differential equalizations, describing the dynamics of electro mechanic of probe is examined in the offered work, in relation to the coefficients of these equalizations.

We will consider work of electric motor of direct-current

$$J \frac{d\Omega(t)}{dt} + k_{TP}\Omega(t) + M(t) = \Phi \cdot i_{BH}(t), \quad (1)$$

where J is a moment of inertia; $M(t)$ it is the set variable moment of loading; $i_{BH}(t) = \frac{U - \Phi\Omega(t)}{R_{BH}}$

it is a current of electric motor; U it is entrance tension; Φ it is the permanent set magnetic stream. We will suppose that the moment of loading $M(t)$ begins to change. In these terms will define tension $U(t)$ with the purpose of providing of nominal speed of electric motor $\Omega(t) = \Omega_0(t)$. In accordance with (Morozov, 1998) will give a kind the last equalization

$$\frac{d\Omega_0(t)}{dt} - J^{-1} \cdot \left(-k_{TP}\Omega(t) - M(t) + \Phi \cdot \frac{U(t) - \Phi\Omega(t)}{R_{BH}} \right) + k\Omega_0(t) - k\Omega(t) = 0. \quad (2)$$

From here we get tensions $U(t)$, providing necessary speed $\Omega_0(t)$

$$U(t) = \frac{R_{BH}}{\Phi} \cdot \left(J \frac{d\Omega_0(t)}{dt} + k_{TP}\Omega(t) + M(t) + \frac{\Phi^2 \cdot \Omega(t)}{R_{BH}} + J \cdot k \cdot (\Omega_0(t) - \Omega(t)) \right). \quad (3)$$

After the substitution of the got tension in equalization (2) will get

$$\frac{d(\Omega_0(t) - \Omega(t))}{dt} + k \cdot (\Omega_0(t) - \Omega(t)) = 0, \quad (4)$$

i.e. equalization in relation to an auxiliary variable $y(t) = \Omega_0(t) - \Omega(t)$, in obedience to which at a choice an enough large coefficient k is k at the arbitrary change of loading the type of dependence of speed of electric motor from time approaches desired $\Omega_0(t)$. The authors present an realization of working process of electric motor with the changing moment of loading and necessary type of the desired speed $\Omega_0(t) = 160 + 20\sin 10t$ at optimum tension $U(t)$ to on (3). The graph of speed $\Omega(t)$ practically fully repeats the set graph $\Omega_0(t)$

References:

Morozov A. D. The Invariant great numbers of the dynamic systems in Windows / A.D. Morozov, T. N. Dragunov, S. A. Boykova, O. V. Malysheva. – M.: URSS, 1998. – 187 p.

**ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF RADIAL OSCILLATIONS IN THE
ULTRASONIC PIEZOELECTRIC TRANSDUCER ON THE METROLOGICAL
CHARACTERISTICS OF THE SOUND VELOCITY PROFILER**

Kuzmin K.A.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
konstantin.a.kuzmin@gmail.com

Water sound velocity meters are widely used in hydrographic work and oceanographic research. Sound velocity profilers using single-base sensors are widely used in the world. Their operating principle is based on measuring the time of flight of an ultrasonic wave from the emitter-receiver to the reflector and back. The Institute of Natural and Technical Systems produces a sound velocity meter whose operating principle is based on measuring the difference in the time of flight of a wave to the far and near reflectors (Grekov et al., 2020).

A peculiarity of piezoelectric discs used as emitters and receivers of ultrasonic vibrations is the occurrence of radial mode and thickness mode vibrations when electrical impulses are applied (Golyamina, 1979). Useful are thickness mode vibrations, the frequency of which corresponds to the resonance frequency of the disc on the order of units of megahertz. Radial mode vibrations have a frequency an order of magnitude lower. They are almost not transmitted to the aquatic environment, are the natural vibrations of the disc, independent of the speed of sound in water, and the voltage excited by them as a result of the direct piezoelectric effect is added to with the voltage excited by the reflected useful signal. Radial mode vibrations decay in a few tens of microseconds and become negligible when measured on a long base. When measuring the time of flight of a wave on a short base, radial mode vibrations do not have time to decay and, obviously, introduce an error into the useful signal measurement.

It has been experimentally established that the amplitude of the electric signal caused by radial mode vibrations is several millivolts, which is significant with a typical useful signal amplitude of $\pm 50...60$ mV. Radial mode vibrations shift the point of intersection of the wave front with zero voltage, which is used by the time-to-digital converter as a trigger for measuring the wave flight time. As a result, the measured time differs from the actual time by tens of nanoseconds, which, when calculating the speed of sound, can contribute to the measurement error of the order of 0.1 m/s.

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Water Technologies on the topic «Improvement of technical means and measuring information technologies for natural water research» (state registration number 124012700512-1).

References:

Grekov A. N., Grekov N. A., Sychev E. N. Mid-frequency acoustic methods and means for studying the aquatic environment: monograph. – Sevastopol: IPTS, 2020. – 126 p. – ISBN 978-5-6044196-6-3

Ultrasound. Little encyclopedia / Ed. I. P. Golyamina. – M.: «Soviet Encyclopedia», 1979. – 400 p.

ACOUSTIC FIELD IN THE WATER AREA FORMED BY DRIVING OF A CONDUCTOR COLUMN ON THE SHORE

Manulchev D.S.

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia
manulchevds@gmail.com

A significant contribution to the acoustic environment of the water area is made by construction work on the shore, including the driving of foundation piles or conductor columns (conductors) (Erbe, 2009). Low-frequency impulse signals generated in this case can impact on marine mammals which use acoustic signals for their vital functions (Bailey et al., 2010). The report presents the features of the low-frequency field in the sea formed during the driving of a 74 m long conductor at the distance of 400 m from the coastline – fig. 1a. Acoustic signals were recorded using bottom acoustic registers in the frequency range of 2 Hz – 15 kHz (Rutenko et al. 2015), installed on 10 m and 20 m isobaths. Three-dimensional acoustic fields modelling is realized by the mode parabolic equations in the adiabatic approximation under «fluid» bottom conditions (Trofimov, 1999).

According to experimental data, the peak acoustic pressure level at a distance of 2,5 km from the source does not exceed 138 dB. The main signal energy transmitted in the frequency range of 10 – 200 Hz. The numerical modelling results show that the sound exposure level (SEL) increases as the conductor is driven deeper into the ground and reaches maximum values when the lower end of the construction is at the final horizon of 70 m – fig. 1b. This effect occurs due to increase in the height of the hammer fall, as well as bottom layer compaction as the conductor is vertically immersed. Anthropogenic sound exposure drops to 100 dB level at a distance of approximately 10 km for the studied water area.

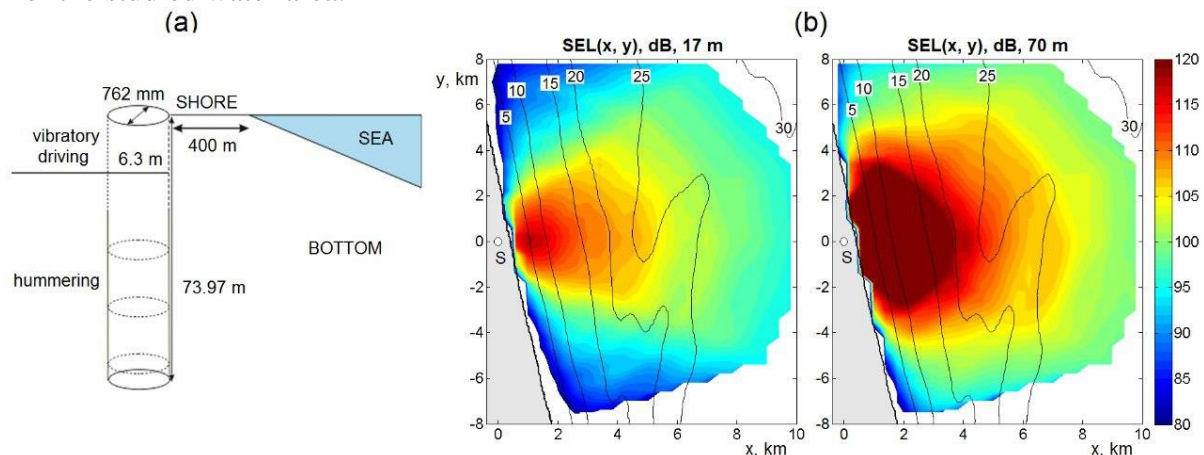


Figure 1 – Scheme of conductor installation (a). Spatial distribution of median sound exposure levels of the single impulse signal formed by the conductor driving at the moment of its lowest point position at the 17 and 70 m horizons (b)

References:

- Erbe C. Underwater noise from pile driving in Moreton Bay, Qld. // *Acoustics Australia*. – 2009. – Vol. 37, No. 3. – P. 87–90.
- Bailey H., Senior B., Simmons D., Rusin J., Picken G., Thompson P. Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals // *Marine Pollution Bulletin*. – 2010. – Vol. 60, No. 6. – P. 888–897.
- Rutenko A., Borisov S., Kovzel D., Gritsenko V. A radiohydroacoustic station for monitoring the parameters of anthropogenic impulse and noise signals on the shelf // *Acoustical Physics*. – 2015. – Vol. 61, No. 4. – P. 500–511.
- Trofimov M. Narrow-Angle Parabolic Equations of Adiabatic Single-Mode Propagation in a Horizontally Inhomogeneous Shallow Sea // *Acoustical Physics*. – 1999. – Vol. 45, No. 5. – P. 647–652.

MOTOR RESPONSE OF MUSSEL VALVES TO THE EFFECT OF OPTICAL RADIATION IN THE RANGE OF 400–1000 NM FOR SOLVING PROBLEMS OF ECOLOGICAL MONITORING OF THE AQUATIC ENVIRONMENT

Mishurov V.Zh., Kuzmin K.A., Trusevich V.V., Ryazanov V.A., Pasyukov M.A.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, RF

vas_jan@list.ru

With the rapid urbanization of coastal areas around the world, artificial lighting at night in these areas represents a growing global problem, changing the behavior of organisms and, consequently, the composition of communities and ecosystem processes. This significantly distorts the operation of biosensor monitoring systems.

The movement of mussel valves during life is determined by a number of factors, one of which is light penetrating the aquatic environment in the habitats of animals. Taking into account the influence of light will allow us to improve the process of biomonitoring of the aquatic environment (Grekov et al., 2023).

To determine the quantitative characteristics of the influence of light on the locomotor activity of mussels, an experimental instrument complex was developed that is capable of obtaining experimental data on changes in locomotor activity under the influence of light in the natural habitat of animals.

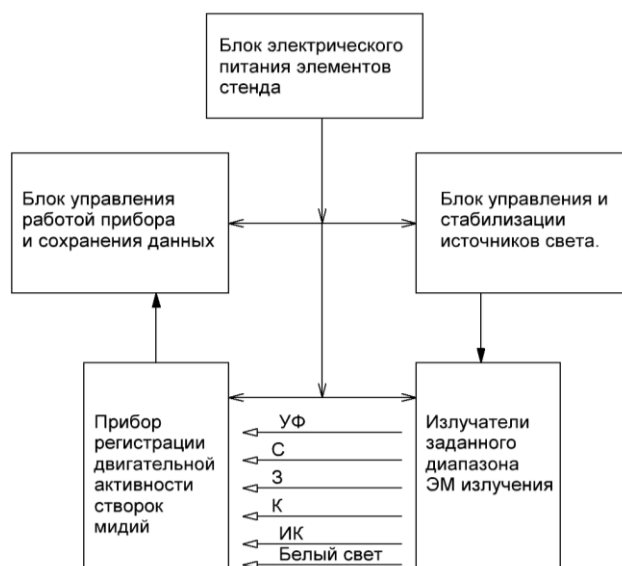


Figure 1 – Experimental instrument complex

The emission range under study was divided into five sections with maxima: 405, 468, 565, 625, 950 nm. LEDs with appropriate characteristics were selected as emitters, providing equal illumination E in the area under study. The group of mussels under study is covered on all sides by a screen from external light sources; a pump ensures circulation of sea water in the device.

Radiation sources are turned on and off independently according to a given program, which allows you to obtain various data during the experiment.

The instrument complex is designed for autonomous operation for 6 days, with subsequent data reading and battery charging.

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124012700512-1).

References:

Grekov A. N., Seleznev I. A., Ivakin Ya. A., Grekov N. A., Vyshkvarkova E. V., Trusevich V. V. Biological early warning systems for aquatic environmental monitoring. – Sevastopol: IPTS, 2023. – 131 p. – ISBN 978-5-6048608-5-4.

**THE THERMAL ANALYSIS METHODS FOR POLYVINYL CHLORIDE
MICROPARTICLES MASS CONCENTRATION IN SOIL SAMPLES DETECTION
AND DETERMINATION APPLICATION**

Nosova A.O.¹, Uspenskaya M.V.², Olechnovich R.O.¹

¹ITMO University, Saint Petersburg, Russia

²Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

aonosova@itmo.ru

In recent years soil contamination with microplastic particles has become an increasingly pressing issue. Due to the lack of standardized methods with established quality indicators, it is difficult to assess the level of contamination, as well as compare the results (He et al., 2015). The most commonly found microparticles in soils are polyethylene, polypropylene and polyvinyl chloride (PVC), the latter of which is considered to be potentially more harmful to the environment (Proshad et al., 2018). Since the surface of microparticles in soil degrades over time, the optical analysis methods usage is extremely labor-intensive. Thermal analysis methods, such as differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetric analysis (TGA), are used to study the thermal properties of polymers. In this case, the degree of surface degradation does not play a significant role.

The aim of this work was to develop procedures for the detection (qualitative analysis) and determination of the mass concentration (quantitative analysis) of PVC microparticles in soil samples using thermal analysis methods and the assessment of quality indicators (metrics).

Due to the amorphous nature of PVC, the DSC method was used to develop the procedure for the soil samples qualitative analysis for the presence/absence of the contaminant in the range from 0,1 to 5 wt.% by recording the glass transition in the thermograms in the region of 80–87°C, typical for PVC. It was found that sample preparation was necessary, including the decomposition of soil organic matter and the separation of PVC microparticles and soil. Carrying out measurements using sets of samples with known contaminant content made it possible to establish the quality metrics (Trullols et al., 2004) of the procedure: sensitivity from 80%, accuracy from 90% and the probability of obtaining a false negative result up to 20%.

The TGA method was used to develop a procedure for quantitative analysis. It was found that in order to obtain an informative analytical signal on the differentiated TGA curves (the second stage of thermal decomposition of PVC, the peak with a maximum in the region of 459°C), decomposition of soil organic matter is necessary as part of the sample preparation. The detection limit was determined to be 0,5 wt. %, the limit of quantification is 1 wt. %. According to RMG 61-2010, the procedure quality indicators (repeatability, site precision, accuracy and precision) were assessed. It was found that the expanded uncertainty in the range from 1 to 5 wt. % is expressed by the equation $U(C) = -6.5C + 41.5$ ($k=2$, $P=0.95$).

References:

He D., Luo Y., Lu S., Liu M., Song Y., Lei L. Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. – 2018. – Vol. 109. – P. 163–172.

Proshad R., Kormoker T., Islam M. S., Haque M. A., Rahman M. M., Mithu M. M. R. Toxic effects of plastic on human health and environment: A consequences of health risk assessment in Bangladesh // *International Journal of Health*. – 2018. – Vol. 6, No. 1. – P. 1-5.

Trullols E., Ruisanchez I., Rius F. X. Validation of qualitative analytical methods // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. – 2004. – Vol. 23, No. 2. – P. 137–145.

MEASUREMENT OF VIBRATION PARAMETERS OF ELECTRICAL MACHINE HOUSINGS

Nurzai V.A., Gubarev F.A., Smoktal N.N., Lei V.A.

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

VANurzai@sevsu.ru

Measuring the vibration parameters of technological equipment is an important task for the national economy. The works (Romanssini et al., 2023; Delprete, Gastaldi, 2024) analyze and compare the recommendations of international standards in this area.

A series of experiments was conducted with the general goal of studying the possibility of remote optical monitoring of vibration of electrical machines using the photomodulation method and the laser speckle correlation method, under various operating conditions.

The application of optical vibration monitoring methods to various process objects is considered. An experimental circuit was assembled (figure 1) and measurements of natural frequencies and harmonics of vibration of equipment housings were taken.

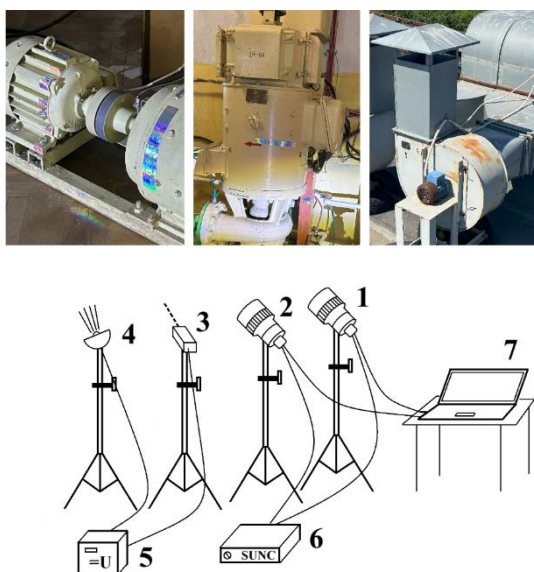


Figure 1 – Scheme of the experimental setup

The laser speckle correlation method and the photomodulation method using thin holographic films were used. Both methods imply recording vibrations with a digital machine vision video camera with subsequent processing of the video signal to identify vibrations. The following were selected as vibration sources: a pair of asynchronous motor and generator connected by a rigid coupling, a water centrifugal pump and a centrifugal fan. The report presents an analysis of the vibration patterns of objects in various modes and their spectral composition. A comparison of the methods was carried out. Both methods of non-destructive optical inspection demonstrated a high degree of correlation. According to the authors, both methods, both separately and in combination, can be used to control the vibration of technological equipment.

References:

Delprete C, Gastaldi C. On the effectiveness of standards application to threshold setting in vibration condition monitoring in industrial machinery // In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability. – 2024. – DOI 10.1177/1748006X231218363.

Romanssini M, de Aguirre P.C.C., Compassi-Severo L, Girardi A. A Review on Vibration Monitoring Techniques for Predictive Maintenance of Rotating Machinery // Eng. – 2023. – Vol. 4, No. 3. – P. 1797–1817. – DOI 10.3390/eng4030102.

LOCATION DAMAGE OF ISOLATION OF LINE OF POWER SUPPLY

Oleynikov A.M.¹, Kanov L.N.²¹Institute of the naturally-technical systems», Sevastopol, Russia²Sevastopol state university, Sevastopol, Russia

Inkanov48@mail.ru

Priority direction of development of modern electro energy is an increase of reliability of passing to electric power. At the considerable size of distance between the points of connecting of generators and users actual is a task of exact location damage. The purpose of lecture is development of algorithm of location and character of failure on the line of power supply on the basis of measuring of tensions and currents on the centers of feed and loadings. Basis of algorithm is made by the mathematical design of the mode of line on the basis of theory of chains with the up-diffused parameters (Kaganov, 1990).

We will consider a homogeneous distributive line long L with two centers of feed, figure.1. The centers of feed provide loading on two areas of line with lengths x_H and $L-x_H$ and by specific parameters $\underline{Z}_{B1}, \gamma_1$ and $\underline{Z}_{B2}, \gamma_2$. In a point with a co-ordinate x_K the damage of isolation takes a place with resistance \underline{Z}_K . Both these sizes are subject determination.

An analysis is executable on results the decision of equalizations of areas of lines on the basis of scope terms on the ends of areas. At the beginning of the first area tension is measured $\underline{U}_1(0)$, and get a border condition $\underline{E}_1 = \underline{U}_1(0) + \underline{I}_1(0)\underline{Z}_1$. The permanent $\underline{A}_{11}, \underline{A}_{12}$ are determined from equalizations:

$$\underline{E}_1 = \underline{U}_1(0) + (\underline{A}_{11} - \underline{A}_{12}) \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_{B1}}; \underline{U}_1(0) = \underline{A}_{11} + \underline{A}_{12}..$$

Like, at the end of the second line at measuring of tension $\underline{U}_2(L-x_H)$ get equalizations for \underline{A}_{21} and \underline{A}_{22} .

In a knot x_H tensions are equal at the beginning of area 2 and at the end of area 3, and current at the end of area 3 divided into a current at the beginning of area 2 and current in loading. On the basis of scope terms in the point of damage will define distance to this point x_K and resistance an isolation in this point \underline{Z}_K . In a point x_K tensions are equal at the beginning of the third area and at the end of the first area, and a current at the end of the first area is divided into a current at the beginning of the third area and current of loss.

$$\text{After it get distance } x_K: x_K = \frac{1}{\gamma_1} \ln \left[\frac{\underline{A}_{11} - 0,5e^{\gamma_1 x_H} \cdot (\underline{A}_{21} \underline{B}_1 + \underline{A}_{22} \underline{B}_2)}{-\underline{A}_{12} + 0,5e^{-\gamma_1 x_H} \cdot (\underline{A}_{21} \underline{B}_3 + \underline{A}_{22} \underline{B}_4)} \right]^{0,5}$$

$$\text{resistance an isolation } \underline{Z}_K = \underline{Z}_{B1} \frac{\underline{A}_{31} + \underline{A}_{32}}{\frac{\underline{A}_{11}}{y} - \underline{A}_{12} \cdot y - \underline{A}_{31} + \underline{A}_{32}}.$$

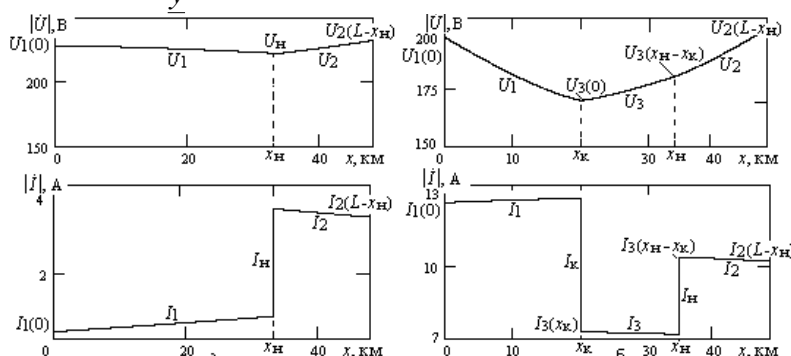


Figure 1 – Tension and current in undamaged a) and in damaged b) lines

On figure 1 the graphs of distributing of virtual values of tension and current are represented on the areas of line in stationary and in an emergency modes.

References:

Kaganov Z. G. The Electric chains with the up-diffused parameters and chain charts. – M.: Energo atomizdat, 1990. – 248 p.

DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS FLOW VELOCITY AND DIRECTION METER

Pasynkov M.A., Ryazanov V.A., Kuzmin K.A., Mishurov V.Zh.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, RF

sevmixa@mail.ru

Measuring current speed is necessary to control the movement of water masses in oceans, seas, rivers, including those with suspended matter. For these purposes, various measuring instruments are used, where sensors based on various physical phenomena are used as primary converters of flow velocity. The basis is the most promising flow velocity and direction meter, based on acoustic principles IST-1M, developed by the team of the Center for Environmental Instrumentation and Eco-Energy of the Institute of Natural-Technical Systems (Grekov et al., 2020). This device has in its arsenal an electromagnetic compass with a self-motion acceleration sensor, which allows you to determine the direction of the current in the range from 0° to 360°. In addition to the above advantages, the device has an on-board unit connected to the device via a load-carrying cable.

For long-term, round-the-clock, all-weather measurements of current speed and direction, a special modification of the device was developed, which allows measurements to be made in a new quality, IST-1MA24.

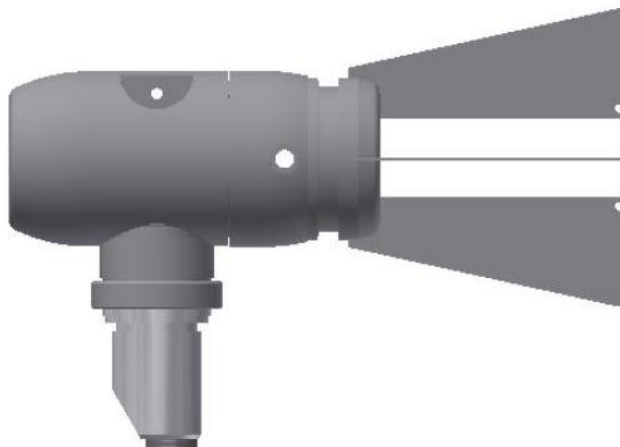


Figure 1 – Appearance of IST-1MA24

The IST-1MA24 housing contains: an energy-efficient compact-sized LiFePO₄ battery, which has sufficient capacity for long-term field work and operates in a wide temperature range; non-volatile digital real-time clock; flash memory.

IST-1MA24 can be in four states:

- 1) mode of storage or transportation;
- 2) operating mode with a PC (setting the recording frequency, setting the time, checking the condition of the battery);
- 3) probing mode (recording measured data into the device memory);
- 4) charge mode.

The device is controlled through a sealed connector on the case by connecting various accessories: charger, data cable, power connector.

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124012700512-1).

References:

Grekov A. N., Grekov N. A., Syrov E. N. Mid-frequency acoustic methods and instruments for the study of the aquatic environment. – Sevastopol: IPTS, 2020. – 126 p. – ISBN 978-5-6044196-6-3.

APPLICATION OF ACCELEROMETER ADXL345 FOR DENSITY PROFILE MEASUREMENT

Penkov M.N.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
veter4750@mail

Recently, attempts have been made to conduct direct measurements of the density profile without significant efforts to measure STD parameters (salinity, temperature, depth) or without them at all.

The use of the hydrostatic method for measuring the density gradient presented in the article by G. Fedotov (Fedotov, 2013) requires the use of four pressure sensors rigidly fixed along three orthogonal axes, which is associated with the need to correct the oscillations of the inclination of the device.

The use of an accelerometer of the ADXL345 type simplifies and reduces the cost of the probe design, since it leads to a decrease in the number of pressure sensors to 1–2 in various versions. The report describes the design (block diagram) of a pop-up probe with the ability to dive up to 1000 meters and online data recording. The picture shows the type of accelerometer used.

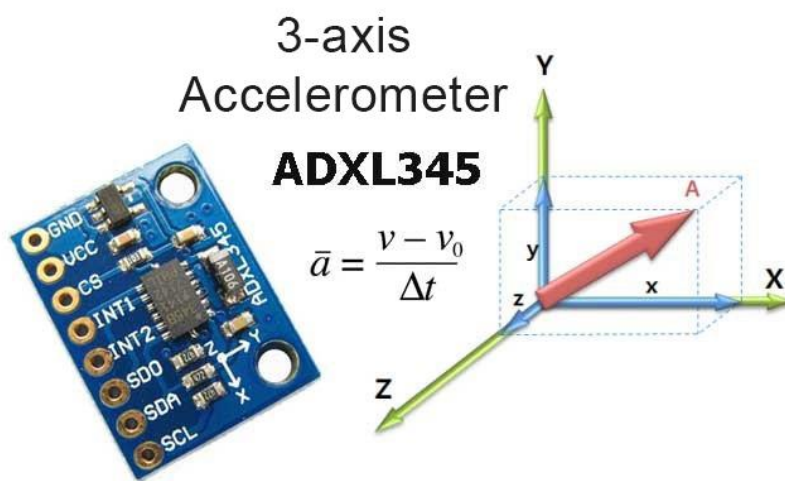


Figure 1 – General view of the accelerometer ADXL345

Accelerometer ADXL345 is capable of measuring acceleration up to ± 16 g with a maximum resolution of 13 bits. The measurement frequency can reach 3200 Hz. It has low power consumption - maximum 140 μ A.

Accelerometer communication can be via SPI or I²C. This allows preliminary processing of data from accelerometer and pressure transducer and data recording into nonvolatile memory via ADuC microconverter.

The design of the surfacing mechanism is a separate issue.

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124012700512-1).

References:

Fedotov G. A. New modification of the hydrostatic method for determining seawater density // Fundamental and Applied Hydrophysics. – 2013. – Vol. 6, No. 1. – P. 58–65.

STUDY OF CRACK RESISTANCE OF STRUCTURAL ALUMINUM ALLOYS UNDER LONG-TERM EXPOSURE TO STATIC LOAD AND CORROSIVE ENVIRONMENT

Rudnev V.P.

Institute of Natural and Technical Systems, Sochi, Russia
stc-sochi@mail.ru

Most structures have a long service life and are susceptible to corrosive environments. The operating conditions of the material in the structure dictate the need to determine the parameters of fracture mechanics under real operating conditions. Testable aluminum alloys are widely used in machine, aircraft and shipbuilding to create protective shells and parts of complex technical systems. The assessment of the parameters of corrosion crack resistance of structural materials is mainly carried out using accelerated tests and there is practically no data on testing under natural environmental conditions. The selected test method (OST 90352-84) made it possible to study the kinetics of crack development in a wide range of structural aluminum alloys in the maritime climate of the humid subtropics under prolonged exposure to load and corrosive environment.

The samples were exposed under a canopy, in which, as is known, the corrosive effect is more significant than in an open area due to greater deposition of corrosive agents and not being washed away by precipitation. To obtain information about the performance of material particles, they were exposed until complete destruction. Samples of the main batch of nine systems completely collapsed over a 7-8 year period of exposure; samples of alloys V-95T2, 1420 survived for more than 10 years (Figure 1).

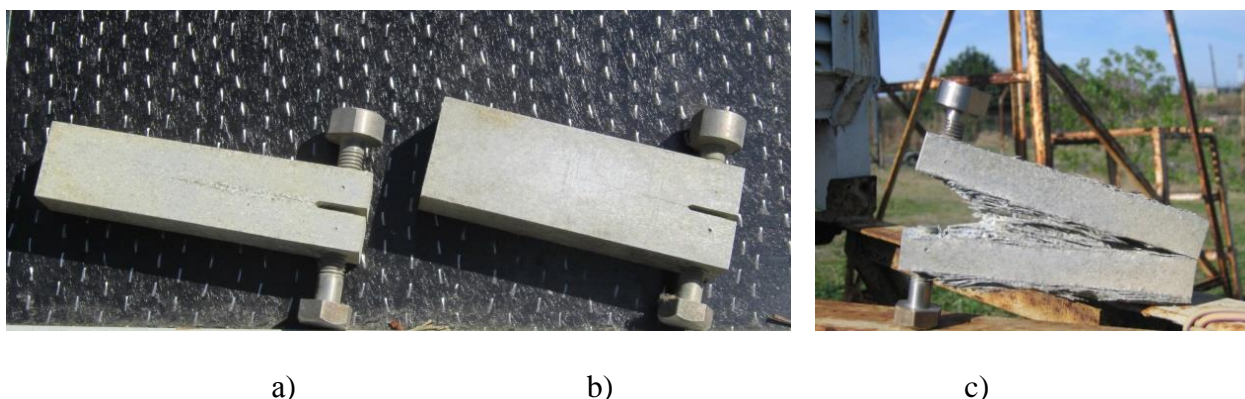


Figure 1 – Appearance of samples of alloys V-95T2 (a), 1420 (b) after 10 years, a 1161T (c) after 7 years of exposure in the marine atmosphere of humid subtropics

Alloy V-95T2 proved itself to be the most effective; after 5 years of exposure, the crack growth was minimal (8,3 mm) of the entire batch of tested materials, while, for example, for alloy 1161T it was 44,0 mm. The high resistance to corrosion cracking of the V-95T2 alloy was also confirmed by the threshold values of the stress intensity factor. Thus, the obtained data on the influence of long-term combined exposure to a corrosive environment and static load on the fracture toughness of structural aluminum alloys of the nine systems under study must be taken into account in calculations when designing structures according to the principle of «safe damageability».

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124012700512-1).

EVALUATION OF DRILLING FLUIDS TOXICITY USED BIOASSAY METHODS

Rudneva I.I.¹, Shaida V.G.², Medyankina M.V.³

¹Marine Hydrophysical Institute, Sevastopol, Russia

²Company «EcoService-A», Moscow, Russia,

³Moscow State University of Technology and Management MSUTU. K. G. Razumovsky
(First Cossack University), Moscow, Russia

The operation of the oil and gas industry on the shelf of seas and oceans is associated with the use of drilling fluids, information on the toxicity of which for biota is limited and contradictory. These substances are complex mixtures that include water, suspensions, emulsion and aerated liquids, organic solvents, heavy metals, clay, which are intended for flushing wells during their drilling. When drilling fluids enter the aquatic environment, they generally have a negative effect on marine ecosystems, as they lead to disruption of the growth, development and survival of aquatic organisms. The early stages of development of aquatic organisms are most sensitive to the effects of pollutants, including those toxicants contained in drilling products.

The aim of this work was to evaluate the toxicity of different types of drilling fluids using developing embryos of the Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* as a test organism. The effect of water-based drilling fluids in different concentrations on the survival of fertilized eggs, prelarvae and the dynamics of their hatching in fresh and 5‰ salt water was studied. The results of the studies revealed the toxic effect of the tested substances on the early stages of fish development. The observed effects depended on the concentration and time of exposure to toxicants, which allowed us to make an assumption about both the mechanisms of toxicity of the substances and the possible consequences for the studied organisms. Different toxicity of drilling fluids was found, which manifested itself in a reliable decrease in the survival of embryos and a delay in hatching of prelarvae in the experimental groups compared to the control. In addition, the number of hatched prelarvae at all tested concentrations was less than in the control.

The established toxic effects of drilling fluids may be a consequence of the direct and indirect action of these substances. The direct action of drilling fluids causes toxic effects as a result of the presence of heavy metals and organic compounds in them, which accumulate in fish eggs and disrupt vital processes. In total, this manifests itself in the inhibition of the growth and development rate of embryos, the appearance of anomalies, delayed hatching, increased mortality of embryos and larvae. Indirect effects of the drilling process and drilling fluids are due to changes (deterioration) in the habitat. When drilling wells, many suspended particles are formed, which significantly reduce the transparency of water for sunlight, settle on the surface of the eggs, thereby disrupting the normal exchange between the organism and its habitat. In addition, the ingress of xenobiotics into water changes its physicochemical properties, which also negatively affects the development of fish eggs.

Toxicity testing therefore provides an estimate of the biological effects and concentrations at which various drilling fluid emissions and cuttings discharges will affect test objects. Ecotoxicological methods provide an estimate of the environmental impacts throughout the drilling life cycle. This integrated approach provides valuable information on the impacts of drilling operations, facilitating informed decision making in accordance with the principles of drilling process assessment, assisting in the development of environmental profiles and impact analyses for various fish waste management pathways.

**TECHNOLOGY FOR IMPROVING THE QUALITY
OF THE ULTRASONIC PRIMARY TRANSDUCER PROTECTOR**

Ryazanov V.A., Pasyukov M.A., Mishurov V.Zh., Kuzmin K.A.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

rjaz-17@yandex.ru

For effective operation of ultrasonic primary transducers (Grekov et al., 2020), it is necessary that the material of the transition layer have a small absorption coefficient of ultrasonic waves. For transducers with piezoceramic plates operating in liquids, these conditions are met by intermediate layers of a solid heterogeneous mixture based on epoxy resin, in which it is proposed to use diamond powder as a filler.

The necessary wave resistance is provided by a material having the following composition:

- epoxy resin – 10 parts by weight;
- diamond powder – 30 parts by weight;
- polyester MGF-9 – 2 parts by weight;
- polyethylene polyamine – 1.3 parts by weight.

After polymerization of the epoxy resin, it is necessary to sand the layer, which will maintain a solid thickness and ensure a perfectly smooth surface. This is important to ensure efficient transmission of ultrasonic waves and minimize reflection losses. The use of abrasive materials with different grain sizes allows us to achieve tread quality with the required parameters.

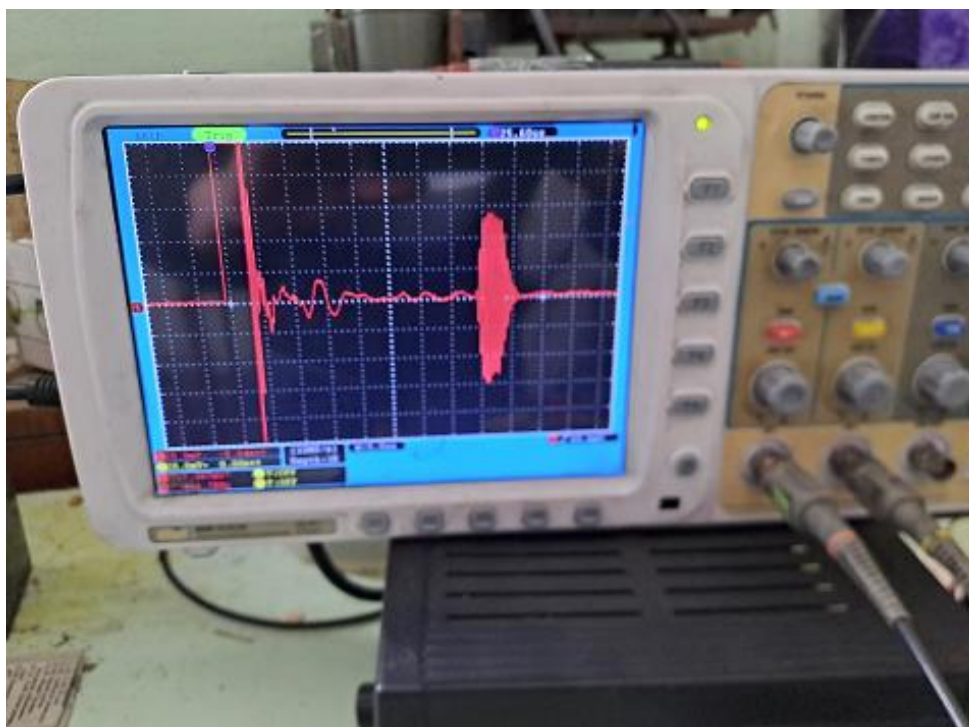


Figure 1 – The region of transient processes after radiation of the probing pulse in the test sample is presented

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124012700512-1).

References:

Grekov A. N., Grekov N. A., Sychov E. N. Mid-frequency acoustic methods and instruments for the study of the aquatic environment. – Sevastopol: IPTS, 2020. – 126 p. – ISBN 978-5-6044196-6-3.

TESTING FOR WATER ABSORPTION OF A CARBON FIBER PLASTIC SAMPLE IN A MARINE ENVIRONMENT WITH MONITORING THE CHANGE IN MASS USING THE GRAVIMETRIC METHOD

Salnikov V.G.

Institute of Natural and Technical Systems, Sochi, Russia
salnikovvg@rambler.ru

When designing structural components of AUVs made of carbon fiber, it is necessary to take into account the influence on the weight and deformation-strength characteristics of structural elements of such processes as water absorption of the material in sea water and moisture absorption in the atmosphere under a canopy, where the storage of the product in different climatic zones is simulated. These two processes increase the mass of the apparatus to varying degrees and both can lead to a reduction of up to 30% in strength characteristics due to plasticization of the binder with moisture (Nikolaev et al., 2015). An important role is played by the time of moisture desorption from the sample on an atmospheric stand under a canopy after water absorption in sea water.

From the obtained kinetic curve (Figure 1) it is clear that the increase in the mass of carbon fiber plastic due to moisture absorption on an atmospheric stand under a canopy reaches a maximum $\Delta m = 0,365\%$ after 1365 days of exposure with a further decrease due to weathering of the destroyed surface layer of the binder due to thermal and partially UV destruction binder.

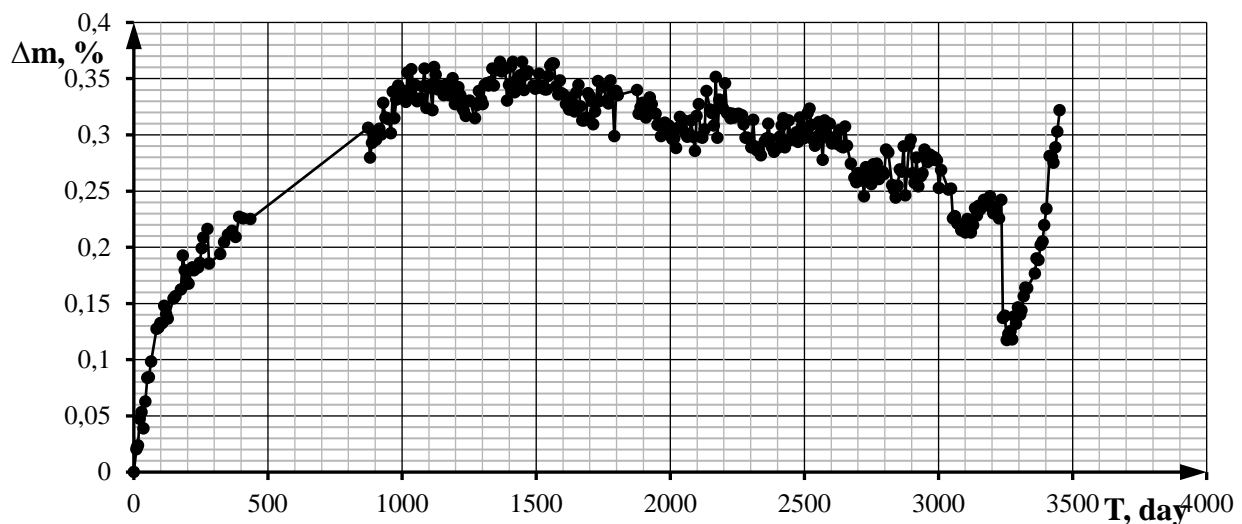


Figure 1 – Experimental kinetic curve of changes in the relative mass of a carbon fiber sample on an epoxy binder due to the sorption of atmospheric moisture on a stand under a canopy in the warm humid climate of Sochi, water absorption in sea water and destruction of the binder (gravimetric measurements 2015–2024)

When the carbon fiber plastic sample was moved to the stand into seawater on the 3234th day of observation, its relative mass decreased from 0,226 to 0,117% due to the washing away of the remains of the previously destroyed surface layer of the binder. Subsequently, the increase in Δm occurs due to water absorption at an average rate of 0,00115%/day. No swelling or delamination of the sample was observed during the tests. Tests should be continued until the maximum permissible values of Δm are determined, followed by the determination of the desorption time.

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124012700512-1).

References:

Nikolaev E. V., Barbotko S. L., Andreeva N. P., Pavlov M. R. A comprehensive study of the impact of climatic and operational factors on a new generation of epoxy binders and polymer composite materials based on them. Part 1. Study of the influence of sorbed moisture on the epoxy matrix and carbon fiber plastic based on it // Proceedings of VIAM. – 2015. – No. 12. – P. 86–99.

**DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR CREATING A UNIFIED
HETEROGENEOUS ATMOSPHERIC AIR MONITORING NETWORK
USING THE METEODOZOR COMPLEX**

Samoilov S.Yu.¹, Evstigneev V.P.¹, Egorkin A.A.²

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

SYSamoylov@sevsu.ru

One of the directions of the state's environmental policy is the definition of sanitary protection zones (SPZ) around enterprises in order to protect the environment and the population from negative impacts. Often, the size of the SPZ is underestimated, which leads to a deterioration of the environmental situation, which is harmful to the environment and the population. The boundaries and functions of the SPZ, according to regulatory documents, should be fixed using the atmospheric air environmental monitoring system (AB) to determine the concentrations and type of pollutants (SV) according to meteorological data.

To obtain monitoring results, it is necessary to determine the locations of measurements based on the data of summary calculations of the distribution of SV from the emission sites of all enterprises of this coastal territory (Order..., 2019). The object of the study is the primorsky territory, in the zone of which there are objects of negative impact: the first and second categories. The summary calculations performed in the program of the UPRZA «Ecologist» determined the zone in which the highest concentrations of the following substances were recorded according to the results of the analysis of the dispersion maps: NO₂, dust – SiO₂ for the SPZ of the territories of the selected objects.

To verify the correctness of calculations, an autonomous measuring complex for monitoring the ecological state of atmospheric air and meteorological parameters «MeteoDzor» was installed in this zone, developed by Sevastopol State University on the basis of inexpensive environmental monitoring sensors. The purpose of this operation was to determine the technical capabilities of this complex.

The results of observations conducted from March to September 2024 in the specified primorsky territory using the «MeteoDzor» complex showed exceedances of the maximum permissible average daily concentrations (MPCC) of SV for dust particles of 1,5 MPC and confirmed the results of calculations to determine the location of monitoring points.

The conducted studies allow us to conclude that the «MeteoDzor» complexes can be used for observations and monitoring of SPZ monitoring, in order to confirm their correct functioning and, consequently, control the environmental situation. In connection with the above, the purpose of the scientific research is to develop a methodology for creating a unified heterogeneous network of AV monitoring complexes in the primorsky territory.

Research objectives: – collection of initial information about the objects of negative impact and the meteorological situation of the territory; – conducting summary calculations of the dispersion of SV and determining the location of complexes; – evaluating the results and confirming fixed SPZ.

References:

Order No. 813 of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated November 29, 2019 «On Approval of the Rules for Conducting Summary Calculations of atmospheric Air Pollution, including their updating» // The GARANT portal.ru: the official website. – Moscow. It is updated during the day. – URL: <https://www.garant.ru/> (access date: 10.09.2024).

**PROTOTYPING OF THE DESIGN AND ELECTRONIC ASSEMBLIES
OF THE OCEANOGRAPHIC PROBE AND THE RECEIVING BASE STATION**

Shapovalov O.Y.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
neoton@list.ru

Currently, when solving the tasks of operational data collection and measurement of physical parameters of the sea area, there is a need to create conditionally disposable probes. These probes should be inexpensive and have an operational communication channel with the base station. The study describes the development of a navigation system module for an oceanographic probe (Arkhipkin, 2009). The appearance of the proposed measurement system is presented in Figure 1. The development of such a module is an urgent task in light of the need to collect operational data and measure physical parameters of the sea area (Solovyov, 2000). The probes can be used for monitoring changes in important parameters of the marine environment, climate research, pollution detection and other important tasks. Effective implementation of such probes requires development of a reliable communication and navigation system.



Figure 1 – External view of the oceanographic measuring probe and base station system

The measurement system consists of a single measurement probe (IZ) and a radio receiving station (RRS). The IZ includes a radio modem (RM) designed for communication via radio channel with the RRS, GPS/GLONASS module.

The RRS includes: radio modem, designed to provide two-way communication with the IZ; personal computer device (PC) to control the measurement system for registration of incoming data and their subsequent processing.

The IZ electronics includes the following units: microcontroller (MC), designed to control the operation of the electronic block of the IZ according to the specified program; radio modem (RM), designed to transmit data to the shore or ship RRS and receive commands from the RRS; measuring module (MM); battery of autonomous power supply (BP); flash drive (FD), designed to store measurement data; surfacing relay (SR); antenna unit (ANT) to accommodate the RM antenna and GPS / GLONASS module.

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124012700512-1).

References:

- Arkhipkin V. S. Lazaryuk A. Yu., Levashov D. E., Ramazin A. N. Oceanology. Instrumental Methods of Measurement of Basic Parameters of Sea Water. – M.: Max Press, 2009. – 335 p.
Soloviev Y. A. Satellite navigation systems. – M.: Eco-Trends, 2000. – 270 p.

APPLICATION OF PREVIOUSLY DEVELOPED METHODS FOR LOCAL EROSION CALCULATION IN COASTAL PROTECTION PROJECTS

Shchodro A.E.

Institute of natural and technical systems, Sevastopol, Russia

ashodro@yandex.ru

Methods for calculating erosions were developed earlier. They were based on preliminary calculation or assignment of the kinematic pattern of the flow, information on the mechanical composition of the soil, hydraulic features of the flow around the bottom particles, as well as on their cohesion and granulometric composition.

Practical calculations of erosion are carried out in several stages. With a known type of erosion, established by physical essence of the erosion phenomenon and the classification of erosions. The intensity of soil removal in erosion funnels and the nature of the development of the erosion process over time were determined as a result of processing in-kind observation data on local concentrated erosions associated with the activity of screw-like currents developing in funnels and determining the extremely high rates and volumes of erosion.

To determine the final values of the erosion depths, the accumulation of the blind area in the erosion funnel is taken into account by layer-by-layer summation of the number of particles remaining in each layer after its processing by the flow. The fractions that remain in each layer are larger than a certain minimum diameter of a non-shiftable particle. These critical diameters are determined based on the values of bottom velocities and turbulence characteristics found experimentally or by calculation. The depth of erosion is determined by summing the thicknesses of the layers that remain after the finer soil has been washed out of them. The critical diameters of particles that correspond to the non-shifting velocity according to the turbulence level are determined by the simulation method. In this case, the separation of individual particles from the surface of non-cohesive soil is considered, taking into account the specified kinematic characteristics of the flow, the heterogeneity of the composition of bottom sediments and the shape of the particles.

The calculation of erosion is based on the determination of bottom average and pulsating velocities according to the author's empirical dependencies. The sums of the thicknesses of the soil layers remaining at the bottom of the pit from soil processing (t_e) and from introduced particles (t'_e) are calculated:

$$S = \Sigma(t_e + t'_e).$$

The erosion is considered complete when the sum S becomes greater than the expected thickness of the blind area. To take into account the transport of sediments, the erosion time is determined according to each step in depth. Using the mechanical composition curve, the proportion of particles that remain in the pit at each step in the corresponding layer is determined, taking into account the flow rate of sediments that enter the pit. The final erosion depth is determined by the elevation mark that corresponds to the depth of the layer at which this condition is met.

The proposed method of calculating erosion can be used to estimate the erosion capacity and wave flow. It is only necessary to know the characteristic bottom velocities and the nature of their change over time. Based on these data, a similar method will be used to determine the critical non-erosion velocities and the final erosion depth.

**CREATION AND IMPLEMENTATION OF SOFTWARE ALGORITHMS
BASED ON MACHINE LEARNING FOR DETECTING ENVIRONMENTAL
ANOMALIES IN MARINE SYSTEMS**

Shishkin Iu.E.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
iurii.e.shishkin@gmail.com

Marine ecosystems' ecological state is crucial for maintaining biodiversity, ensuring human resources, and supporting quality of life. A key challenge in this regard is detecting anomalies in physicochemical parameters of the marine environment, monitoring hydrobiological populations, and identifying foreign suspensions, which may indicate environmental disruptions such as the emergence of new pollution sources or imbalances within ecosystems.

Traditional monitoring approaches require extensive data for decision-making and rely on statistical analysis methods and simple empirical models, often leading to delayed model responses and hindering real-time reaction to changes. Therefore, the need arises to develop software algorithms based on machine learning and fuzzy logic to analyze data obtained through environmental models and measurement systems (e.g., densitometers), aiming to detect anomalies of physical, chemical, or biological nature in marine environments while requiring less data for decision-making (Shishkin, 2024).

A densitometer measures seawater density, influenced by temperature, salinity, and the presence of impurities like suspended particles and hydrobiota. The state equation for seawater can be defined as $\rho = \rho(T, S, P, C)$, where ρ represents water density, T stands for temperature, S for salinity, P for pressure, and C denotes concentrations of impurities like suspended particles and hydrobiota. Anomalies in these parameters act as predictors signaling ecological problems or indicators pointing to events like natural disasters or anthropogenic impacts (e.g., flora destruction due to algal viruses or unauthorized pollutant discharges).

The anomaly detection algorithm follows this sequence: 1) input data on the current system state (T, S, P, C), which undergoes normalization and outlier/noise removal; 2) the data are converted into fuzzy values via fuzzification (transforming numerical values into fuzzy variables to reduce the influence of precise measurements prone to random errors); 3) state assessment is performed through a machine learning model with reinforcement, wherein the system receives feedback on prediction accuracy and adjusts the algorithm; 4) a classifier calculates the anomaly probability, and if the result surpasses a threshold, the system identifies it as an anomaly.

Prospective development directions for these algorithms include integrating with remote sensing and satellite systems, creating cloud services for real-time data storage and processing, and using them alongside biosensors for more selective analysis and minimizing false alarms. Machine learning techniques combined with fuzzy logic provide solutions under uncertainty and data variability, making the algorithms more resilient to noise and measurement errors.

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124012700512-1).

References:

Shishkin Y. E., Skatkov A. V. Information Technologies Based on a Polymodel Complex for Solving Tasks of Heterogeneous Monitoring Network Synthesis // Environmental Control Systems. – 2024. – No. 2(56). – P. 74–83.

DIFFERENTIAL APPROACH IN DEVELOPMENT OF A WATER DENSITY MEASUREMENT SYSTEM MODEL AND DATA ANALYSIS

Shishkin Iu.E.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

iurii.e.shishkin@gmail.com

Measurement of liquid density, particularly seawater, holds a pivotal role in various applied and scientific tasks such as ecology, hydrology, and water resource management. Availability of accurate and timely information regarding water density enables real-time analysis of aquatic system characteristics, prediction of their condition changes, and informed decision-making (Shishkin, 2024).

For solving this problem, conventional methods for water density measurement exist, each with specific strengths and limitations. Hydrostatic techniques rely on measuring liquid pressure at a certain depth, but they are susceptible to external influences. Oscillometric methods leverage sensor vibration frequency changes when submerged, requiring complex calibration. Vibrational methods gauge shifts in vibrator resonance frequency but may suffer from mechanical disturbances. Acoustic techniques measure sound speed through water, contingent on density; however, they are sensitive to fluctuations in temperature and salinity (Krasnodubets, 2024). Thus, it becomes evident that current methods for measuring water density demand improvements in accuracy, response speed, and the potential for automation in data processing, one promising avenue being differential approaches in modeling processes, which open new possibilities for efficient measurement and data analysis systems.

To develop the data sensing system model, a set of differential equations was constructed, accounting for dynamic changes in pressure and temperature, as well as the pressure gradient between the external environment and a reference liquid reservoir:

$$\frac{dP}{dt} = f(P, T, \rho_{ref}, \rho_{ext}, g), \quad \Delta P = P_{ext} - P_{ref} = \rho_{ext} \cdot g \cdot h - \rho_{ref} \cdot g \cdot h,$$

where ΔP is the pressure difference, P_{ext} represents the external pressure, P_{ref} is the reference liquid pressure, ρ_{ext} is the density of the external liquid, ρ_{ref} is the reference liquid density, g is gravitational acceleration, and h is the height of the liquid column. The function f describes the dependence of pressure variation on temperature and liquid density.

Through research, a mathematical model for a water density measurement system was developed, grounded in the differential approach. Software derived from this model aims to enhance the quality of measurement processes and data analysis, and is intended for use in fields such as hydrological research for monitoring seas, lakes, and rivers to predict floods and droughts, industrial processes to control solution density, and ecological monitoring to track density changes as indicators of contamination or anomalies of various natures. Results from modeling experiments confirmed the efficacy of the proposed method. Prospects for further development include scaling the system for in situ operation and integrating it into existing measurement complexes developed at INTS.

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124012700512-1).

References:

Krasnodubets L. A., Shishkin Y. E., Shapovalov O. Y. Autonomous Marine Probe Profiler // Environmental Control Systems. – 2024. – No. 1(55). – P. 42–52.

Shishkin I. E., Krasnodubets L. A. Method for Dynamic Measurements of Autonomous Underwater Probe Immersion Depth // Proceedings – 2024 International Russian Smart Industry Conference Smart Industry Conf. – 2024. – P. 939–943. – DOI 10.1109/ICIEAM60818.2024.10553897.

**ASSESSING THE FEASIBILITY OF USING CELL WALL DENSITY
CHRONOLOGIES IN DENDROCLIMATIC STUDIES**

Silkin P.P.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
ppsilk@rambler.ru

Chronologies of various parameters of xylem of woody plants tree-rings are widely used for paleoclimate reconstruction. In dendroclimatology, based on the use of the width of annual rings, the data of the density profile of annual rings, their histometric characteristics, data on the isotopic composition of annual rings, etc. are currently used. The use of new parameters of annual rings allows improving the reconstruction of climate in the past, so the search for new cellular parameters of the structure of annual rings that reflect various physiological processes occurring in a woody plant and, as a result, reflect the influence of various environmental factors is promising.

In this paper, the chronologies of a new cellular parameter - the index of cell wall density of larch annual rings - were studied. The cell wall density for each tracheid was measured using methods and software developed by the author earlier, using the data of the density profile of annual rings and chronologies of cellular parameters, such as the cross-sectional areas of the cell and its cell wall. The density profiles of annual rings were measured by X-ray densitometry (densitometer Dendro-2003, Switzerland). The chronologies of cellular parameters were measured by the author's software, the images of annual rings were obtained using a computerized transmitted light microscope AxioImager.D1 (Carl Zeiss, Germany). For all measured annual rings, an inverse nonlinear relationship was obtained between the density of the cell wall and its thickness, which was approximated by a nonlinear polynomial, with the help of which the theoretical value of the cell wall for its given thickness was calculated. The index of cell wall density was calculated as the ratio of the experimental value of the density of the cell wall to its theoretical value. In each sample, chronologies of the index of cell wall density were constructed for the zones of early and late wood, as well as for the transition zone. Analysis of the results of the correlation analysis showed that there is a significant positive relationship between the individual chronologies of the indices of cell wall density for all zones of the ring. This result indicates the presence of a common external factor that synchronizes the value of the cell wall density index in the studied trees growing in the same area, which indicates the prospects for using this cellular parameter for dendroclimatology tasks. An interesting and paradoxical result was also obtained when studying the relationship between the cell wall density indices of different ring zones. Despite the fact that the annual ring zones are formed in different periods of the vegetation season, have different cellular structure and functional purpose, the correlation coefficients between them approach one, which requires further study.

ON THE POSSIBILITY OF USING MODIFIED SILICON DIOXIDE OBTAINED FROM RAW MINERAL MATERIALS IN CHROMATOGRAPHY

Velyaev Yu.O.¹, Mayorov D.V.²

¹Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

²ICT KSC RAS, Apatity, Russia

velyaevyo@yandex.ru

The analysis of complex environmental systems consisting of a large number of different organic and inorganic objects is currently an urgent task facing analysts. The solution to this problem becomes impossible without the use of chromatographic research methods used not only at the sample preparation stage, but also directly in the analysis of a certain fraction of a real matrix system (Borodina, 2023). Chromatography, as, first of all, a method for separating components, allows for a qualitative and quantitative assessment of the system under study. The chromatographic separation of the components is based on the passage of the system components through a special column filled with highly porous and selective substances with respect to certain components of the studied matrix. Usually, high-purity amorphous silicas are used as such a filler, the surface of which is modified by special functional groups.

To date, fillers for chromatographic columns are obtained on the basis of reactive raw materials, however, the use of cheap raw mineral materials as a starting material for the synthesis of such products can significantly reduce the cost of such a filler. Such a raw material can be nepheline concentrate, which is produced as a by-product in the Murmansk region (Mayorov, 2023) on a large scale during the enrichment of apatite-nepheline ores and it is practically not used. On its basis, high-purity amorphous silicon dioxide with a developed specific surface area can be obtained (Mayorov, 2022), the value of which, depending on the synthesis conditions, can reach various values (Mayorov, 2022; Mayorov, 2023). The authors studied the possibility of modification of silica obtained from nepheline by various alkyl functional groups. This process is based on the reaction of polycondensation of surface hydroxyl groups of silica with molecules of various modifiers in an aprotic medium. As a result of the conducted research, experimental samples of modified silicas with a specific surface area of at least 370 m²/g were obtained, which corresponds to the current characteristics of fillers used to fill chromatographic columns used, among other things, in the instrument implementation of high-performance liquid chromatography.

References:

Borodina A. V., Velyaev Yu. O., Osokin A. R. Comprehensive methodological approach to determining lipids in clams // *Food Processing: Techniques and Technology*. – 2023. – № 53(4). – P. 662–672.

Mayorov D. V., Velyaev Yu. O. O vozmozhnosti ispol'zovaniya dioksida kremniya, poluchaemogo iz mineral'nogo syr'ya, v kachestve enterosorbenta [On the possibility of using silicon dioxide obtained from mineral raw materials as an enterosorbent] // *Himicheskaya tekhnologiya* [Chemical technology]. – 2023. – № 24(3). – P. 85–92.

Mayorov D., et al. Structural and surface properties of silicon dioxides obtained by extraction from sulfuric acid solutions of nepheline decomposition // *Materials Science Forum*. – 2022. – № 1052. – P. 116–121.

Mayorov D. V., Velyaev Yu. O. Strukturno-poverhnostnye i sorbcionnye svoystva dioksida kremniya, poluchaemogo iz nefelinsoderzhashchego syr'ya [Structural, surface and sorption properties of silicon dioxide obtained from nepheline-containing raw materials] // *Sorbcionnye i hromatograficheskie processy* [Sorption and chromatographic processes]. – 2022. – № 22(5). – P. 725–736.

Mayorov D. V., et al. Physicochemical, structural, and surface properties of silicon dioxide produced from mineral raw materials // *Inorganic Materials: Applied Research*. – 2023. – № 14(5-6). – P. 1263–1269.

COMPARISON OF THETA, CROSTON AND PROPHET ALGORITHMS FOR PREDICTION AND DETECTION OF ANOMALIES IN BIOLOGICAL EARLY WARNING SYSTEMS

Vyshkvarkova E., Grekov A., Mavrin A., Trusevich V.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
aveiro_7@mail.ru

Evaluation of water quality and accurate prediction of water pollution indicators are key components in water resource management and water pollution control. The use of biological early warning systems (BEWS), in which living organisms are used as biosensors, allows for a comprehensive assessment of the aquatic environment state and timely response in the event of an emergency.

In this work, we examine three machine learning algorithms (Theta, Croston and Prophet) to forecast bivalves activity data obtained from the BEWS developed by the authors. The initial data used was the valve opening value in mm of 16 mussels. As a measure for detecting anomalies in the data, the root mean squared error (RMSE) was used. The final set of variable parameters common to all models is as follows: averaging time (from 10 s to 30 min), number of prediction points (or interval) (from 1 to 6 or from one minute to hour), training sample size (from one to 5 days).

An algorithm for anomaly detection in bivalve activity data has been developed. Our results showed that for one of the anomalies, Prophet was the best method, and for the other two, the anomaly detection time did not differ between the methods. Comparison of methods in terms of computational speed showed the advantage of the Croston method (Grekov et al., 2024).

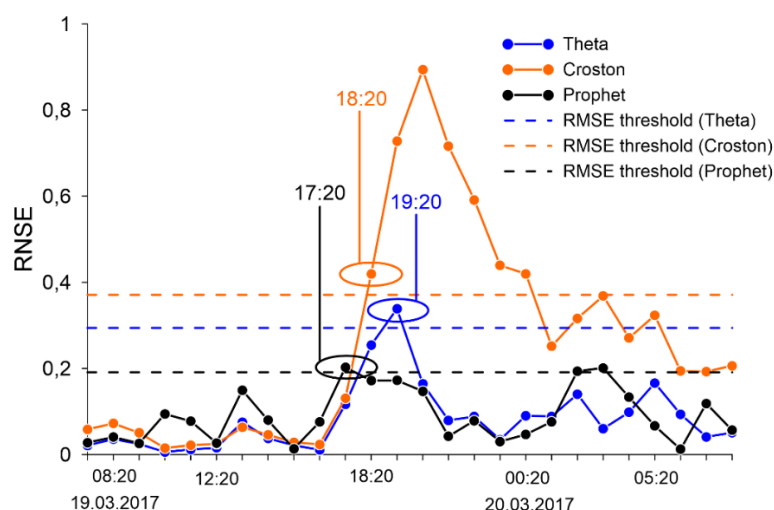


Figure 2 – Detection time of anomaly 1 (March 19, 2017) by three methods with 20-minute averaging and three prediction points

This anomaly detection algorithm can be effectively incorporated into the software of biological early warning systems, facilitating rapid responses to changes in the aquatic environment.

The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation № 23-29-00558, <https://rscf.ru/en/project/23-29-00558/>.

References:

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. – P. 343–356. – DOI 10.3390/forecast6020019.

SECTION 2

GLOBAL AND REGIONAL CHANGES IN CLIMATE AND ENVIRONMENT

**THE ROLE OF TRADE WINDS IN THE FORMATION
OF EL NIÑO AND LA NIÑA EVENTS**

Afanaseva V.V.¹, Voskresenskaya E.N.¹, Marchukova O.V.²

¹Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

²Tyumen State University, Tyumen, Russia

afanasyeva.vladlena@mail.ru

In the last 40 years, there has been a positive trend in pressure changes above sea level in the eastern Pacific Ocean, while in the Indonesian region the linear pressure trend is negative. According to the estimates of the IPCC report, this ensures the strengthening of the Pacific trade winds (Zhao, Allen, 2019). In turn, the strengthening of the trade winds should lead to a reduction in the number of El Niño events, and an increase in the number of La Niña events in the future.

The trade wind index (TWI) for the equatorial Pacific Ocean (5° S – 5° N) is calculated from the wind component U for an altitude with a pressure of 850 mb (which corresponds to an altitude of about 1,500 meters). These indexes are based on the NCEP NCAR reanalysis. The study analyzed 3 indices: western, TWI WP (5° S – 5° N, 135° E – 180° E), central, TWI CP (5° S – 5° N, 170° W – 140° W) and eastern, TWI EP (5° S – 5° N, 135° W – 120° W). Verification of 47 models of the CMIP6 project based on statistical analysis of the historical period 1979–2014. according to model calculations in comparison with the NCEP reanalysis, NCAR allowed us to select models for studying and evaluating changes in the dynamics of trade winds in the equatorial Pacific Ocean from 2024 to 2100 for scenarios SSP2 – 4.5 and SSP5 – 8.5. The criterion for selecting models was the coincidence of the trend sign in three trade wind indices in comparison with the NCEP reanalysis NCAR from 1979 to 2014. A total of 9 models were selected.

To assess changes in the dynamics of trade winds in the future, ensembles of models were created for two SSP scenarios. The ensemble for the SSP 2 – 4.5 experiment included 6 models (INM-CM4-8, NorESM2-MM, CMCC-ESM2, CanESM5-CanOE, CESM2, AWI-ESM-1-1- LR). For the SSP experiment 5 – 8.5, – 7 models (HadGEM3-GC31-LL, INM-CM4-8, NorESM2-MM, FGOALS-f3-L, CMCC-ESM2, CESM2, HadGEM3-GC31-MM).

To compare the results with the historical period 1979–2014, the series of future changes were estimated in the corresponding 36-year periods from 2024 to 2059 and from 2051 to 2086.

To assess the change in the number of El Niño and La Niña events of different types and the connection with trade winds, the obtained wind series were compared with the TPO series obtained in the work (Voskresenskaya et al., 2021).

Model calculations for the CMIP6 project for the period up to 2100 in the framework of the optimal economic development experiment SSP 2 – 4.5 showed a weakening of trade winds. This will generally result in an increase in the number of events or duration of El Niño and a reduction in the number of La Niña or a decrease in their duration.

Similar calculations in the framework of the experiment with the most unfavorable future changes of SSP 5 – 8.5 before 2100 showed a significant weakening of the trade winds and corresponding changes in the parameters of El Niño and La Niña.

References:

Zhao X., Allen R.J. Strengthening of the Walker Circulation in recent decades and the role of natural sea surface temperature variability // *Environmental Research Communications*. – 2019. – Vol. 1, No. 2. – 021003. – DOI: 10.1088/2515- 7620/ab0dab.

Voskresenskaya E. N., Marchukova O. V., Afanaseva V. V. Assessment of possible changes in the recurrence of El Niño and La Niña events by the end of the XXI century according to the models of the CMIP6 project // *Environmental control Systems*. – 2021. – Vol. 4(46). – P. 14–21.

**SYNOPTIC CONDITIONS FOR THE FORMATION OF EXTREME PRECIPITATION
IN THE SOUTH OF EASTERN SIBERIA AND MONGOLIA**

Antokhina O. Yu.¹, Antokhin P. N.^{1,2}, Gochakov A. V.^{1,3}, Zbirannik A. A.^{1,4}, Gazimov T. F.^{3,4}

¹V. E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

²Irkutsk State University, Faculty of Geography, Irkutsk, Russia

³Siberian Regional Hydrometeorological Research Institute, Novosibirsk, Russia

⁴Tomsk State University, Tomsk, Russia

Antokhina@iao.ru

Based on synoptic maps and ERA5 reanalysis data, the paper examines the key processes of atmospheric circulation associated with the formation of extreme precipitation in Eastern Siberia and Mongolia. It is shown that in the vast majority of cases, extreme precipitation is associated with the passage of atmospheric fronts and cyclones formed during the baroclinic phase of large-scale wave growth. The intensification of wave processes in the middle and upper troposphere leads to strong cyclonic deformations of the potential vorticity (PV) field, known as «wave breaking» (McIntyre, Palmer 1983; Krupchatnikov 2020). With further cyclonic tipping of the wave, blocking of the western transport over Eastern Siberia and the Far East may form or be maintained. Atmospheric blocking can contribute to the dipole redistribution of precipitation, and as a result, the occurrence of floods in the southern regions of Siberia and fires in the northern ones. Thus, there is a correlation between the processes associated with extreme precipitation and the conditions associated with the occurrence of wildfires in northern Siberia and the Far East. It is important to note that the occurrence of blocking anticyclones is most often noted after events of heavy precipitation, which is consistent with an increase in emissions from fires in recent decades (Antokhina et al., 2019).

The analysis of synoptic and PV maps showed that after the 2000s there was an increase in the frequency of cold air mass intrusion with more frequent processes of convergence of PV isolines of temperate latitudes and subtropics. This conclusion indicates a change in the wave processes accompanying the formation of extreme precipitation in Eastern Siberia and Mongolia. The change of wave processes is expressed in a change in pressure patterns and the meridional component of wind speed in the middle and upper troposphere respectively.

This research was funded by the Russian Science Foundation, grant number 23-27-00167 «Relationship between the formation of extreme precipitation in Southern Siberia and Rossby waves breaking and atmospheric blocking», <https://rscf.ru/project/23-27-00167/>.

References:

Antokhina O. et al. Effects of Rossby Waves Breaking and Atmospheric Blocking Formation on the Extreme Forest Fire and Floods in Eastern Siberia 2019 // *Fire*. 2023. – Vol. 6, № 3. – P. 122.

Krupchatnikov V. N., Borovko I. V. Rossby wave breaking and blocking events associated with some atmospheric circulation regimes in the Northern Hemisphere based on a climate system model (PlaSim-ICMMG-1.0) // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2020. – Vol. 611. – P. 012015.

McIntyre M. E., Palmer T. N. Breaking planetary waves in the stratosphere // *Nature*. – 1983. – Vol. 305, № 5935. – P. 593–600.

**VARIABILITY OF THE OCEAN HEAT BALANCE COMPONENTS
IN THE NORTH ATLANTIC REGION**

Bazyura E.A.^{1,2}, Polonsky A.B.²

¹Lomonosov Moscow State University Branch in Sevastopol, Sevastopol, Russia

²Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
eisal@mail.ru, apolonsky5@mail.ru

The aim of the work is to analyze long-term variability of ocean-atmosphere heat flux in the North Atlantic. The following monthly average data sets were used: turbulent sensible (H) and latent (LE) heat fluxes, shortwave (SW) and longwave (LW) radiation from the NCEP/NCAR reanalysis for 1948–2018 (Kalnay et al, 1996); the values of the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO), North Atlantic (NAO), East Atlantic (EAO), East Atlantic/West Russia (EA/WR) and Scandinavian Oscillation (SC) climate indexes for 1950–2018 were taken from the websites (Atlantic..., 2023; National..., 2022). Total turbulent heat fluxes H+LE, net radiation heat flux values R, ocean heat balance values B were estimated using NCEP data. The standard deviations and linear trends of the annual mean values (H+LE, R, B), and the level of trend significance were estimated. The linear trends were removed from the time series, and the resulting arrays of heat flux values were decomposed into empirical orthogonal functions (EOF). The contribution of the variance (%) of the first four EOFs to the total variability of H+LE, R, B was estimated. The correlation coefficients of the time coefficients of the first four EOFs with the AMO, NAO, EAO, (EA/WR) and SC indexes were calculated.

It was shown that in middle and high latitudes the trend of B is determined mainly by the long-term variability of H+LE, while in low latitudes, the contribution of both components of the external heat balance (H+LE and R) to the trends of B is comparable in magnitude. Areas of significant increase of heat flux from the ocean to the atmosphere are confined to the Gulf Stream area and the central part of the Northern Subtropical Gyre. Significant decrease heat flux from the ocean to the atmosphere trends were revealed at North Atlantic deep water mass formation region. In these areas, the contribution of dispersion due to linear trends to the total variability of B exceeds 30%, and at individual points can reach 60–65%. It is shown that AMO explains about 7% of the variability of the ocean external heat balance and total turbulent heat fluxes, 6% of the net radiation heat flux variability. NAO causes 7% of the variability of the radiation balance of the ocean surface, 11% of the variability of the total turbulent heat fluxes and 12% of the ocean external heat balance variability.

The work was made within the framework of the research contract «The influence of heat fluxes on changes in the heat content of the upper layer of the North Atlantic Ocean» No. 298-223/EP-23, the topic of state assignment No. FFMM-2024-0016 «Fundamental research of processes in the climate system that determine the spatio-temporal variability of the marine environment and adjacent territories in a wide range of scales» (state registration No. 124020100120-9).

References:

Atlantic Multidecadal Oscillation Index // NOAA Physical Sciences Laboratory: website. – URL: <https://psl.noaa.gov/data/timeseries/AMO/> (access date: 15.01.2023).

Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R. et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project // Bulletin of the American meteorological Society. – 1996. – Vol. 77, No. 3. – P. 437–471.

National Weather Service. Center for Weather and Climate Prediction // NOAA: website. – URL: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml> (access date: 07.06. 2022).

**THE RANGES SYSTEM FOR CALCULATING THE CLIMATIC REGION
OF DISTRIBUTION OF A CLIMATE-RELATED PHENOMENON**

Bogdanovich A. Yu.

Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia
bogda-anton@yandex.ru

Mathematical modeling of the climatic region of distribution of a climate-related phenomenon is an important tool for assessing the impacts of climate change. In such types of calculations, a part of the geographic area of stable existence of a phenomenon under known climate conditions and favorable environmental factors for this phenomenon is determined. The RANGES system (Свидетельство Роспатента № 2024668052) allows making such calculations for a wide class of climate-related phenomena. The results of calculations of the climatic region of distribution of the cotton bollworm and some other biological species (Bogdanovich et al., 2023a; Bogdanovich et al., 2023b), as well as cases of extreme events (using drought as an example (Bogdanovich et al., 2021) are discussed. Climate data for 1990–1999, 2030–2039 and 2050–2059 under different scenarios were used. For the territory of Russia, we used climate data calculated using the regional climate model of the Voeikov Main Geophysical Observatory. For global estimates, calculations were carried out using data from the climate model of the Marchuk Institute of Numerical Mathematics of the Russian Academy of Sciences.

References:

Bogdanovich A. Yu., Andreeva A. P., Dobrolyubov N. Yu., Krylenko S. V., Lipka O. N., Semenov S. M. Possible Expansion of the Climatic Range of the Mediterranean Fruit Fly Being a Dangerous Fruit Pest // Russian Meteorology and Hydrology. – 2023a. – Vol. 48, No. 1 – P. 72–78.

Bogdanovich A. Yu., Dobrolyubov N. Yu., Krylenko S. V., Baranchikov Yu. N., Lipka O. N., Semenov S. M. Climatic range of the gypsy moth in Russia, corresponding to the climates of the late 20th and 21st centuries // Fundamental and Applied Climatology. – 2023b. – Vol. 9, No. 1. – P. 65–88.

Bogdanovich A. Yu., Pavlova V. N., Rankova E. Ya., Semenov S. M. The impact of changes in aridity in Russia in the 21st century on the suitability of territories for growing grain crops // Fundamental and Applied Climatology. – 2021. – Vol. 7, No. 1. – P. 20–35.

Certificate of state registration of computer program No. 2024668052 Russian Federation. RANGES system: No. 2024666887: declared 19.07.2024: registered 01.08.2024 / Bogdanovich A. Yu., Semenov S. M., Dobrolyubov N. Yu.; copyright holder Federal State Budgetary Institution «Institute of Global Climate and Ecology named after Academician Yu. A. Izrael». – Registered in the Register of computer programs.

ARID LANDSCAPES CHANGES IN SOUTHERN SIBERIA IN THE 21ST CENTURY

Cheredko N.N.^{1,2}, Volkova M.A.², Kuzhevskaya I.V.²

¹Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IMCES SB RAS), Tomsk, Russia

²Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia
atnik3@rambler.ru

Landscapes of arid zones are most sensitive to the influence of external factors. The climate is changing. This changes the heat and moisture supply of various landscapes in different regions of the world. The document (IPCC, 2023) notes the advancement of landscapes to the north and the increase in aridization of arid territories.

However, not everything is so clear. There are opposite data in the scientific literature. Against the background of warming, an increase in moisture content and accumulation of biomass is noted in some areas of the steppes (Kurbatskaya et al., 2012). The goal of this work was to study such nonlinear climatogenic reactions of inland arid landscapes in southern Siberia (forest-steppe and steppe) for the period 2000–2023.

The territory of 50°N – 55°N and 60°E – 110°E was considered. Daily data on air temperature, soil temperature and precipitation from 32 meteorological stations were used (Russian..., 2024). The density of ground observations of the state of vegetation is known to be insufficient. Therefore, remote sensing data (EOSDIS..., 2024) were used – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) data.

The heat supply of the growing seasons of the considered territory was estimated by the sums of temperatures $\geq 5^{\circ}\text{C}$, the sums of temperatures $\geq 10^{\circ}\text{C}$. They significantly increased on average by 12–76°C/10 and 50–55°C/10 years, respectively.

For different areas of the territory changes in the moisture regime are multidirectional. The trends in moisture coefficients (Selyaninov hydrothermal coefficient, Budyko dryness index and Sapozhnikova moisture coefficient) are weakly expressed and statistically insignificant. On average, for 2010–2023, compared to the beginning of the warming period (1971–1980), a noticeable northward advance of the arid zone from the regions of Northern Kazakhstan to the south of Western Siberia (forest-steppe and steppe zones of the Ishim Plain) was noted, and, conversely, an expansion to the south, on the territory of the Republics of Khakassia and Tyva (low-mountain steppe, semi-desert basins, slope steppes and mountain forest-steppes), of the humid zone.

The time course of vegetation indices NDVI for the considered interval of years has an oscillatory character. The fluctuations were mainly with periods of about 7–9, 11, 22 years.

According to NDVI values, a tendency towards a decrease in biomass for the forest-steppe and steppe zones of the Ishim Plain was also noted. This corresponds to an increase in aridity here. Also, a positive NDVI trend was identified for the arid landscapes of Khakassia and Tuva, which corresponds to the increase in biomass, the so-called «greening of the steppes», noted by our colleagues in expeditions.

Taking into account the significant increase in heat supply in the region, we can conclude that the multidirectional trends in biomass growth in intracontinental arid landscapes are «regulated» by fluctuations in humidity.

References:

EOSDIS Worldview: website. – URL: <https://worldview.earthdata.nasa.gov> (access date: 24.01.2024).

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. – Geneva, Switzerland: IPCC, 2023. – 184 p. – DOI 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

Kurbatskaya S. S., Prudnikova T. N., Mongush Ch. O., Kurbatskaya S. G. Analiz izmeneniy pastbishchnykh ugodiy Tuvy i ikh produktivnosti s uchetom klimaticheskikh osobennostey // Ekosistemy Tsentralnoy Azii. – Kyzyl: RIO Tuvinskogo gos. un-ta, 2012. – P. 3–8.

Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center: website. – URL: <http://meteo.ru/> (access date: 24.01.24).

ON CHANGES IN THE ANNUAL COURSE OF THE MONTHLY AVERAGE NEAR-SURFACE AIR TEMPERATURE

Dobrolyubov N.Yu., Semenov S.M.

Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia
Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
dobronik@yandex.ru

Trends estimates of deviations of the monthly average temperature from the yearly average value for the climatic period 1981–2010 have been obtained. Calculations were performed globally in the nodes of the $1^\circ \times 1^\circ$ spatial grid based on data from the NOAA-CIRES-DOE 20th Century Reanalysis V3 reanalysis. Locations where trends are statistically significant have been identified.

An additive statistical model was used for the study, describing both directional and random changes in the yearly average temperature and deviations of the monthly average temperatures from the yearly average. The value of the monthly average temperature $X_{i,j}$ is represented as:

$$X_{i,j} = (a + \alpha t_i) + \xi_i + (b_j + \beta_j t_i) + \eta_{i,j} \quad ,$$

where i is the ordinal number of the year t_i in the time interval under consideration; j is the ordinal number of the month in the calendar year; $(a + \alpha t_i)$ is the mathematical expectation of the yearly average temperature in the year t_i ; ξ_i is the realization of a centered random variable modeling its non-directional variability; $(b_j + \beta_j t_i)$ is the mathematical expectation of a systematic deviation in the year t_i of the monthly average temperature of the j -th month ($1 \leq j \leq J = 12$) from the mathematical expectation yearly average value (yearly course parameter); η_{ij} is the implementation of a centered random variable η_j , modeling its nondirectional variability. The parameter α describes the trend of the yearly average temperature, and the parameters β_j are the trends of the yearly course parameters, the study of which is the purpose of the work.

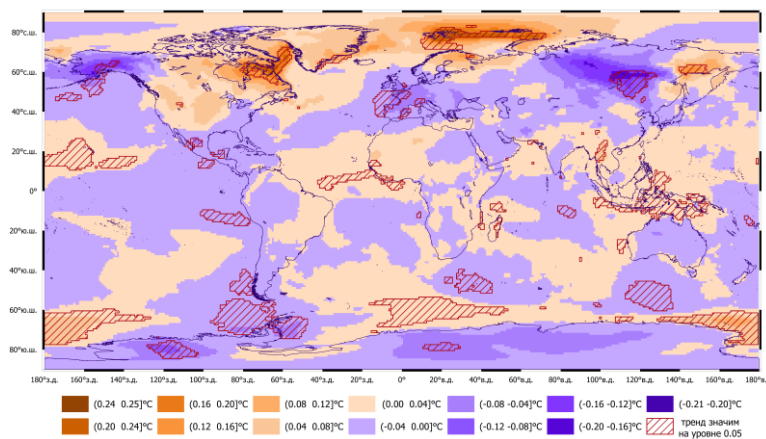


Figure 1 – Spatial distribution of parameter β_{12} (December); the areas where the trend is statistically significant are marked with hatching

ON THE APPLICATION OF HASSELMANN THEORY TO ASSESS THE UNCERTAINTIES OF THE GLOBAL CLIMATE FORECASTS

Dobrovolski S.G.¹, Yushkov V.P.^{1,2}, Solomonova I.V.¹

¹FSBIS Water Problems Institute Russian Academy of Sciences (WPI RAS), Moscow, Russia

²Moscow State University M.V. Lomonosov, Faculty of Physics, Moscow, Russia
sgdo@bk.ru

Annual average global temperature time series, from 1850 through 2014, obtained on 35 models of the “historical” part of the CMIP-6 project, were analyzed taking into account the Hasselmann stochastic climate models theory (Hasselmann, 1976; Dobrovolski, 2000). It was shown that, in accordance with this theory, for almost all models time series as a whole, as well as their individual segments, up to the last decades, were satisfactorily described by the discrete Wiener process model. Generated on CMIP6 models, changes in global temperatures over the past 4-5 decades are described by the sum of the discrete Wiener process and the statistically significant deterministic trend, the latter being obviously of anthropogenic origin. In accordance with the model of the discrete Wiener process and using the value of its main parameter, the variance of annual global temperature increments, a forecast of temperatures through the year 2100 was proposed. Fig. 1 shows the sum of this forecast and the IPCC forecast for the “middle” greenhouse emissions scenario.

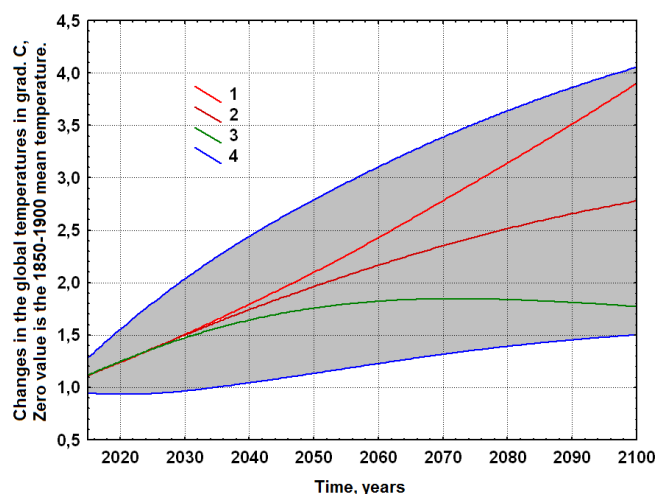


Figure 1 – IPCC global temperature projections (AR6..., 2023): «maximum» (1), «medium» (2), «minimum» (3). The standard deviations from the «medium» IPCC forecast, calculated by the authors on the basis of analyzing the CMIP-6 results and taking into account the theory of K. Hasselmann – (4)

Fig. 1 demonstrates that uncertainties of our forecast (resulting from the natural climate changes, described by the Hasselmann theory) largely exceed uncertainties because of the differences between the greenhouse gases emissions' scenarios and therefore must be taken into consideration in the future investigations.

This study was carried out under the framework of topic No. FMWZ-2022-0001 of the State assignment of the Water Problems Institute Russian Academy of Sciences (WPI RAS).

References:

Dobrovolski S.G. Stochastic climate theory. Models and applications. – Heidelberg et al.: Springer, 2000. – 282 p.

Hasselmann K. Stochastic climate models. Part I. Theory // Tellus. – 1976. – Vol. 28. – P. 481–497.

AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023 // IPCC: website. – URL: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle> (access date: 24.04.2024).

ANALYSIS OF THE QUALITY OF THE MESO-SCALE WRF MODEL TAKEN INTO ACCOUNT OF VARIOUS PARAMETERIZATION SCHEMES

Egorkin A.A., Zhuravsky V.Yu.

Institute of Natural-Technical Systems, Sevastopol, Russia

egorkin1974@yandex.ru

The purpose of this work was a retrospective analysis of the WRF model (Skamarock et al., 2008) with various schemes for microphysics of the underlying surface (Chen, Dudhia, 2001) and the influence of these parameterization schemes on the results of modeling the main climatic parameters.

The ERA-5 reanalysis for 2023 was used as input data. The model was configured with a spatial resolution of 30x30 km. Station data from RP5 for the city of Sevastopol and the Khersones lighthouse were used as data for comparison. The results of the statistical comparison between the station temperature observation data and the WRF simulation result data are presented in Table 1.

Table 1 – Statistical comparison between RP5 station data and WRF temperature simulation result considering different microphysics schemes

Sevastopol					Khersones lighthouse			
Parameters of planetary boundary layer physics	mae	rmse	r2	correl	mae	rmse	r2	correl
Yonsei University Scheme (YSU)	1,3	1,68	0,95	0,98	1,23	1,64	0,95	0,98
Mellor–Yamada–Janjic Scheme (MYJ)	1,43	1,82	0,95	0,98	1,51	1,97	0,93	0,97
NCEP Global Forecast System Scheme	1,56	2,02	0,93	0,98	1,23	1,63	0,95	0,98
Quasi–normal Scale Elimination (QNSE) Scheme	1,33	1,68	0,95	0,98	1,6	2,1	0,92	0,96
Mellor–Yamada Nakanishi Niino (MYNN) Level 2.5	1,39	1,78	0,95	0,98	1,23	1,64	0,95	0,98
Mellor–Yamada Nakanishi Niino (MYNN) Level 2.5 and Level 3	1,36	1,75	0,95	0,98	1,23	1,64	0,95	0,98
Asymmetric Convection Model 2 Scheme (ACM2)	1,66	2,14	0,92	0,97	1,22	1,61	0,95	0,98
Bougeault–Lacarrere Scheme (BouLac)	1,35	1,76	0,95	0,98	1,23	1,64	0,95	0,98

Referemces:

Chen F., Dudhia J. Coupling an Advanced Land Surface-Hydrology Model with the Weather Research and Forecasting Model // Geophysical Research Letters. – 2001. – Vol. 28(1). – P. 251–254.

Skamarock W. C., Klemp J. B., Dudhia J., Gill D. O., Barker D.M., Duda M. G., Huang X.-Y., Wang W., Powers J. G. A Description of the Advanced Research WRF Version 3. – University Corporation for Atmospheric Research, 2008. – 113 p. – DOI 10.5065/D68S4MVH.

**EXTREME STORMS IN THE AZOV-BLACK SEA REGION IN THE CONTEXT OF
MULTI-YEAR VARIABILITY OF WIND-WAVE ANOMALIES IN THE REGION**

Evstigneev V.P.¹, Naumova V.A.², Vorontsov A.A.³

¹Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

²Institute of natural and technical systems, Sevastopol, Russia

³RIHMI-WDC, Obninsk, Russia

vald_e@rambler.ru

Storms at sea are the main factor negatively impacting coastal infrastructure leading to disruption of port activities, shoreline erosion, and destruction of coastal hydraulic structures. The study of storms is critically important for developing ways to mitigate their effects, and researching the patterns of long-term variability in wave characteristics allows for the adaptation of development plans for coastal regions taking into account observed climate trends.

Over the past few decades, the Black Sea region has experienced several intense storms that have caused significant economic and environmental damage. The most recent such event occurred on November 25–27, 2023 resulting in substantial destruction along the southern coast of Crimea and the Caucasus coast of the Black Sea. Earlier studies (Polosky et al., 2014) identified multi-decadal variability in wind-wave anomalies in the northern part of the Black Sea, which is a manifestation of large-scale processes in the ocean-atmosphere system. In this study, a revision of previous research was conducted based on a longer observation period 1954–2023, including data from the Caucasus coast. It was found that the storm in November 2023 was not among the most extreme storms in the region. An analysis was carried out on the wave characteristics and synoptic situation of the 10 most extreme storms (with the criterion for extremity being wave heights exceeding 6 meters) over a 70-year observation period. Recommendations were provided for taking into account the nonstationarity of the wind-wave climate in the region when conducting climatological support for engineering surveys in coastal areas.

References:

Polonsky A., Evstigneev V., Naumova V., Voskresenskaya E. Low-frequency variability of storms in the northern Black Sea and associated processes in the ocean-atmosphere system // Reg. Environ. Change. –2014. – Vol.14, No.5. – P.1861–1871. – DOI 10.1007/s10113-013-0546-z.

**INVESTIGATION OF THE VORTEX FIELD GENERATED
BY THE JET ZONAL WIND CURRENT IN THE OCEAN**

Fedotov A.B.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
fedotov57@mail.ru

Within the framework of a numerical model of a two-layer ocean with a depth of layers corresponding to average oceanic conditions, a study of the wind evolution of a large-scale circulation was carried out. In general terms, the structure of oceanic circulation in this nonlinear quasi-geostrophic model is represented by an intense jet zonal flow surrounded by a vortex field. Previous studies focused on the analysis of the physical features and characteristics of an intense jet stream, while the vortex field was interpreted as a background of low intensity. The source generating vortices of cyclonic and anticyclonic vorticity is the baroclinic instability of the main jet stream. An analysis of the spatial distribution of the energy density of the entire flow structure shows that the kinetic energy of the currents in the upper and lower layers is predominantly concentrated in the jet stream, despite the fact that the available potential energy is relatively evenly distributed in the area occupied by the vortex field. To analyze the vortex field, a number of numerical experiments were carried out at different intensity of wind action, and the average number of vortices surrounding the jet stream was estimated. To this end, it was proposed to filter the long-wave harmonics contributing to the structure of the jet stream, separating them from the relatively small-scale harmonics forming the vortex field. By conducting test calculations, the filtration scale was estimated, it was selected in the size of a double Rossby scale. Numerical experiments were carried out for five values of the intensity of wind action on the ocean surface, calculations were performed for a model time equivalent to 150 years of real time.

Two assumptions were used to analyze the average number of vortices forming a vortex field surrounding the jet stream: vortices forming a vortex field have approximately the same size equal to the Rossby scale; the ratio of the space of the calculated area to the space occupied by vortices is estimated as a normalized average fourth degree of relative vorticity by analogy with kurtosis, a statistical characteristic of the localization of non-Gaussian fields.

The results of the numerical experiments showed the following: with an increase in the intensity of wind action on the ocean surface, the average number of vortices forming a vortex field increases, which seems to be quite an expected effect. In addition, the analysis of periodograms of the time courses of the kinetic energy of currents in the upper layer and the number of vortices showed that at relatively small values of wind intensity, the scale of variability in the number of vortices is associated with the scale of fluctuations in the kinetic energy of the upper layer. With an increase in the intensity of wind action, long-period fluctuations in kinetic energy remain unchanged, while for the number of vortices, the intensity of long-period fluctuations decreases in comparison with relatively high-frequency fluctuations. One explanation for this fact may be the fact that for small values of wind intensity and, consequently, the intensity of the jet stream, the process of baroclinic instability significantly depends on the energy of the jet stream and its intensity varies accordingly, while for large wind amplitudes, baroclinic instability has a different regime and intense vortices are generated constantly and the rate of their generation it is weakly related to the energy of the jet stream.

STUDY OF WATER AND AIR TEMPERATURE IN THE SOUTHERN REGIONS OF THE FAR EAST MARINE RESERVE (PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN)

Gayko L.A.^{1,2}

¹V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

²Dalrybvtuz, Vladivostok, Russia

gayko@yandex.ru

The Far Eastern Marine Reserve in the Peter the Great Bay of the Sea of Japan was created on March 24, 1978. Four districts with different protection regimes are assigned to the reserve: South, West, East and North (Fig. 1). Interannual variability of water and air temperature in the southern part of the Far Eastern Marine Reserve (I and IV sections) was considered according to the data of observations at the coastal of station Possyet for the period 1931–2022.



Figure 1 – Scheme of the Far Eastern Marine Reserve and its areas:

I – South; II – Eastern; III – Northern; IV – Western, and \triangle the coastal station Possyet

The climate of Primorsky Krai belongs to the monsoon type of temperate climate. The seasons of the year are well expressed. The study of the features of the water and air temperature of the study area was carried out: 1) using regression analysis, 2) by comparing the temperature with the standard - the climatic norm (temperature averaged over 30 years).

Graphs of the time course of water and air temperatures were built. Regression analysis over the observation period at the coastal station Possyet revealed a linear trend for both parameters with a 95% confidence probability. At the same time, the rate of increase in the average annual temperature of water and air was 0,10° and 0,20°C/10 years, respectively.

Further, three 30-year climatic norms were calculated for water and air temperature according to average annual values: I (average for the period 1931–1960), II (1961–1990) and III (1991–2020) (Table 1). The value of the III-th norm for both water and air has increased compared to the I-th.

Table 1 – Annual average water and air temperature norm for 1931–1960 (I), 1961–1990 (II) and 1991–2020 (III)

Coastal station	Water temperature, °C			Air temperature, °C		
	I	II	III	I	II	III
Possyet	8,9	8,9	9,5	6,0	6,5	6,8

Thus, it can be noted that in the southern part of the Far Eastern Marine Reserve during the period under review there was an increase in the temperature background, which is confirmed by both the positive linear trend identified during the temperature and air, and the temperature increase from the I-st climatic norm to the III-rd.

**ASSESSMENT OF THE ACCURACY OF CMEMS BS-BIOGEOCHEMISTRY
REANALYSIS DATA IN REPRODUCING pH TRENDS IN THE BLACK SEA**

Grebneva E.A., Polonsky A.B.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

Lenagrebneva12@gmail.com

The pH parameter is a key indicator of the marine ecosystem, as it has a significant impact on biological processes and chemical reactions in the aquatic environment. In recent years, research on pH has focused on global long-term trends, particularly in the upper ocean. This is due to increasing ocean acidity. The absorption of excess carbon dioxide (CO₂) from the atmosphere leads to a decrease in the pH (acidification) of ocean waters, which is a serious threat to marine ecosystems. The Black Sea, like other seas and oceans, is subject to anthropogenic impacts associated with increasing CO₂ content in the atmosphere. The lack of available regional observation data is a serious problem for assessing significant climate trends in pH in the Black Sea waters. In this regard, an additional source of pH data was used. These are data from the CMEMS BS-Biogeochemistry reanalysis (Grégoire, Vandenbulcke, 2020). In it, the pH value is a calculated variable obtained using the biogeochemical block of the BAMHBI model (Grégoire, Soetaert, 2010; Capet et al., 2016). To assess the accuracy of the model data on the pH value and their applicability for further analysis of pH trends, these data were verified using the results of direct pH measurements obtained during expeditionary studies in the Black Sea in 2019–2020.

The work uses data from expeditions carried out in different seasons of the year. The period of the first expedition was from April 18 to May 13, 2019, the second - from December 06 to December 30, 2019, and the third - from September 15 to October 10, 2020. A comparison of average daily pH values was carried out in individual nodes of a regular grid, the consistency of the spatial structure of the hydrogen index fields constructed from different types of data was analyzed, and a correlation analysis was performed.

It is shown that the spatiotemporal variability of average daily pH values estimated from experimental and calculated data demonstrates a high degree of consistency. The corresponding correlation coefficients vary in different months from 0,75 to 0,91. When analyzing the difference in average daily pH values at the nodes of a regular grid calculated from two types of data, a significant overestimation of the measured pH values was found in the period from April 18 to 28, 2019. The probable cause of the identified systematic error is a methodological error made in the process of measuring the pH value.

References:

Grégoire M., Vandenbulcke L., Capet A. Black Sea Biogeochemical Reanalysis (CMEMS BS-Biogeochemistry) (Version 1) [Data set]. Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS). – 2020. – DOI 10.25423/CMCC/BLKSEA_REANALYSIS_BIO_007_005_BAMHBI (access date: 13.01.2024).

Grégoire M., Soetaert K. Carbon, nitrogen, oxygen and sulfide budgets in the Black Sea: A biogeochemical model of the whole water column coupling the oxic and anoxic parts // *Ecological Modelling*. – 2010. – Vol. 221, No. 19. – P. 2287–2301.

Capet A. et al. Integrating sediment biogeochemistry into 3D oceanic models: A study of benthic-pelagic coupling in the Black Sea // *Ocean Modelling*. – 2016. – Vol. 101. – P. 83–100.

ASSESSMENT OF CLIMATIC VARIABILITY OF AIR TEMPERATURE IN CRIMEA

Kapustin A.V., Kuznetsov A.D., Seroukhova O.S.

Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

kaps4000@mail.ru

Based on the algorithm for searching for bifurcation points in time series of average annual surface air temperature, the trend of its change for the period 1971–2023 in two cities of Crimea: Simferopol and Yalta was analyzed. The obtained results are compared with similar data for Kerch. Application of the algorithm to time series of average annual temperature values made it possible to detect moments of change in the rate of temperature growth.

To assess the trend of change in the average annual air temperature in Crimea (Simferopol and Yalta) and in the city of Kerch for the period 1971–2023, polynomial time trends of different degrees can be used: from 1 to 3 degrees.

When using first-degree polynomials as a time trend, it shows approximately the same rate of temperature increase. However, using third-degree polynomials shows that the behavior of the temperature differs significantly in different parts of the time series: since about 1993, there has been a noticeable increase in the rate of increase in the average annual air temperature. This feature of the temporal variability of the average annual air temperature indicates the need for a more detailed study. This will be done further using the methodology described in the works below (Voskanyan, 2021; Kuznetsov, 2019; Kuznetsov, 2019).

The algorithm used is based on determining the bifurcation point position by comparing adjacent time series segments with each other and their mathematical model. Polynomials of different degrees (starting with zero) can be used as such models. With this method, each degree of the polynomial determines the geometric shape of the time series segments from one bifurcation point to another. In this paper, polynomials from the 1st to the 3rd degree are used.

Analyzing the obtained results, it can be stated that the change in the nature of warming in both cases occurs in 1984. However, if the rate of increase in the average annual temperature in Yalta has remained virtually unchanged, then for Simferopol and Kerch it has become noticeably higher after 1984. It is interesting that the algorithm found the moment of change in trends in 1984, which is close to 1979 – the moment of the beginning of warming, which developed almost throughout the entire northern hemisphere (Malinin, 2018).

References:

Kuznetsov A. D., Seroukhova O. S., Simakina T. E. Influence of metrics on the determination of bifurcation points in time series of meteorological quantities // Hydrometeorology and Ecology (Scientific Notes of the Russian State Hydrometeorological University). – St. Petersburg: Publishing House of the Russian State Hydrometeorological University, 2019. – No. 59. – P. 28–42.

Kuznetsov A. D., Saenko A. G., Seroukhova O. S., Simakina T. E. Algorithms for searching for the moment of trend change in time series of meteorological quantities // Bulletin of Tver State University. Series «Applied Mathematics». – 2019. – No. 3. – P. 74–89.

Malinin, V. N. On the causes of the first warming of the Arctic in the twentieth century / V. N. Malinin, P. A. Vainovsky // Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University. – 2018. – No. 53. – P. 34–55.

Voskanyan K. L., Ivanova T. I., Kuznetsov A. D., Nikitina V. S., Seroukhova O. S., Simakina T. E. Assessment of climate stability in the northern part of the European territory of the Russian Federation // Proceedings of the international scientific and practical conference «Arctic Days in St. Petersburg-2021: International Cooperation in the Era of Climate Change», St. Petersburg, November 25–26, 2021.

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE POLAR BEAR POPULATION ON WRANGEL ISLAND

Lazareva A.I, Marchukova O.V.

Tyumen State University, Tyumen, Russia

Stud0000277410@study.utmn.ru

Global warming is one of the most serious environmental problems of our time, the effects of which are observed in all corners of the planet, including the Arctic, where the polar bear lives. Wrangel Island, located in the Arctic Ocean, is an important habitat for this species. Global warming is a complex phenomenon that has a huge impact on the lives of animals. Understanding how climate change affects different species allows us to develop strategies for preserving biodiversity.

Wrangel Island, like the entire Arctic, is an indicator of global climate change. It is famous for its unique biodiversity, being a refuge for rare species of plants and animals. It is a unique example of an Arctic ecosystem, the life of which is closely linked to the climate and natural cycles. Due to the increase in temperature on the planet, glaciers are shrinking, which leads to a rise in sea levels and affects the entire ecosystem of the island. The aim of this work is to study the impact of climate change on the polar bear population over the past three decades (from 2008 to 2023) on Wrangel Island.

During the study, an annual database of polar bear occurrence in the study area for the period from 2008 to 2023 was formed using sources from the Chronicles of Nature. Linear trends in annual variability of air temperature and the number of polar bears have positive values. On average, the air temperature increases by 0,07 °C each year, and the annual increase in bears averages 6 individuals per year (Fig. 1). According to the results of the correlation analysis, it was revealed that there is a significant noticeable positive relationship between the increase in air temperature and the number of polar bears ($r=0,55$). Based on this, it was concluded that due to the reduction in the ice area, polar bears began to land on Wrangel Island more often.

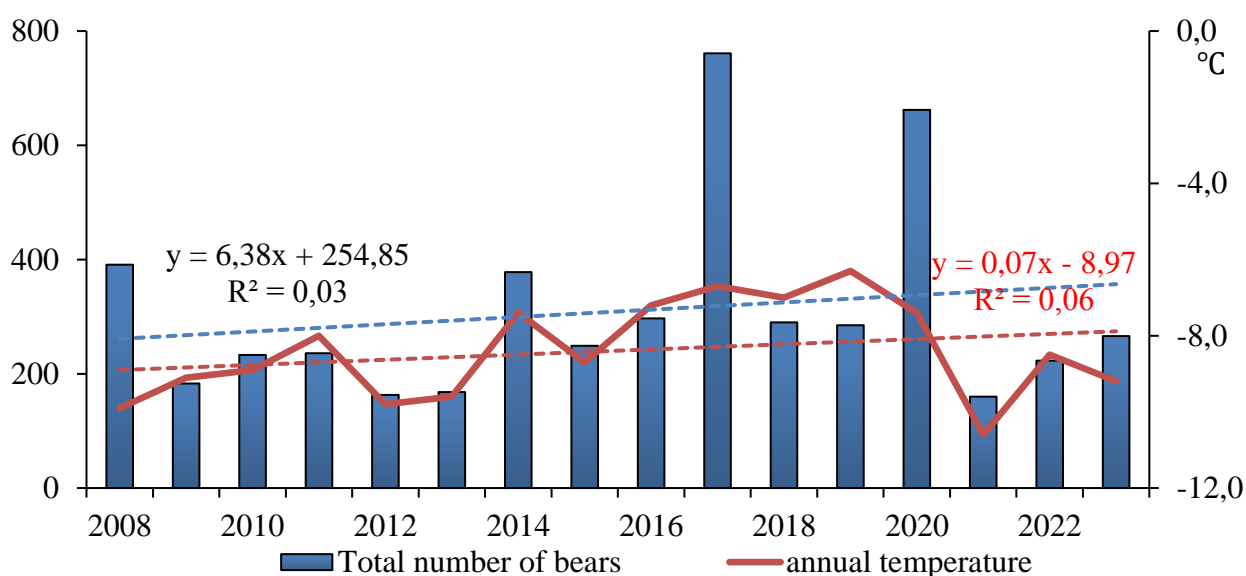


Figure 1 – Annual variability of air temperature (red line), polar bear numbers (blue bars) and their linear trends from 2008 to 2023 on Wrangel Island

FORECASTING THE EL NINO AND LA NINA EVENTS USING NEURAL NETWORK MODELING AND COMPARING THE RESULTS WITH GLOBAL EXPERIENCE

Lubkov A.S., Voskresenskaya E.N.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
andrey-ls2015@yandex.ru

El Niño and La Niña are the most important global climatic events that occur on an interannual scale in the ocean-atmosphere system in the equatorial region of the Pacific Ocean. These events cause catastrophic climate anomalies and environmental anomalies in different regions of the world, leading to droughts, floods and fires. They also cause significant social and economic problems. El Niño and La Niña are part of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) climate phenomenon.

Modern dynamic and statistical models used by global climate centers to predict ENSO are limited by a spring predictability barrier, and have an effective lead time of 6–12 months. Modern dynamic and statistical models used by numerous world climate centers to forecast the El Niño Southern Oscillation (ENSO) as part of the World Meteorological Organization's projects are limited by a spring threshold of predictability. Their effective lead time is between 6 and 12 months. At the same time, the refinement of ENSO event types is limited several months.

The possibility of using deep learning, which was made possible by the idea of using CMIP5 and CMIP6 climate modeling data, proposed in (Ham et al., 2019), has generated a great deal of interest among scientists. The capabilities of deep learning models were significantly better than those of hydrodynamic and statistical models, but this approach also has several drawbacks. First, the use of CMIP5/6 data for training potentially limits the modeling capabilities to a certain accuracy limit that cannot be exceeded without replacing the input data from climate models with operational data. Second, all neural network models considered use ocean heat content up to a depth of 300 meters as an input parameter. Due to the update time of ocean reanalysis of 1-2 months, forecasts will always be delayed by this period.

In the study (Lubkov et al., 2023) we proposed using a model based on artificial neural networks. The predictors of this model are climate indices derived from NCEP/NCAR atmospheric reanalysis data sets and COBESST2 ocean surface temperature reconstructions. Our signature method involves jointly using neural networks with large data sets and their preliminary processing. The databases used in this study are updated at a frequency of 2-3 days, making the forecast provided by this model timely.

In this paper, we present a comparative analysis of our model (Lubkov et al., 2023) against modern dynamic and statistical forecasting models. Our model demonstrates minimal sensitivity to the spring predictability threshold, allowing us to achieve an effective forecast horizon of 22 months. This exceeds the capabilities of neural network models based on deep learning techniques by 4 months and the capabilities of dynamic and statistical models by 10–16 months.

The study was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Nuclear Technologies (state registration number 124013000609-2).

References:

Ham Y.-G., Kim J.-H., Luo J.-J. Deep learning for multi-year ENSO forecasts // *Nature*. – 2019. – Vol. 573. – P. 568–572. – DOI 10.1038/s41586-019-1559-7.

Lubkov A. S., Voskresenskaya E. N., Marchukova O. V. An innovative approach to long-term prediction of El Niño and La Niña using neural networks // *Fundamental and Applied Climatology*. – 2023. – Vol. 9, No. 4. – P. 432–466. – DOI 10.21513/2410-8758-2023-4-432-466.

IMPLEMENTATION OF A TRANSPORT MODEL FOR THE ESTIMATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM ROAD AND NON-ROAD TRANSPORT AT NATIONAL LEVEL

Lytov V.^{1,2}, Trofimenko Y.², Ginzburg V.¹, Yakubovich A.², Shelmakov S.², Deyano D.², Shashina E.², Zelenova M.¹, Zainulin S.¹

¹Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia

²Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, Moscow, Russia
vladislav_lytoff@igce.ru

The task of developing a «Transport model» for estimating greenhouse gas (GHG) emissions using the bottom-up approach (Tier 3 method according to IPCC, 2006) at the national level was carried out within the VIP GZ project³. The estimation of GHG emissions under Tier 3 requires detailed information on the structure of the Russian Federation's automotive and non-road fleet for a number of parameters, such as environmental classes (standards), types of fuel consumed, age, specific fuel consumption rates, annual mileage (engine hours), etc., in accordance with national operating conditions.

Most of these parameters were previously included in the National Inventory Report (NIR) by default or on the basis of expert estimates. The databases of Rosstat, GIBDD of the Ministry of Interior of Russia, Ministry of Transport of Russia, Avtosta do not contain generalised and systematised detailed information for estimation of GHG emissions by Tier 3 for the necessary period of GHG emissions – 1990–2022.

It is proved that one of the Machine Learning methods (multiple linear regression method) can be used to restore statistical information (initial data) in some years in the period 1990–2022, as well as to analyse the reliability and uncertainty of the final GHG values by road and non-road transport in the considered period.

The developed methodology revealed stable correlations with the indicators used for the estimation of GHG and precursor gas emissions from road and non-road transport. Quality indicators of the obtained multiple linear regression equations (coefficient of determination, standard error, level of significance of the regression model, average error within and outside the limits of the model construction, etc.) were evaluated.

The use of the «Transport Model» increases the transparency of GHG emission calculations in the NIR and contributes to a better understanding of the main factors influencing changes in emissions. An important result of this work is the clarification and additional verification of statistical data on fuel consumption by motor transport and non-road vehicles in some years according to the Fuel and Energy Balance of the Russian Federation (FEB).

The most significant deviations between the FEB data and the model estimates are for the years 2014 and 2015 for the consumption of diesel fuel by road transport (difference of –15,1% and –27,65%, respectively). For road construction vehicles, diesel consumption differs by –61,00% and 62,50% in 2016 and 2017 respectively.

According to the preliminary results, gross greenhouse gas emissions from non-road vehicles decreased from 56,67 million tonnes CO_{2-eq} in 1990 to 29,93 million tonnes CO_{2-eq} in 2010, i.e. by a factor of 1,9. In the next decade (up to 2020), the values of reduced greenhouse gas emissions are in the range of 22,9 to 27,1 million tonnes CO_{2-eq}. The dynamics of emissions of the main greenhouse gases from motor transport is roughly the same as the dynamics of fuel consumption – a decrease from 165 million tonnes to 75 million tonnes of CO_{2-eq} (1990–2000), an increase to 165 million tonnes (2015) and a decrease to 150 million tonnes of CO_{2-eq} in 2021.

³ According to the Order of the Government of the Russian Federation № 3240-r dated 29.10.2022 “On approval of the innovation project “Unified national system for monitoring of climatically active substances”, in the course of implementation of research work on the topic “Updating the distribution of the Russian vehicle fleet by fuel types and ecological classes, determining fuel consumption, weighted average mileage of vehicles of different classes for the fleet of the Russian Federation”

CYCLONIC ACTIVITY CHANGES IN THE BLACK SEA-MEDITERRANEAN REGION

Maslova V.N., Voskresenskaya E.N.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

veronika_maslova@mail.ru

Comprehensive study of the spatial and temporal patterns of changes in the anomalies of cyclonic activity of varying intensity in the Black Sea-Mediterranean region is carried out on the basis of calculations of the main parameters of cyclones, identified using geopotential height fields from the NCEP/NCAR reanalysis. As a result, quantitative estimates are presented and analyzed for the long-term changes and the interannual-multidecadal variability of intense cyclonic activity in the Black Sea-Mediterranean region. The schemes are presented for the spatial anomalies of cyclonic activity in the Black Sea-Mediterranean region associated with the change of phases of interannual-multidecadal climatic processes over the Atlantic-European sector. The responses are estimated for the frequency of intense cyclones in the Black Sea-Mediterranean region associated with eastern and central types of El Niño and La Niña events. A successful seasonal forecast of the average monthly frequency of intense cyclones has been made with a lead time of up to 6 months using a model of artificial neural networks, in which a set of indices of climatic signals is used as predictors. Regional estimates of changes in cyclonic activity in the middle and end of the XXI century have been obtained using an ensemble of CMIP6 models in scenarios with an average (SSP2-4.5) and the highest (SSP5-8.5) level of greenhouse gas emissions. The relationship of the position of deep cyclones with storm types in the northern part of the Black Sea is shown, quantitative estimates of the interannual-multidecadal climate variability of agricultural yields and the bioclimatic attractiveness of resorts in southern Russia are obtained.

**LIMATE AND ENVIRONMENTAL CHANGE
IN THE ZERAFSHAN RIVER BASIN (UZBEKISTAN)**

Mirzoev V.A., Gaidukova E.V.

Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russia
vagif1976@mail.ru

Climate change is one of the most serious threats to ecosystems and human activity in the modern world. Global warming and associated climate change have a significant impact on various regions, including specific river basins. This study analyzes climate and environmental changes in the Zeravshan River basin, which is located in Central Asia and is an important water resource for several countries in the region – Tajikistan, Uzbekistan and Afghanistan. Regional climate change in this area is significant for ecosystems and populations.

Let us consider the main consequences of climate change in the Zeravshan River basin.

- Melting of glaciers. Glaciers in the Zeravshan River basin, as in other parts of Central Asia, are experiencing significant melting. This affects the flow regime of glacier-fed rivers.

- Changes in precipitation patterns. The region is experiencing changes in seasonal precipitation, leading to an increase in the frequency of extreme droughts and floods. These changes have a negative impact on agriculture and water supply.

- Changes in temperature. Temperature changes affect the water balance and lead to changes in vegetation and a reduction in biodiversity in the region.

Climate change in the Zeravshan River basin has a direct impact on the resources and population of the region. Changes in the river flow regime affect water supply, agriculture and energy resources. Changes in precipitation and temperature affect crop yields and the sustainability of agricultural crops.

Climate change can exacerbate existing social and economic problems in the region, such as water scarcity and food security.

Global and regional climate change have significant impacts on the environment and resources, especially in sensitive regions such as the Zeravshan River basin. Understanding these changes and developing adaptation strategies are necessary to minimize negative consequences and ensure sustainable development of the region (Gaidukova, Mirzoev et al., 2024). Further research and monitoring of climate change will help in developing effective adaptation and mitigation measures.

References:

Gaidukova E., Mirzoev V., Lukas R., Victorova N. On the issue of forecasting the runoff of mountain rivers in Uzbekistan // Ensuring Sustainable Development in the Context of Agriculture, Energy, Ecology and Earth Science (ESDCA-IV-2024): IV International scientific and practical conference, Smolensk, March 11–14, 2024. E3S Web of Conferences. LES ULIS, 2024. – P. 3026. – DOI 10.1051/e3sconf/202451003026.

**REGIONAL CHANGES IN SURFACE AIR TEMPERATURE
(TRANS-BAIKAL TERRITORY)**

Noskova E.V., Vakhnina I.L.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the RAS,
Chita, Russia
elena-noskova-2011@mail.ru

One of the significant global challenges of the 21st century is climate warming, which has a considerable impact on the natural environment and affects many sectors of the economy. For the territory of Trans-Baikal Territory, the increase in average annual surface air temperatures for 1976–2022 was 1,8°C (0,37°C/10 years). During this period, the greatest temperature increase was observed in spring. When considering monthly averages, a significant increase was found for all months from February to September, with maximum values in March. For the analyzed period, three time inter-vals with different rates of air temperature increase can be identified (1976–1995, 1996–2010 and 2011–2022) (Noskova, Vakhnina, 2024a). The greatest increase (0,98°C/10 years) characterized 2011–2022, while for 1996–2010 the average annual air temperature across the region did not increase. Changes occurred unevenly across seasons and months for the identified intervals. On average, across the region over the past 47 years, there has been a significant increase in the duration of periods with air temperatures above 0, 5, 10, and 15°C, associated with earlier onset in spring. A later transition in autumn is significant for 5, 10, and 15°C (Noskova, Vakhnina, 2022; Noskova, Vakhnina, 2023). There is also an increase in the duration of the frost-free period. This is due to the fact that the last frosts are now observed earlier, and the first ones later. The number of days with air temperature above 10°C and the sum of these temperatures have increased (Noskova, Vakhnina, Rakhmanova, 2019). Warming has led to an increase in climate norms over 30-year periods ending in a year ending in zero (1971–2000, 1981–2010, 1991–2020 etc.), with average annual values for each subsequent period being 0,3–0,4°C higher, than in the previous one (Noskova, Vakhnina, 2024b).

References:

- Noskova E. V., Vakhnina I. L. Changes in the temperature regime in the Trans-Baikal Territory for 1976–2021 and its possible consequences for the regional economy // *Meteorology and Hydrology*. – 2024a. – No. 10. – P. 124–131. – DOI 10.52002/0130-2906-2024-10-124-131.
- Noskova E. V., Vakhnina I. L. Stable transitions of air temperature in the spring and autumn periods in Eastern Transbaikalia // *Geospheric research*. – 2022. – No. 3. – P. 148–161. – DOI 10.17223/25421379/24/10.
- Noskova E. V., Vakhnina I. L. Analysis of modern spatio-temporal changes in air temperature in the Trans-Baikal Territory // *Geographical Bulletin*. – 2023. – No. 1 (64). – P. 116–126. – DOI 10.17072 / 2079-7877-2023-1-116-126.
- Noskova E. V., Vakhnina I. L., Rakhmanova N. V. Sums of active air temperatures (above 10°C) in the Trans-Baikal Territory // *Advances in modern natural science*. – 2019. – No. 11. – P. 148–153.
- Noskova E. V., Vakhnina I. L. Analysis of climatic norms in the Trans-Baikal Territory // *Bulletin of the Irkutsk State University. Series: Earth Sciences*. – 2024b. – Vol. 47. – P. 31–42. – DOI 10.26516/2073-3402.2024.47.31.

ASSESSMENT OF ARIDITY CONDITIONS IN THE RIGHT BANK DISTRICTS OF THE SARATOV REGION

Ormeli E.I., Pereyagina Yu.M.

Saratov State University, Saratov, Russia

ulia2755@gmail.com

The Saratov region is one of the largest agricultural regions of Russia, however, being in a zone of insufficient moisture and risky farming, constant monitoring of trends in hydrothermal conditions is necessary. One of the main negative factors affecting agricultural production in the region is the annual recurrence of droughts of varying intensity. The assessment of the degree of aridity of the Right Bank of the Saratov Region is based on archival meteorological data (Archive of average monthly) of monthly resolution (air temperature, precipitation amount, saturation deficit) at five meteorological stations: m/s Khvalynsk, m/s Balashov, m/s Saratov, m/s Splavnuukha, m/s Petrovsk for the summer from 2011 to 2022. For quantitative monitoring of the degree of moisture in the territory, the hydrothermal coefficient of G.T. Selyaninov and the index of the moisture coefficient of D. I. Shashko were calculated. In the conditions of regional climate warming, an increase in the duration of the summer season is observed due to the early transition of the average daily air temperature through 10°C in the spring and its later transition in the fall (Pryakhina, 2018). In the west and northwest of the region (Balashov, Petrovsk), the duration of the summer season was 162 days, in the central part (Saratov, Splavnuukha) and in the north (Khvalynsk) – 173 days. On average, in the summer months, the air temperature increased by 0.5-1.0 °C, and the amount of precipitation decreased by 10–40 mm. Table 1 presents frequency of droughts at selected stations of the Right Bank region.

Table 1 – Recurrence of atmospheric droughts in the territory of the Right Bank of the Saratov Region

Station	Recurrence of droughts of the hydrothermal coefficient				
	Very severe drought class 1	Severe drought class 2	Average drought class 3	Mild drought class 4	No drought class 5
Balashov	-	-	1	4	7
Khvalynsk	-	1	4	1	6
Saratov	-	-	4	4	4
Petrovsk	-	-	1	2	9
Splavnuha	-	3	2	2	5

In Balashov and Petrovsk, mild-intensity droughts prevail, and in 70% of cases, they are absent. In the north of the region (Khvalynsk municipality) and in the central part of the region (Saratov municipality), the frequency of average-intensity droughts increases to 50%. A severe drought was observed in Khvalynsk according to 2015 data, and three cases of class 2 droughts were also identified according to Splavnuukha in 2011–2012 and 2014.

References:

Archive of average monthly values air temperature and precipitation at stations in the Saratov region / All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center: website. – URL: <http://meteo.ru/> (date accessed: 05.01.2024).

Pryakhina S. I., Ormeli E. I. Agroclimatic Characterisation of the Seasons of the Year in Saratov Region // *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences.* – 2018. – Vol. 18, iss. 4. – P. 243–247.

ANALYSIS OF CHANGES IN THE ARIDITY INDEX IN THE LOWER DON BASIN

Parfenova A.V., Kulygin V.V.

Federal Research Centre The Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
annparfenowa@mail.ru

A combination of anthropogenic and natural factors contributes to the development of aridization processes in the lower Don basin. Due to the ongoing low-water period (from 2007 to the present), this problem becomes relevant. The sources of long-term meteorological data series were data from 6 stations (Bogoroditskoye-Fenino, Valuyki, Chertkovo, Tsimlyansk, Rostov-on-Don, Gigant, Remontnoye) from the archives of VNIIGMI-MCD for the period 1966–2020.

The work used the aridity index P/PET (World..., 1997):

$$AI (P/PET) = P/E_0, (1)$$

where P is the amount of precipitation per year (month) (mm), E_0 – reference evapotranspiration (mm).

Monthly evaporation is calculated using the formula (Ivanov, 1954):

$$E_0 = 0,0018(25 + T)^2(100 - a), (2)$$

where T is the average monthly air temperature (°C), and a – the average monthly relative humidity (%).

Using the P/PET index, arid lands can be classified into 5 subtypes: extra-arid, arid, semi-arid, dry sub-humid and semi-arid sub-humid. The aridity index of the R/RET in the lower Don basin showed a decrease in values, and this trend is more pronounced for southern weather stations. The average picture allows us to identify 4 zones in the basin (Figure 1): normal (21377 km², 10%), semi-arid sub-humid (45522 km², 22%), dry sub-humid (103958 km², 50%) and semi-arid (35376 km², 17%). 3 periods were identified, the longest of which was the period of growth (1977–2005), as well as two periods of decline (1966–1976 and 2006–2020). The latter indicates an increase in the aridity of the climate in the lower Don basin during this period.

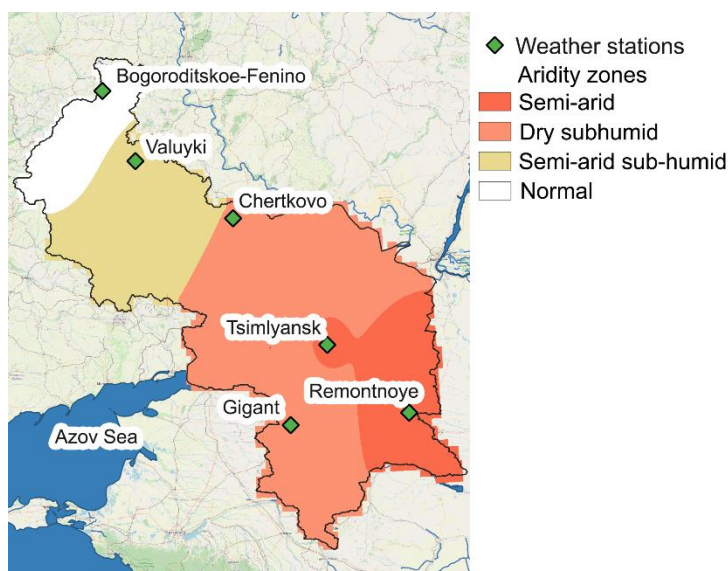


Figure 1 – Average aridity index AI (P/PET) in the lower Don basin for the period 1966–2020

References:

- Ivanov N. N. Ob opredelenii velichin isparayemosti // Izv. VGO. – 1954. – Vol. 86, No. 2. – P. 189–196. (In Russian)
- World Atlas of Desertification 2nd ed. / Eds. M. Thomas and N. Middleton. – New York: Arnold, London & Wiley, 1997. – 182 p.

**LEGAL REGULATION OF METHANE EMISSIONS AND ITS ROLE IN ACHIEVING
THE MAIN OBJECTIVE OF THE PARIS AGREEMENT.
GENERAL ANALYSIS OF THE PROBLEM**

Pekarnikova M.E.^{1,2}, Valiulina K.B.²

¹Institute of National and Technical Systems, Sevastopol, Russia

²Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

pekarnikowa@mail.ru

Due to the global nature of the problem of climate change and the consequences of such changes, its effective solution is possible only by combining the efforts of the entire world community and agreeing on joint actions to control anthropogenic emissions of various greenhouse gases (GHGs). The report analyzes the current state of legal regulation of methane emissions, the main short-lived GHG and the second most important GHG in the countries responsible for the bulk of total CH₄ emissions in the context of the Paris Climate Agreement and the Global Methane Agreement (GMP). The special role of the primary reduction of methane emissions is a direct consequence of the following two circumstances:

- the «lifetime» of methane in the atmosphere is about 10 years, which is more than an order of magnitude shorter than the lifetime of CO₂; in this regard, it is the reduction of CH₄ emissions that will allow achieving a significant reduction in the rate of increase in surface air temperature of anthropogenic origin in the short term (i.e. over the next 10–20 years);

- reducing methane emissions is the only natural and effective way to prevent a sharp intensification of anthropogenic global warming with the introduction of cleaner technologies that reduce aerosol emissions, contributing to the cooling of the lower atmosphere.

The contribution of various countries to the total methane emissions indicates that the main share of methane emissions (up to more than 61–63%) falls on the first 12–15 countries (if the EU is considered as a single emitter). At the same time, China, the United States, India, Russia, Brazil, EU countries, Indonesia, Iran, Mexico, Australia, Saudi Arabia, Canada, South Africa, Turkey, and Japan account for about 63,5% of total methane emissions. China, the United States, India, Russia and Brazil are collectively responsible for about 36% of total methane emissions. Thus, it is sufficient to analyze the legal aspects of limiting methane emissions in the main countries, arranged in descending order of their contribution to methane emissions, in order to come to certain conclusions about the realism of the achievability of the main goal of the Paris Agreement. This report analyzes the main facts characterizing the global dynamics of methane emissions, as well as a general analysis of GMP and its effectiveness. It is shown that the Paris Agreement, which is the main regulatory legal act designed to limit the increase in global temperature by one and a half to two degrees compared with the pre-industrial period, requires improved legislative support for limiting methane emissions in the main CH₄-emitting countries. It was stated that GMP, adopted in 2021, is the most important document designed to assess the necessary volumes of methane emission reduction in order to achieve the main goal of the Paris Agreement.

The main conclusion is that the Methane Charter would more effectively contribute to achieving the main goal of the Paris Agreement on Climate and the sustainable development of modern civilization if all major issuing countries joined it, and it would provide legally binding standards for GMP participants in case they fail to comply with the agreements reached.

The work was carried out within the framework of the IPTS state task «Fundamental studies of processes in the climate system that determine the spatial and temporal variability of the marine environment and adjacent territories in a wide range of scales» (state registration no. 124020100120-9).

LONG-PERIOD CLIMATIC CHANGES IN KAZAN AND THEIR CONSEQUENCES

Perevedentsev Yu.P., Mirsaeva N.A., Guryanov V.V., Nikolaev A.A., Tagirov M.Sh.

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Institute of Applied Research, Academy of Sciences of RT, Kazan, Russia

ypereved@kpfu.ru

In 2024, our country celebrates the 190th anniversary of the formation of the Russian Hydrometeorological Service, established in 1834 according to the project developed by Professor A.Y. Kupfer of Kazan University.

Regular meteorological observations in Kazan date back to January 1812, when the Meteorological Observatory (MO) was established at Kazan University on the initiative of Professor F.K. Bronner. It ranks 3rd in Russia in terms of the number of years of continuous observations (in St. Petersburg regular observations began in 1743, and in Moscow in 1799).

Multiyear series were subjected to statistical processing. Mean values, mean square deviations, linear trend slope coefficients (LTS), contribution of linear trend to temperature dispersion were found. Six 30-year periods were identified: 1841–1870, 1871–1900, 1931–1960, 1961–1990, 1991–2020.

As might be expected, over the entire period, the largest temperature increase occurred in the coldest month of the year, January (by 4,8°C), while in July (the hottest month of the year) the increase in TV was only 1,4°C. The final thirty-year period (1991–2020) was noticeably warmer than all previous ones in all months.

A comparison of the multiyear variations of surface air temperature anomalies calculated from the baseline period 1961–1990 from data of Kazan station, University and the entire Northern Hemisphere (CRU data) shows that in both cases, according to a linear trend, there is a warming of the climate as a whole for a year and by seasons. However, the curve of the low-frequency component of temperature shows that annual warming in Kazan began in 1946, summer warming since 1980, winter warming since 1968 and continues to the present.

To assess the influence of climatic changes occurring in the Northern Hemisphere, the correlation coefficients between the TV station Kazan, University and the surface air temperature of the Northern Hemisphere land surface for 1850–2021 were calculated. The closest correlations are established for the winter period (in January $r = 0,68$). The value of the coefficient of determination R^2 (%) shows the contribution of the Northern Hemisphere processes to the local changes in TV in Kazan. Thus, the annual contribution reaches 63%, 27% in summer and 43% in winter.

The joint analysis of the multi-year course of NAO, AO, EAWR, SCAND circulation indices for winter and summer in the period 1950–2021 and temperature anomalies in Kazan showed a consistent character of their changes, which indicates a significant role of atmospheric circulation in the formation of temperature anomalies.

The analysis of the calculated 27 climate extremity indices recommended by WMO for the period 1980–2022 showed that Kazan has a clear tendency to reduce the number of days with icing, the number of frosty days and increase the duration of the warm period and the number of summer days. At the same time, the annual amount of precipitation, the number of days with extreme precipitation, etc. decreases. The aridity of the climate in the summer period is increasing.

To assess the dynamics of the bioclimate of Kazan in the period 1940–2021, the universal thermal comfort index UTCI was analysed. The UTCI value tended to increase by 5,2°C in January (the index went from the zone of very strong cold stress to the zone of strong cold stress); in July the index increased from 17,5°C to 20°C. Interannual fluctuations of the index are significant. In general, bioclimatic conditions in the region are improving.

**ASSESSMENT OF THE QUALITY OF REPRESENTATION OF INTERANNUAL
PRECIPITATION CHANGES OVER THE BLACK SEA
BASED ON THE CMIP6 PROJECT MODEL DATA**

Polonsky A.B., Sukhonos P.A.

Institute of natural and technical systems, Sevastopol, Russia
apolonsky5@mail.ru

Recently, significant progress has been made in the multi-model approach to numerical modeling of climate change. However, estimates of climate parameters at regional scales still require refinement. Precipitation is the most uncertain assessment parameter and is important in terms of its impact on the hydrological regime of marine regions. In this paper, the quality of representing interannual changes in precipitation over the Black Sea (40–48° N, 26–42° E) is assessed using data from 173 CMIP6 model implementations (Climate..., 2024) in comparison with ERA5 reanalysis data (Hersbach et al., 2020) in the historical period. For this purpose, the Spearman rank correlation coefficients of interannual precipitation changes were calculated based on data from individual model implementations and reanalysis data for all months in 1959–2022. The following results were obtained.

In January, the correlation coefficient of interannual changes in precipitation according to the implementation of the ens0 AWI-CM-1-1-MR model and reanalysis is 0,32.

In February, the correlation coefficient of interannual changes in precipitation based on ens5 (ens3) implementations of CNRM-CM6-1 f2 (GISS-E2-1-G p3) models and reanalysis is 0,31 (0,30).

In March, the correlation coefficient of interannual changes in precipitation based on ens1 (ens2) implementations of EC-Earth3 (MIROC6) models and reanalysis is 0,31 (0,31).

In April, the correlation coefficient of interannual changes in precipitation according to ens5 (ens8 / ens13) implementations of IPSL-CM6A-LR (CanESM5 p1 / CanESM5 p2) models is 0,30 (0,31 / 0,34).

In May, the correlation coefficient of interannual changes in precipitation according to the implementation of the ens0 CAMS-CSM1-0 model and reanalysis is 0,35.

In June, the correlation coefficient of interannual changes in precipitation according to ens2 (ens3) implementations of CanESM5 p1 (EC-Earth3-Veg) models is 0,32 (0,40).

In July, the correlation coefficient of interannual changes in precipitation based on ens0 (ens1) implementations of CMCC-CM2-SR5 (FIO-ESM-2-0) models and reanalysis is 0,33 (0,30).

In August, the correlation coefficient of interannual changes in precipitation according to ens7 (ens3) implementations of CanESM5 p2 (UKESM1-0-LL f2) models is 0,39 (0,30).

In September, the correlation coefficient of interannual precipitation changes according to ens1 (ens2) implementations of the ACCESS-CM2 model is 0,43 (0,32). Note that this model does not correctly represent the seasonal cycle of precipitation over the Black Sea. This month, the correlation coefficient of interannual precipitation changes according to ens10 (ens0 / ens5) implementations of CanESM5 p2 (CanESM5-CanOE p2 / CESM2) models is 0,31 (0,31 / 0,34).

In October, the correlation coefficient of interannual changes in precipitation according to ens7 implementation of the CanESM5 p2 model and reanalysis is 0,36.

In November, the correlation coefficient of interannual changes in precipitation according to ens11 (ens10) implementations of the CanESM5 p1 (IPSL-CM6A-LR) models and reanalysis is 0,30 (0,31).

In December, no significant correlation coefficients at the 95% confidence level were found.

Of the 173 CMIP6 project model implementations, only 23 satisfactorily represent the interannual changes in precipitation over the Black Sea in the historical period. Note that in the period from June to October, these models underestimate precipitation values. This may be due to the inadequate parameterization of convective precipitation in most CMIP6 project models.

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124020100120-9).

References:

Climate Explorer: website. – URL: <https://climexp.knmi.nl/> (access date: 12.03.2024).

Hersbach H., Bell B., Berrisford P., Hirahara S. et al. The ERA5 global reanalysis // Quar. J. of the Royal Meteor. Soc. – 2020. – Vol. 146, No. 730. – P. 1999–2049. – DOI 10.1002/qj.3803.

**ASSESSMENT OF THE QUALITY OF REPRESENTATION OF THE SEASONAL CYCLE
OF PRECIPITATION OVER THE BLACK SEA BASED ON THE CMIP6 PROJECT
MODELS DATA**

Polonsky A.B., Sukhonos P.A.

Institute of natural and technical systems, Sevastopol, Russia
apolonsky5@mail.ru

Numerical modeling is one of the main tools for studying climate and its possible future changes. However, in the context of a multi-model approach, the selection of models capable of realistically representing the climate (especially in regions with high heterogeneity of the underlying surface) becomes especially relevant. This work is devoted to assessing the quality of representing the seasonal cycle of precipitation over the Black Sea (40–48° N, 26–42° E) based on data from 36 models from the international project Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) (Eyring et al., 2016). For comparison with model results for the period 1959–2022, ERA5 reanalysis data were used (Hersbach et al., 2020).

The analysis carried out allowed us to divide the CMIP6 project models according to their ability to represent the seasonal cycle of precipitation over the Black Sea into the following 7 groups:

- models that incorrectly represent the seasonal cycle of regional precipitation: AC-CESS-CM2 and ACCESS-ESM1-5;

- models that satisfactorily represent precipitation values in the winter and underestimate precipitation values in the summer, which leads to an underestimation of average annual precipitation values: AWI-CM-1-1-MR, CAMS-CSM1-0, CanESM5-p1, CanESM5-p2, CanESM5-CanOE p2, CESM2, CESM2-WACCM, CMCC-CM2-SR5, EC-Earth3, EC-Earth3-Veg, FIO-ESM-2-0, HadGEM3-GC31-LL f3, INM-CM4-8, INM-CM5-0, IPSL-CM6A-LR, KACE-1-0-G, NESM3, NorESM2-MM and UKESM1-0-LL f2;

- models that overestimate precipitation values in the winter and underestimate precipitation values in the summer, which leads to a satisfactory representation of average annual precipitation values: BCC-CSM2-MR, MIROC6, MPI-ESM1-2-HR, MPI-ESM1-2-LR, MRI-ESM2-0 and NorESM2-LM;

- models that underestimate precipitation values both in winter and summer, which leads to a significant underestimation of average annual precipitation values: CNRM-ESM2-1 f2, FGOALS-f3-L and FGOALS-g3;

- model that overestimates precipitation values in the winter by almost 2 times and satisfactorily represents precipitation values in the summer, which leads to a significant overestimation of average annual precipitation values: MIROC-ES2L f2;

- models that satisfactorily represent seasonal cycle and average annual precipitation values, but significantly underestimate or overestimate precipitation values in individual months of the year: CNRM-CM6-1 f2 and GFDL-ESM4;

- models that represent well seasonal cycle and, as a consequence, average annual precipitation values: CNRM-CM6-1-HR f2, GFDL-CM4 and GISS-E2-1-G p3.

Most of the CMIP6 models poorly represent the climatic seasonal cycle of precipitation over the Black Sea. In general, results of modeling winter precipitation agree better with the ERA5 reanalysis data than summer precipitation. This indicates inadequate parameterization of convective precipitation in most of the CMIP6 models. Therefore, the use of multi-model averaging over the entire CMIP6 dataset when conducting scenario assessments of precipitation over the Black Sea is inappropriate.

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124020100120-9).

References:

Eyring V., Bony S., Meehl G. A., Senior C. A., Stevens B., Stouffer R. J., Taylor K. E. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization // *Geosci. Model Dev.* – 2016. – Vol. 9. – P. 1937–1958.

Hersbach H., Bell B., Berrisford P., Hirahara S. et al. The ERA5 global reanalysis // *Quar. J. of the Royal Meteor. Soc.* – 2020. – Vol. 146, No. 730. – P. 1999–2049. – DOI 10.1002/qj.3803.

ESCALATING REDUCTION OF WATER AND ICE RESOURCES IN THE CAUCASUS: MYTH OR REALITY?

Popovnin V.V.

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
begemotina81@gmail.com

The widespread opinion on accelerating degradation of the Earth's glaciation in the era of global change is often devoid of objective argumentation. The only source of reliable data is the direct monitoring system of a glacier mass balance as the most informative indicator of its evolution. However, the objects of such monitoring are few. There are only several dozen of them worldwide. The Djankuat Glacier in the Caucasus is the most studied glacier in Russia. Its unique series of measured mass balance and its income and wastage constituents (accumulation and ablation) has been going on without interruption for 57 years – since 1967/68. The World Glacier Monitoring Service has included it in the top ten reference glaciers of the Earth. The present evolution of its water and ice resources is considered representative for the mountain system of the Caucasus as a whole.

Despite the unequivocal dominance of negative annual balance values over more than half a century (i.e., excess of mass loss over the mass gain), the reduction of the Djankuat Glacier was uneven. Moderate degradation in the XXth century included a 10-15-year-long period (since the late 1980s) of relative improvement in its state, when positive balance values prevailed and its terminus temporarily stabilized. However, with the advent of the XXIst century a clear turning point in its evolution is recorded. The renewed degradation rate became truly unprecedented on the scale of the entire regressive phase after the LIA climax in the 1850s. Not only did the reduction of the physical area of Djankuat accelerate (from 3,234 to 2,505 km², i.e. by 22% over 50 years) and the terminus retreat reached already 557 m for the entire monitoring period since 1968, but after 2004/05 its mass balance never took at least a single positive value in the following 19 seasons in a row (an unprecedented case for the last 1,5 centuries, judging by the reconstruction since 1871 AD). If before 2004/05 the average mass balance value was –97 mm w.e./yr, then subsequently to the present day the mean annual loss has increased eightfold. In general, the total mass loss over the past 57 years has already amounted to ca.19 m in the water layer.

Such dynamics is due to the fact that even against the background of the obvious tendency of winter snow accumulation to grow up, which has been observed for over half a century, glacier ablation in summer also steadily increases in modulus, outweighing the positive accumulation trend in its balance effect. However, the last 7-8 years seem to be some emerging exceptions: the increase in winter snowfall in the glacial belt accelerated somewhat, whereas both the ablation increase rate and the trend towards more and more negative mass balance slowed down to some extent. In other words, this reveals signs not of acceleration, but on the contrary, of slowing down the mass loss. Thus, on a ten-year time scale, the view of the escalation in the reduction of ice reserves has not yet been justified. However, fluctuations of the mass balance still remain in the area of negative values.

It is also important to identify a persistent trend towards an increase in glacier exchange (i.e., the sum of accumulation and ablation taken modulo), which can be traced throughout the long-term monitoring period since 1967/68. This parameter of the mass turnover intensity in the glacial belt serves as an indirect indicator, disclosing weakening of continentality properties in the climate of the Caucasian highlands during recent decades. However, whether the discovered pattern of glacier mass turnover enhancement is a local or regional property, remains unclear hitherto.

The work was carried out with the support of the Russian Science Foundation (RSF project No. 22-17-00133).

**FORECAST OF FORMATION OF NEW PROGLACIAL LAKES
AS GLACIERS ON ELBRUS RETREAT IN THE XXI CENTURY**

Postnikova T.N.¹, Rybak O.O.^{1,2,3}, Gubanov A.S.⁴, Zekollari H.^{5,6}, Huss M.^{6,7,8}

¹Water Problems Institute of RAS, Moscow, Russia

²FRC SSC RAS, Sochi, Russia

³Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

⁴Department of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁵Earth System Science and Department of Geography, Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium

⁶Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology (VAW), ETH Zürich, Zürich, Switzerland

⁷Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL),
Birmensdorf, Switzerland

⁸Department of Geosciences, University of Fribourg, Fribourg, Switzerland
tasinidze@gmail.com

Mount Elbrus is the highest peak in Europe (5642 m), and is a presently inactive volcano that is covered by around thirty glaciers. The expected retreat of glacier fronts will lead to the formation of proglacial lakes in bed depressions, which were identified earlier (Lavrentiev et al., 2020). The most probable time of their formation was determined in the present work. In addition, the time and place of formation of debris-covered dead ice areas were predicted, which under certain circumstances will dam the lakes, thus increasing the probability of their outburst. The predictions were confirmed using the examples of lakes already formed in the 21st century (Dokukin et al., 2022).

In order to achieve that, we calculate the evolution of all Elbrus glaciers throughout the 21st century under CMIP6 scenarios (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5) in the 21st century. For this study, the GloGEMflow model (Zekollari et al., 2019) was used coupled with a dynamical debris-cover model (Postnikova et al., 2023). In GloGEMflow, the processes of energy exchange and glacier dynamics are described in a simplified form. This is the reason for the inevitable uncertainty in the forecast calculations of glacier characteristics. However, as the forecasting timeframe increases, the scatter in the initial climatic scenarios begins to play an increasingly important role. These issues are also discussed in this report.

By 2100, the Elbrus glaciers will retreat above 4000 m and up to 17 new lakes are likely to be formed on Elbrus. Under moderate warming (scenarios SSP1-1.9, SSP1-2.6) the position of glacier fronts may stabilize at the altitude of 3600–3700 m. In this case, up to 8 lakes will be formed on Elbrus, according to our forecast. The largest lakes will be formed in the first half of the century, regardless of the climate scenario. The lake at the place of the Dzhikaugankez plateau will be dammed by moraine with dead-ice core up to 60 m thick in 2040±10, and will probably pose a potential outburst flood threat downstream of the Malka River.

This study was funded by the RSF grant number 23-27-00050.

References:

Dokukin M. D., Savernyuk E. A., Bekkiev M. Yu., Kalov R. Kh., Khatkutov A. V. Evolution of lakes near the Dzhikiugankez glacier (Northern Elbrus area) in 1957–2020 with consideration of underground flow channels // *Ice and Snow*. – 2022. – Vol. 62, No. 1. – P. 47–62. – DOI 10.31857/S2076673422010115. (In Russian)

Lavrentiev I.I., Petrakov D.A., Kutuzov S.S., Kovalenko N.V., Smirnov A.M. Assessment of the potential for the development of glacial lakes in the Central Caucasus // *Ice and Snow*. – 2020. – Vol. 60, No. 3. – P. 343–360. – DOI 10.31857/S2076673420030044.

Zekollari H., Huss M., Farinotti D. Modelling the future evolution of glaciers in the European Alps under the EURO-CORDEX RCM ensemble // *The Cryosphere*. – 2019. – Vol. 13. – P. 1125–1146.

**CHANGES IN THE TEMPERATURE AND HUMIDITY REGIME
IN THE EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA**

Rusinova V.K.

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia
VeKRusinova@stud.kpfu.ru

The paper considers the spatial and temporal variability of surface air temperature and precipitation in the European territory of Russia. The main attention is paid to the analysis of trends in these characteristics, which made it possible to assess the extent of climate warming in recent decades. There is a general trend towards an increase in temperature. The greatest changes in the thermal regime occur in the winter months in the northwestern part of the territory under consideration (in January, the value of the linear trend slope coefficient (LRT) reaches 0,82 °C/10 years), and the smallest changes are observed in April (LRT=0,26 °C/10 years) and November (0,24 °C/10 years). There is also a general trend of an increase in the number of cases with positive temperature anomalies and a decrease in the number with negative ones. The largest changes in annual precipitation occur in January (the value of the CNLT reaches 1,77 mm/10 years) and May (CNLT=1,79 mm/10 years), and the smallest changes are noted in November (CNLT=-0,32 mm/10 years).

Calculations were performed using data from 54 meteorological stations located on the territory of Russia from the VNIIGMI-MCD fund for 1966–2022. Long-term series of initial data were subjected to statistical processing – average values, mean square deviations (COEX), anomalies of air temperature and precipitation, linear trends of temperature and precipitation in Russia for the periods 1966–2022 and 1991–2020 were found.

In 1966–2022, climate warming occurred in almost the entire ETR, which was accompanied by an increase in annual precipitation amounts. The largest changes concern the western and southwestern parts of the ETR. In the south of the territory under consideration, however, there is some tendency for precipitation to decrease in the warmer months. In the cold season, the change in precipitation amounts is meridional, whereas in the warm season it is zonal. The trends of air temperature and precipitation obtained in the work for the central months of the seasons can serve as an addition to the results of the analysis of seasonal trends of these values presented in (Bartsev et al., 2016; Bardin et al., 2020; Report ..., 2021).

References:

Bardin M. Yu., Rankova E. Ya., Platova T. V., Samokhina O. F., Korneva I. A. Modern changes in the surface climate based on the results of regular monitoring. // *Meteorology and hydrology*. – 2020. – No.5. – P. 29–45.

Bartsev S. N., Belolipetsky P. V., Degermendzhi A. G., Ivanova Yu. D., Pochekutov A. A., Saltykov M. Yu. A new look at the dynamics of the Earth's climate. // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. – 2016. – Vol. 86, No.3. – P. 244–253.

Report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation for 2020. – M., 2021. – 104 p.

**SELECTION OF CMIP6 MODELS FOR
THE ANALYSIS OF FUTURE CLIMATE CHANGES IN SIBERIA**

Safina R.A., Marchukova O.V.

Tyumen State University, Tyumen, Russia

Aivarovna04@gmail.com

Global warming is a gradual increase in the temperature of the Earth's surface, caused to a greater extent by the greenhouse effect arising from greenhouse gases: water vapor (H₂O), carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), ozone (O₃), nitrogen oxide (N₂O), etc. For this work, the territory of Siberia was taken within the boundaries of the Natural Regions of Russia, which is divided into Western Siberia, Central Siberia, the mountains of Southern Siberia and Northeastern Siberia.

The permafrost of Siberia covers almost two thirds of the country's territory. Global warming in Siberia entails the inevitable thawing of permafrost. The landscape is deformed, the risk of buildings collapsing increases, annual floods occur, animal migration patterns change, and there is a risk of species extinction. Accelerated global warming has severe consequences for all living organisms and human activities (Alexandrov et al., 2021).

The purpose of this work is to verify and select CMIP6 models for air temperature and precipitation in Siberia, based on the dynamics of climate change according to data from major weather stations covering the measurement period from 1940 to 2023. To do this, the data for each parameter (air temperature and precipitation) from 59 weather stations were analyzed, the magnitude of the trend over 10 years and the coefficient of determination were calculated for them. The research area covers the following subjects of the Russian Federation: Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, Sverdlovsk Region, Kurgan Region, Tyumen Region, Omsk Region, Tomsk Region, Novosibirsk Region, Altai Territory, Altai Republic, Republic of Khakassia, Kemerovo Region, Krasnoyarsk Territory, Irkutsk Region, Republic of Buryatia, Republic of Yakutia, Trans-Baikal Territory.

Based on the results of the analysis of the verification carried out, several models will be selected in the work that correctly reproduce the indicators of linear trends for the average monthly air temperature and the amount of precipitation throughout Siberia. On this basis, conclusions will be drawn, as well as a long-term forecast of changes in air temperature and precipitation by the end of the XXI century in Siberia.

References:

Alexandrov G. A., Ginzburg V. A., Romanovskaya A. A., Insarov G. E. CMIP6 model projections leave no room for permafrost to persist in Western Siberia under the SSP5-8.5 scenario // Climatic Change. – 2021. – Vol. 169, No. 3-4. – DOI 10.1007/s10584-021-03292-w.

**ANALYSIS OF THE CLIMATIC PHENOMENA OF THE WARM PERIOD, WHICH
AFFECT THE CROPS YIELD IN THE SOUTH TAIGA PLAIN
TERRITORY OF WESTERN SIBERIA**

Semenova K.A., Volkova E.S.

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia
ksenia_ska@mail.ru

The cultivation of crops in the south taiga plain territory of Western Siberia depends on a number of natural factors. These are favorable climatic conditions, fertile soils, good geomorphological features of the area, etc. There are adverse and dangerous climatic phenomena that are often observed in this area. In the last decade, scientists have noted a change in number of climatic indicators that affect the yield of major crops. Such changes have positive and negative consequences. An increase in the duration of the growing season has been recorded. This is allowed to cultivate thermophilic varieties of crops and shift the planting period. At the same time, there is an increase in the number of dangerous and adverse climatic phenomena and their intensity. The study purpose is a spatial and temporal climatic phenomena analysis of the warm season, which affect the functioning conditions of the local crop production system. The relevance of the study is due to the search for ways to adapt agriculture to changing climatic conditions. The information and analytical database is compiled from open sources of meteorological information of LLC «Weather Schedule», the NOAA international database of meteorological data for the period from 2000 to 2023 for 30 weather stations. The ArcGIS software was used for analysis and mapping. During the study, the following indicators were evaluated: the onset date of the active vegetation period, the duration of the active vegetation period, the sum of active temperatures over 10°C (SAT), frosts, low humidity, hot weather, heavy precipitation.

The results showed that, in general, in the study area, there is a change in the timing of average daily temperatures through +10°C stable transitions. There is an increase in the duration of the growing season. During the period of active vegetation, the average annual values of the SAT value for the western regions reach 2100°C, for the eastern ones – 1800°C. In some years (2003, 2015, 2020), the value of SAT exceeded the long-term average size. For example, in 2015, in the Tomsk region, under similar conditions (a favorable ratio of heat and moisture), potato yields reached 200 kg/ha. However, against the background of an increase in the temperature optimum, the likelihood of dangerous and adverse events increases. According to individual climatic indicators, the values range from 5% to 80%. Late spring frosts are caused particular damage to the local crop production system. The probability of their occurrence even in the third decade of May ranges from 18 to 32%, for the northwestern part the probability in the first decade of June exceeds 10%. At the same time, low humidity is recorded every day. High abiotic stress for most crops is the hot weather, which is established here with a probability of 5,6%.

In general, the changing climatic resources in the study area are created favorable conditions for the cultivation of many types of crops. However, knowledge and consideration of those adverse factors that are damaged the local crop production system are important.

The study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (state assignment of IMKES SB RAS, project registration number No. 121031300226-5, FWRG-2021-0003).

**GEOSTROPHIC TRANSPORT IN THE EASTERN BOUNDARY
UPWELLING SYSTEM. ATLANTIC UPWELLINGS**

Serebrennikov A.N., Polonsky A.B.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

swsilv@gmail.com

The Eastern Boundary Upwelling System (EBUS), including the California, Peru, Chile, Canary, and Benguela upwellings, is one of the most biologically productive ecosystems, covering less than 2% of the ocean surface but contributing 7% to global marine primary production and more than 20% to global fisheries catches. Equatorward coastal winds driven by large-scale atmospheric pressure systems are the dominant physical process driving the high biological productivity of the eastern Pacific and Atlantic oceans. How the EBUS responds to climate change thus has profound global ecological and socioeconomic implications and is an ongoing scientific challenge in the biological and climate sciences.

To date, predictions of upwelling changes have focused primarily on changes in wind-driven (Ekman) transport. However, a second component of ocean circulation, geostrophic transport, also contributes significantly to overall changes in coastal upwelling. In this paper, we show the role of both components of transport in changing upwelling under global warming, but we will not consider the upward vertical fluxes associated with wind vorticity.

In eastern boundary current systems, sea level gradients along the coast cause a near-surface geostrophic flow perpendicular to the coast. This flow is compensated by vertical transport, which can either suppress or enhance upwelling depending on the direction of the flow. In this paper we analyze the role of both transport components in the modification of Atlantic upwelling under global warming.

The geostrophic transport calculation was performed from the MULTIOBS_GLO_PHY_TSUV_3D_MYNRT_015_012 dataset. The data processing level is L4. The data are presented as three-dimensional (latitude, longitude and depth) ocean temperature, salinity, geopotential height and geostrophic current from the surface to a depth of 5500 m, and two-dimensional (latitude and longitude) mixed layer depth (*MLD*) on a regular 1/4° grid. The database was obtained by combining satellite and in situ data.

The components of geostrophic transport in longitude (T_x) and latitude (T_y) are calculated from the components of geostrophic velocities and the thickness of the upper mixed layer:

$$T_x = \int_{y_1}^{y_2} \int_{z=0}^z u_g dy dz = MLD \times \bar{U}_g$$
$$T_y = \int_{x_1}^{x_2} \int_{z=0}^z v_g dx dz = MLD \times \bar{V}_g ,$$

where z corresponds to the thickness of the mixed layer; \bar{U}_g and \bar{V}_g are the average values of the zonal and meridional components of the geostrophic velocity in the upper mixed layer (*MLD*).

Taking into account the angle of inclination of the coastline to the parallel (α), the thickness of the upper mixed layer and the fact that the transverse geostrophic flow must be taken into account, we obtain an expression for the geostrophic transport directed towards the ocean and perpendicular to the average coastline:

$$T_{geo} = (-\bar{U}_g \times \sin(\alpha) + \bar{V}_g \times \cos(\alpha)) \times MLD$$

The results of calculations of Ekman and geostrophic transports in the area of the Canary and Benguela upwellings showed that taking into account geostrophic currents in general did not lead to a change in the trends of the latter, if they are analyzed using the Ekman index (EUI).

**GREENHOUSE GAS EMISSION AND CLIMATE POLICY
OF THE RUSSIAN FEDERATION**

Shushpanov A.A.¹, Pekarnikova M.E.^{1,2}

¹Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

²Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
aleksei-shyshpanov@mail.ru

Due to the global nature of the problem of climate change and its consequences, as well as the increase in greenhouse gas emissions, an effective solution to the problem of global warming is possible through the combined efforts of the entire world community and the implementation of coordinated joint actions to control anthropogenic emissions of various greenhouse gases in the main emitting countries, including the Russian Federation.

The report analyzes the retrospective changes in greenhouse gas emissions in the Russian Federation since 1990, related to human anthropogenic activities, and also conducts a selective analysis of climate legislation on the control of anthropogenic greenhouse gas emissions in the Russian Federation in light of the main goals of the 2015 Paris Agreement on climate change.

The main conclusion is that greenhouse gas emissions in the Russian Federation have continued to rise steadily since 2015. The study revealed significant shifts in the changes to the Russian Federation's climate legislation concerning the limitation of greenhouse gas emissions adopted after the signing of the 2015 Paris Agreement on climate change, and demonstrates the real possibilities of the Russian Federation as a country interested in a "green energy transition".

References:

Crippa M., Guizzardi D., Pagani F., Banja M., Muntean M., Schaaf E., Monforti-Ferrario F., Becker W. E., Quadrelli R., Risquez Martin A., Taghavi-Moharamli P., Köykkä J., Grassi G., Rossi S., Melo J., Oom D., Branco A., San-Miguel J., Manca G., Pisoni E., Vignati E., Pekar F. GHG emissions of all world countries. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024. – DOI 10.2760/4002897. – JRC138862.

Pekarnikova M. E., Polonskiy A. B. Analysis of the realism of achieving the mail goal the Paris agreement under the existing system of legal regulation and control of anthropogenic emissions greenhouse // Fundametal and Applied Climatology. – 2022. – Vol.8, No. 2. – P. 190–208. – DOI 10.21513/2410-8758-2022-2-190-208.

**ESTIMATION OF THE RELATION BETWEEN THE MESOSPHERIC DYNAMIC
REGIME AND THE STRATOSPHERIC CIRCULATION FROM REANALYSIS AND
MICROWAVE RADIOMETRY DATA**

Sokolov A.V., Koval A.V., Savenkova E.N.

Saint-Petersburg University, Saint-Petersburg, Russia
anigahuchi@yandex.ru

In the present work, based on Microwave Limb Sounder (MLS) temperature data (Waters et al., 2006), we show that the first asymmetric Rossby mode (Forbes, 1995) appears in the summer mesopause of the Northern Hemisphere in 2013 and 2015, with amplitudes reaching their maximum unusually late - by early May. The planetary wave (PW) characteristics were calculated using the method of complex amplitudes (Yamazaki, 2023). It was shown in (Didenko et al., 2024) that the hydrodynamic modeling results are in good agreement with the Aura/MLS data at mesosphere and lower thermosphere (MLT) heights. The presence of such a PW was accompanied by negative temperature anomalies ($-5...-10^{\circ}$) and positive H_2O concentration anomalies (up to 1 ppm). The climate was calculated for 20 years: from 2004 to 2024. Presumably, the source of the PW could be sudden stratospheric warming (SSW) and springtime transition (Savenkova et al., 2012). Using UK MetOffice model data, the amplitude structure of a stationary planetary wave (SPW) with $m=1$ in the geopotential height field at $62,5^{\circ}N$ was calculated. The maximum of the SPW1 amplitude persists until early April, which is not observed in other years. Using the zonal wind component data in the Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2) reanalysis, the years of the late maximum of SPW amplitude and neighboring years were studied. In the spring of 2013 and 2015, the zonal wind component was above the climatic mean determined over 42 years from 1980 to 2022. These are probably not the only factors necessary for the generation of PW, but they are presumably the key ones that require further investigation. It is shown that in other years, the PW was either manifested in winter, fading by early spring, or was absent at all.

The research was supported by Russian Science Foundation (grant #20-77-10006-P).

References:

- Didenko K.A., Koval A.V., Ermakova T.S., Sokolov A.V., Toptunova O.N. Analysis of a secondary 16-day planetary wave generation through nonlinear interactions in the atmosphere // *Earth, Planets and Space*. – 2024. – Vol. 76, No.124. – DOI 10.1186/s40623-024-02072-x.
- Forbes J. M. Tidal and planetary waves. The Upper Mesosphere and Lower Thermosphere: A Review of Experiment and Theory / Eds. R.M. Johnson and T.L. Killeen // *Geophysical Monogr. Ser.* – Washington. D.C.: American Geophysical Union, 1995. – Vol. 87. – P. 67–87. – DOI 10.1029/GM087p0067.
- Savenkova E. N., Kanukhina A. Yu., Pogoreltsev A. I., Merzlyakov E. G. Variability of the springtime transition date and planetary waves in the stratosphere // *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. – 2012. – Vol. 90–91. – P. 1–8. – DOI 10.1016/j.jastp.2011.11.001.
- Waters J. W., Froidevaux L., Harwood R. S., Jarnot R. F. et al. The Earth Observing System Microwave Limb Sounder (EOS MLS) on the Aura satellite // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2006. – Vol. 44, No. 5. – P. 1075–1092.
- Yamazaki Y. A method to derive Fourier-wavelet spectra for the characterization of global-scale waves in the mesosphere and lower thermosphere and its MATLAB and Python software (fourierwavelet v1.1) // *Geosci. Model Dev.* – 2023. – Vol. 16. – P. 4749–4766. – DOI 10.5194/gmd-16-4749-2023.

**ASSESSMENT OF THERMAL COMFORT CONDITIONS DURING
ABNORMAL HEAT IN THE CITY OF SEVASTOPOL**

Stefanovich A.A., Voskresenskaya E.N.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
amazurenko@mail.ru

Modern climate change is accompanied by an increase in the frequency of extreme weather events, including abnormal heat waves (heat waves). Recent studies confirm that since the 1950s, the frequency and duration of heat waves have increased in almost all corners of the world. Particularly noticeable changes are observed in the Mediterranean region. Similar trends are noted on the Black Sea coast. Abnormally hot conditions affect the bioclimatic comfort of territories, which entails negative consequences both for public health and for the activities of the recreational sector as a whole. The purpose of this work is to assess the conditions of thermal comfort during abnormal heat in the city of Sevastopol in the warm period of the year from 1950 to 2020. To identify periods of abnormal heat, daily meteorological data from the ERA5 reanalysis for the period 1950–2020 were used, the quality of which was adjusted using observation data from the Khersonesky Mayak meteorological station. The analysis was carried out for the warm period from May to October, when the probability of heat waves is highest. The study used four heat indices, taking into account both simple air temperature indicators (T_{mean} and T_{max}) and more complex indices based on the physiologically equivalent temperature index (PET_{mean} and PET_{max}), which contributes to a more accurate assessment of the comfort of climatic conditions and health risks during heat waves. To identify heat waves, a heat threshold was calculated for each heat index - the 97th percentile. A heat wave was considered to be a period lasting more than 5 days, when the heat index values exceeded their threshold values. The analysis revealed a trend towards an increase in both the number and duration of heat waves in the city of Sevastopol in the period from 1950 to 2020. The number of heat waves for 71 years by T_{mean} is 27, by T_{max} – 24. In the period from 1950 to 1965, heat waves by the used indicators were not detected. In the period from 1966 to 1975, 5 heat waves were detected: by T_{mean} in 1970 and 1972, by T_{max} in 1970, 1971, 1972. From 1976 to 1997, heat waves were not observed. Then, starting from 1998, heat waves were observed almost every year, with the exception of 2000, 2003, 2004, 2013. On average, 1-2 heat waves by different heat indices are observed per year. Comfortable values of the PET index, at which thermal stress is absent, are in the range of 18-23 °C. Similar conditions were not established during heat wave periods. Heat waves according to T_{mean} are mainly characterized by uncomfortable conditions with minor thermal stress (PET_{mean} from 23 to 29°C). When assessing the maximum PET values during heat waves in the city of Sevastopol, severe thermal stress is observed (PET_{max} above 35°C). Heat waves according to T_{max} determined uncomfortable conditions with moderate thermal stress (PET_{mean} from 29 to 35°C). When assessing the maximum PET values during heat waves, uncomfortable conditions with moderate thermal stress are also noted (PET_{max} from 29 to 35°C).

The dominant trends show that the risk of heat waves increases every year, which emphasizes the need to develop measures to ensure the health and safety of the population in the conditions of observed climate change.

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Natural and Technical Systems (state registration number 124013000609-2).

**TRENDS OF THE SCHEFFER INDEX AS AN INDICATOR OF THE RISK OF
DESTRUCTION OF WOODEN STRUCTURES OF CULTURAL HERITAGE SITES IN
THE EUROPEAN PART OF RUSSIA**

Sukhonos O.Yu., Vyshkvarkova E.V.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
kovalenko_olga89@mail.ru

Preservation of wooden architecture monuments as cultural heritage sites in the European part of Russia is an actual task. Natural factors of wood destruction include natural and climatic conditions. Numerous studies show an increase in air humidity, which, against the background of an increase in surface air temperature, creates favorable conditions for an increase in biological activity, causing the destruction (decay) of wooden structures under the influence of fungi, mold, algae, and insects (Sesana, 2021).

The aim of the work is to assessment of current changes of the Scheffer index as an indicator of the risk of destruction of wooden structures of cultural heritage sites under the influence of climatic conditions in the European part of Russia.

The work uses daily data on air temperature and precipitation from the ERA5 reanalysis (spatial resolution $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$) for the period 1961–2020 for the European part of Russia. The impact of climatic conditions on wooden structures of cultural heritage sites was assessed using the Scheffer Climate Index (SCI) (Scheffer, 1971), which takes into account air temperature values and the number of days with precipitation more than 0.3 mm. The index was developed to assess the risk of wood rot. Thus, the SCI values less than 35 indicate a low risk, values from 35 to 65 – a moderate risk, from 65 to 100 – a high risk, and above 100 – a very high risk (Scheffer, 1971). The SCI index was calculated and analyzed for the entire period and for two periods, 1961–1990 and 1991–2020, adopted by the World Meteorological Organization as climatic norms.

The analysis showed that the SCI index in the study territory varies from 0 to 160. The highest values (above 80) were found on the Black Sea coast of the Caucasus. The three periods are characterized by an increase in the index values from the northeast to the southwest. In the second climatic period (1991–2020), relative to the first, an increase of the SCI index occurred almost throughout the entire analyzed area, especially pronounced in the northeast of the region (up to 100%). At the same time, the southern regions of the European part of Russia are characterized by a slight decrease in the SCI index to 20%, with the exception of the Caucasus ridge, where an increase in SCI by 80–90% is observed in the highland part.

The SCI trends for the period 1961–2020 and 1961–1990 are predominantly positive in the studied territory. North of 50 degrees latitude, the trend values are statistically significant. The maximum values of the trend value reach 0,6/year in the northwest of the region. The Ciscaucasia is characterized by negative, but statistically insignificant trends, while the Caucasus Range itself has a positive SCI trend from 0,2 to 0,4/year for the period 1960–2020.

The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 124013000609-2).

References:

Scheffer T. C. A climate index for estimating potential for decay in wood structures above ground // *Forest Products Journal*. – 1971. – Vol. 21. – P. 25–31.

Sesana E., Gagnon A. S., Ciantelli C., Cassar J. A., Hughes J. J. Climate change impacts on cultural heritage: A literature review // *WIREs Clim. Change*. – 2021. – Vol. 12. – e710. – DOI 10.1002/wcc.710.

**INFLUENCE OF THE INDIAN OCEAN DIPOLE ON SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY
OF SURFACE AIR TEMPERATURE IN AFRICAN-EUROPEAN REGION**

Torbinsky A.V., Polonsky A.B., Gubarev A.V.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
uzundja@mail.ru

The processes of heat redistribution in the Indian Ocean (IO) between various components of the climate system are characterized by unique features that distinguish it from the Pacific (PO) and Atlantic (AO) oceans. The Asian continent isolates the Indian Ocean from the north, preventing warm currents formed in the tropics from reaching the high latitudes of the Northern Hemisphere, as it occurs in the AO and PO.

In addition, the IO also receives additional heat from the PO through the Indonesian Throughflow. This makes the IO one of the main sources of heat for the AO. In this regard, we should expect a significant response in the fields of hydro-meteorological parameters of AO to the climatic variability of IO.

The key feature of heat redistribution inside the equatorial tropical zone of IO is the antiphase changes in ocean surface temperature (TPO) in its western and eastern parts (Saji, 2018). This phenomenon of an interannual scale has been called the Indian Ocean Dipole (IOD). The spread of TPO anomalies from east to west and back, associated with IOD events, has a significant impact on the climate of the countries of the Indian Ocean basin. As for the influence of IOD on remote regions, a statistically significant signal in the fields of surface air temperature (SAT) over the African-European region in the summer-autumn period associated with IOD has already been identified (Torbinsky et al., 2023).

In this paper, a quantitative assessment of the influence of the IOD on the interannual variability of SAT in the African-European region and the adjacent part of the AO. ERA5 atmospheric reanalysis on monthly mean SAT values, as well as the IOD index for the period 1960–2023, were used. The obtained time series of SAT for different months together with the series of IOD index and TPO anomalies in the western part of IO were analyzed. At the same time, standard statistical methods were used.

It is shown that IOD events mainly affect the SAT in the African-European region and the adjacent part of AO due to the variability of the TPO anomaly field in the western part of IO. At the same time, a significant non-stationarity of the analyzed time series was found, which reflects the non-stationarity of heat redistribution processes in the climate system. This is manifested in various statistical characteristics of the analyzed time series, including the change in the main period of IO over time.

The work was be the within the framework of the IPTS state task «Fundamental studies of processes in the climate system that determine the spatial and temporal variability of the marine environment and adjacent territories in a wide range of scales» (state registration number 124020100120-9).

References:

Saji N. H. The Indian Ocean Dipole // Oxford Research Encyclopedia of Climate Science. – 2018. – P. 1–46.

Torbinsky A. V., Polonsky A. B., Gubarev A. V. Influence of the Indian Ocean Dipole on spatio-temporal variability of surface air temperature in African-European region // SKOS. – 2023. – Vol. 3, No. 53. – P. 8–16.

**ON THE VARIABILITY OF DISSOLVED OXYGEN IN THE WATERS OF THE
NORTHWESTERN SHELF OF THE BLACK SEA IN SPRING**

Valle A.A., Polonsky A.B.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
ogorodovaa.a@mail.ru

As is known, the Black Sea is a semi-enclosed desalinated basin with a unique hydrological and hydrochemical structure. The Black Sea is divided into an upper aerobic and lower anaerobic zone. The upper layer is saturated with oxygen and desalinated. This is mainly a consequence of significant river runoff and vertical mixing. Deep waters, on the contrary, are characterized by increased salinity due to their Marmara origin. As a result, the vertical thermohaline structure of the Black Sea waters is very unusual.

River runoff carries into the sea both desalinated and oxygenated surface waters, and waters polluted with household, agricultural and industrial waste. The latter worsen the ecological state of coastal waters. By the 1970s, the anthropogenic load had grown to a critical level, which led to eutrophication of waters and hypoxia (oxygen deficiency) on the northwestern shelf of the Black Sea (Hydrometeorology..., 1991; Bezborodov, Ereemeev, 1993; Zaitsev et al., 2006). The aim of this work is to analyze the long-term variability of dissolved oxygen concentration in the northwestern Black Sea in spring for a period of ~100 years using an archival data set and to identify the most probable cause of changes on such time scales.

The main result of this work is as follows. The analysis of interdecadal variability of dissolved oxygen concentration in spring on the northwestern shelf of the Black Sea, performed using archival data from 1923 to 2022, allowed us to draw the following conclusions. It was found that in the northwestern part of the sea in the period from 1923 to 1932, the lowest concentrations of oxygen dissolved in the surface layer of water over the past 100 years were observed. This is primarily due to the warming of surface waters during this period. The secondary minimum of dissolved oxygen concentration in the northwestern part of the sea occurred in 1970 - mid-1980s. The main reason for its occurrence is water eutrophication. In the last decade of the 20th – early 21st century, there was an increase in the temperature of the surface water layer, which contributed to a decrease in the concentration of dissolved oxygen, after which the direction of the climate trend changed again. As a result, the interdecadal variability of the concentration of dissolved oxygen in the northwestern part of the Black Sea is characterized by quasi-periodic variability with a typical time scale of several decades.

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Hydrometeorology and Climatic Sciences on the topic «Fundamental research of processes in the climate system that determine the spatio-temporal variability of the marine environment and adjacent territories in a wide range of scales» (state registration number 124020100120-9).

References:

Bezborodov A. A., Ereemeev V. N. The Black Sea. The interaction zone of aerobic and anaerobic waters. – Sevastopol, 1993. – 299 p.

Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR. V. 4: Black Sea, issue 1. Hydrometeorological conditions. – St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 1991. – 469 p.

Zaitsev Yu. P., Aleksandrov B. G., Minicheva G. G. Northwestern part of the Black Sea: Biology and ecology – Kyiv, Naukova Dumka, 2006. – 701 p.

**AGRICULTURAL DEVELOPMENT IN HARSH CLIMATIC CONDITIONS
REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)**

Vereshchagina M.A.

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

vereshaginamaria12@gmail.com

The Republic of Sakha (Yakutia) has a large area (3083,5 thousand km²) and accounts for 18% of the total area of the country. Being located in the zone of sharply continental climate, most of the region is an area of permafrost, which is expressed in the specific features of the republic's economy. The population is concentrated in the Central part of the region, 67% of which is urban (997,6 thousand people as of 2023). The atmospheric air temperature on the territory of Russia over the last 50 years has been gradually increasing by an average of 0,43°C per decade (Lobanov, 2019). On average, changes in mean monthly temperatures amount to 0,5–1°C per 10 years. Changes in soil temperature, increase in forest fires, increase or decrease in water levels in rivers directly depend on daily and average monthly air temperature and precipitation inflow in the territory. Although livestock production accounts for a large share of agricultural output (65%), crop production plays an important role for the region (Rozhin, 2006; Dayanova, 2018). Planted areas have increased by 11%, where 30,5 thousand hectares are fodder crops for livestock production. One of the problems on the impact of climate change on agriculture is the reduction of sown areas, thawing of permafrost and the emergence of thermokarst formations, which can bring not only material damage, but also harm human life and health.

Farming in Yakutia is hampered by low fertility of permafrost soils, short growing season of 65–70 days. For the period of 2023, the share of individual farms and household farms in the agro-complex of the region is high and brought 23 585,2 million rubles (71% of the total agricultural output of the Republic). Among the crop production, the leading crop is potatoes (gross yield in 2023 of 72,7 thousand tons), for the cultivation of which 6,2 thousand hectares of arable land were allocated. In the central part of Yakutia, the yield of locally produced potatoes reaches the Development of frost-resistant varieties of both grain crops and potatoes is a priority for the region with a harsh climate. Constraints to the development of agriculture in the republic are underdeveloped socio-economic infrastructure (lack of developed road network, lack of reliable and cheap power supply, low degree of gasification, water supply), tough competition of local producers in the agrarian sector of the economy, low degree of state support. The study was carried out under the grant of the Russian Geographical Society No. 17/2024-R «Youth Scientific School «Climate Change and Modern Research Methods».

References:

Dayanova G. I., Egorova I. K., Baisheva A. F., Krylova A. N. Sustainable development of agriculture in the Republic of Sakha (Yakutia): retrospective analysis and bifurcation point // MSH. – 2018. – №6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivoe-razvitie-selskogo-hozyaystva-respubliki-saha-yakutiya-retrospektivnyy-analiz-i-tochka-bifurkatsii> (access date: 28.08.2024).

Lobanov V. A., Kirillina K. S. Modern and future climate changes of the Republic of Sakha (Yakutia). Monograph. – St. Petersburg: RSHMU, 2019. – 157 c.

Rozhin B. C., Chichiginarov V. V. Cultivation of grain crops in the conditions of Yakutia // Achievements of science and technology APK. – 2006. – №5. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdelывание-zernovykh-kultur-v-usloviyah-yakutii> (access date: 28.08.2024).

TRENDS IN CLIMATE CHANGES IN THERMOHALINE CONDITIONS IN THE COASTAL AREAS OF THE BLACK AND AZOV SEAS

Vorontsov A.A., Bulygin A.M., Nefedova G.I.

RIHMI-WDC, Obninsk, Russia

vorv10921@gmail.com

Global warming over the last 40–50 years has forced us to conduct more thorough studies of changes in the sea regime and its coastal areas, especially in terms of identifying the main problematic processes, the monitoring of which should be carried out with special attention.

In fairness, it should be noted that the hydrometeorological conditions of the Black and Azov Seas were studied in sufficient detail in previous years. However, modern global warming has a significant impact on previously obtained estimates and from time to time it is necessary to adjust them.

The paper presents the results of the current state of the hydrological regime (temperature and salinity of sea water). The obtained results and conclusions are mainly based on observations made in the period 1977–2023 (Bulletin..., 2022; Bulletin..., 2023; Bulletin..., 2024), with the use of data for a longer period at a number of stations on the coast of the Azov (Kerch, Taganrog, Yeysk, Temryuk, Taman) and Black (Crimean stations: Chernomorskoe, Sevastopol, Yalta, Feodosia, stations on the coast of Kuban: Anapa, Novorossiysk, Gelendzhik, Tuapse, Sochi) seas.

Based on the analysis of the obtained results, the main conclusions on the current state of water temperature and salinity in the coastal areas of the seas are formulated.

In general, the thermohaline regime of the coastal waters of the Black and Azov seas has followed modern climate change over the past decades. Climate warming is the main trend of changes over the past decades.

Based on the calculations based on observation data from stations in the coastal areas of the Black and Azov Seas over the past 40 years, trends in increasing water temperature values have been determined, both in summer and winter (in summer, the coefficient of the linear trend equation averages 0,07, and in winter – 0,03).

In general, water temperature trends over the past decades have been positive at almost all stations in the Azov-Black Sea basin.

The variability of salinity in the Black Sea (Bulygin et al., 2023) clearly shows its growth since 2008. The average coefficient of the linear trend of salinity according to coastal stations varies from 0,02 to 0,05. The variability of salinity in the Sea of Azov (Berdnikov et al., 2022) clearly shows an increase in salinity since 2003. The average coefficient of the linear trend of salinity according to coastal stations is close to 0,2.

In general, seawater salinity trends over the past decades have been positive at all stations in the Azov-Black Sea basin.

References:

Berdnikov S. V., Dashkevich L. V., Kulygin V. V. New state of the hydrological regime of the Sea of Azov in the XXI century // Reports of the Russian Academy of Sciences. Earth Sciences. – 2022. – Vol. 503, No. 1. – P. 65–70.

Bulletin of the hydrometeorological state of the Black and Azov Seas in 2021. Ed. Prof. Gruzinov V. M. – Izhevsk: Print, 2022. – 268 p.

Bulletin of the hydrometeorological state of the Black and Azov Seas in 2022. Ed. Prof. Gruzinov V. M. – Izhevsk: Print, 2023. – 198 p.

Bulletin of the hydrometeorological state of the Black and Azov Seas in 2023. Ed. Prof. Gruzinov V. M. – 2024.

Bulygin A. M., Gruzinov V. M., Vorontsov A. A., Dyakov N. N., Protsenko S. A. New geography of the Black Sea. – Obninsk: Artifex, 2023. – 208 p.

**SPATIAL–TEMPORAL VARIABILITY OF LIGHTNING ACTIVITY
IN THE ARCTIC REGIONS**

Zharinova E.A., Nechepurenko O.E., Pustovalov K.N.

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

zharinova.ella@mail.ru

Dangerous natural phenomena, especially those of convective genesis, are the subject of close study by scientific teams in many countries around the world. One of these phenomena is lightning.

In view of the change in physical and circulation processes over the Arctic, many researchers have noted an increase in lightning activity in this region (Innokentyev, 2019; Tarabukina, 2021).

Based on this, the purpose of this work was to assess the spatial-temporal variation of lightning discharges in the Arctic sector of the Russian Federation based on data from the World Lightning Localization Network (WWLLN) and the meteorological observation network (VNIIGMI-MCD) for 2016–2021.

To study the spatial distribution of lightning discharges, the ESIMO (<http://esimo.ru/portal/>) and VNIIGMI-MCD databases with urgent observations of atmospheric phenomena observed at individual stations (20 weather stations) and daily data on the number of lightning discharges to the ground recorded by the WWLLN lightning direction-finding system (6 sensors) were used as source materials.

The study covered the territory of the Arctic sector of the Russian Federation with the coordinate range: 60–85° N, 30–170° E. Not only the land territory, but also the adjacent coastline, as well as the marine territory of the Arctic Ocean were selected for analysis.

The total number of lightning discharges per year varies from 1255 (2018) to 3143 (2021). It can be assumed that with an increase in the observation period, the annual variability of lightning discharges will have a cyclicity caused by solar activity with a duration of about 11 years.

Most often, thunderstorms were recorded in the summer season of the year (June, July, August), but at some stations, thunderstorms were recorded in the cold season. Seasonal variability in the number of days with thunderstorms in the Arctic sector of the Russian Federation is due to the warming of land and ocean, the proximity of meteorological stations to the territories of ocean currents (Gulf Stream), as well as the physical and geographical features of individual stations.

WWLLN sensors on average for all stations record 63% of the total number of days with thunderstorms, this is consistent with the data of observers.

In the Arctic sector of the Russian Federation, single discharges make up 24% of the total number of cases. This shows that the WWLLN lightning direction-finding sensor system can detect short-pulse discharges and is suitable as an additional source of information on low-intensity thunderstorms in northern latitudes.

References:

Innokentyev D. E., Tarabukina L. D., Kozlov V. I. Estimation of lightning parameters during thunderstorm development in Yakutia // Propagation of radio waves: proceedings of the XXVI All-Russian open scientific conference. Volume II. – 2019. – P. 592–595.

Tarabukina L. D., Kozlov V. I., Innokentyev D. E. Analysis of 11-year dynamics of spatial distribution of lightning density in Northern Asia // Vest. KRAUNC. Phys.-Math. Sciences. – 2021. – No. 1. – P. 159–173.

COMPARISON OF GLOBAL EARTH TEMPERATURE WITH ANOMALIES IN THE EARTH ROTATION

Zotov L.V.^{1,2}, Sidorenkov N.S.³

¹SAI MSU

²MIEM HSE University, Moscow, Russia

³Hydrometcenter of Russia, Moscow, Russia

Acceleration of the Earth rotation started in 2016 has exceeded in 2024 the previous maxima. The Chandler wobble (CW) of the pole after disappearance in 2019–2021 resumed, with its phase changed by 180°. Such a situation was observed 90 years ago. It can be partly explained by the ocean circulation, in particular of Atlantic. Already in Lambeck's, 1980 monography (Lambeck, 1980) it was noted the similarity between the plot of Earth temperature T in XX cent. with the length of day (LOD). If to subtract the (parabolic) trend of global warming from GMST HadCRUT 5, Fig.1, top, it can be observed that the remaining anomalies related to Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) have similarities with the Earth rotation velocity (represented by the inverted LOD curve, fig. 1, bottom): maxima are in 1930-s, minima in 1970-s, maxima again nowadays. If this not-yet-explained interrelation between the temperature anomalies and Earth rotation really exists, we can expect that if deceleration of Earth rotation begins, it will be accompanied by the AMO decrease.

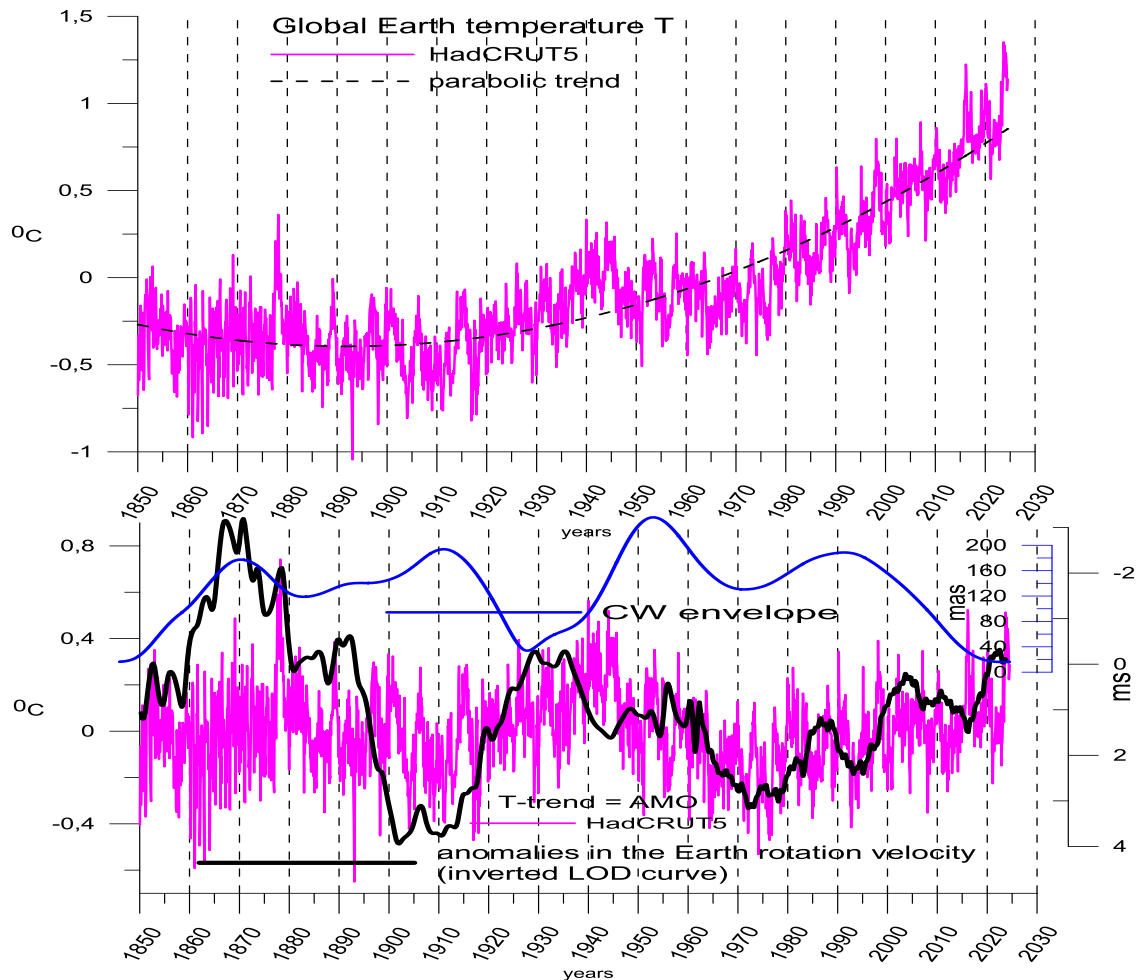


Figure 1 – Global Mean Surface Temperature GMST reconstruction from Hadley center (top). The same after subtraction of trend (AMO) in comparison with LOD inverted curve and Chandler wobble envelope (bottom)

References:

Lambeck K. The Earth's variable rotation. – Cambridge Univ. Press, 1980. – 460 p.

Zotov L. V. Earth rotation and climate processes. – M.: HSE University, 2022. – 306 p.

SECTION 3

ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF NATURE MANAGEMENT

ASSESSMENT OF SEVASTOPOL'S NEEDS FOR BEACHES IN THE CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF TOURISM MARKET AND GROWTH OF POPULATION

Agarkova-Lyakh I.V.^{1,2}, Vaseikina N.A.³

¹Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

²Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

³Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

iva_crimea@mail.ru

With a significant length of the coastline of Sevastopol, the area of its beaches is 258 311.1 m² (Resolution, 2007), and their one-time capacity is 51 662 people (Lazitskaya, 2014). According to calculations by N.F. Lazitskaya, in 2014, the region's needs for swimming and beach recreation were estimated at 198 300 people, exceeding the recreational capacity of the beaches by 3,8 times. Over the past 10 years, there has been no significant increase in the area of beaches, but its relevance has increased due to the increase in population and the intensification of tourism.

The purpose of this work was to provide an up-to-date assessment of the needs of residents and tourists of the city of Sevastopol for beaches in the context of changing demographic indicators and the state of the tourist market according to statistical data over the past 20-30 years.

According to the materials (Capacity, 2024), as of January 1, 2024, more than 561 000 people lived in Sevastopol (Figure 1). Taking into account unregistered citizens (+ 10%), the minimum estimated number of residents is about 617 000 people. Since 2000, positive changes have occurred in the tourism industry of the region: the capacity of collective accommodation facilities (CAF) and the tourist flow have increased, respectively, by more than 3 and 2,9 times; the number of people accommodated in CAF - by 1,8 times (Figure 1).

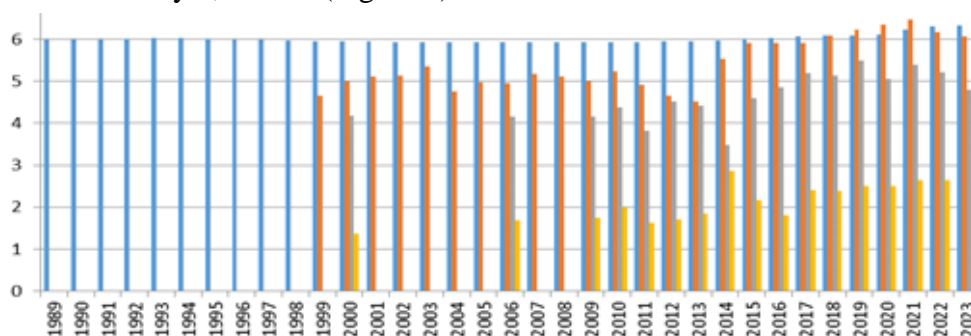


Figure 1 – Histogram of logarithms of statistical data from 1989 to 2023 (blue – population; red – volume of tourist flow; purple – number of people accommodated in the CSR; orange – capacity of the CSR). Compiled by the authors based on the statistical yearbooks of Ukraine and Sevastopol for 2007, 2013, 2014, 2019 and 2023

According to calculations for the summer season of 2024, the needs of residents and tourists of the region for beaches amounted to 259 500 people, for which about 1 297 500 m² of beaches are required (with 5 m² per person), or 5 times more than their area in 2007 (Decision..., 2007).

The work was carried out on the topic of the state assignment of the IPTS (state registration number 124013000609-2).

References:

Resolution of the VI session of the Sevastopol City Council of the V convocation No. 2069 (dated 11.06.2007) on amendments to the decision of the City Council (dated 11.06.2003 - No. 1164). – 2007.

Lazitskaya N. F. Socio-geographical substantiation of the development of recreational water use in Sevastopol: author's abstract. diss. candidate of geogr. sciences. – Simferopol, 2014. – 23 p.

Statistical register of Ukraine for 2013. State Statistics Service of Ukraine. – K., 2014. – 533 p. Population in Sevastopol. – URL: <https://gogov.ru/population-ru/sev> (access date: 26.06.2024).

IMPACT OF ALTERNATING ELECTROMAGNETIC FIELD ON MORPHOLOGY AND PIGMENT COMPOSITION OF MARINE MICROALGAE AND CYANOBACTERIA

Andreeva N.A.¹, Penkov M.N.¹, Shupova E.V.²

¹Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

²Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

All living organisms, including cyanobacteria, are affected by the Earth's natural magnetic field. Therefore, it can be considered as an ecological factor determining the course of biological processes. Organisms have evolved to adapt to the background value of this factor and its change pattern. However, with the development of technology, the number of artificial sources is constantly expanding. It has been determined that magnetic fields can exert beneficial effects on phototrophs in general and on the pigment content of their cells (Eydelkhani et al., 2024).

Two algologically pure cultures of the cyanobacteria *Aphanocapsa* (strain 131) and *Synechococcus* (strain 223) were used within this study. One-week cultures of equal density of experimental and control samples (6 ml in each tube) were applied in the experiment. The experimental test tube was placed in a device that generates an electromagnetic field. Five series of the experiment were conducted, varying in the cultures exposure time, frequency of the magnetic field (from 300 to 600 Hz) and its intensity (from 135 to 450 mV). The EMF impact was assessed by the quantitative pigments composition in the experimental culture compared to the control sample. The amount of pigments was calculated basing on the relative optical density of the cultures achieved through an application of ultraviolet and visible spectrum on spectrophotometer «Lambda 365», produced by PerkinElmer. Work was performed in the wavelength range of 400–800 nm.

Both strains 131 and 223 belong to the genus Cyanoprokariota, class Cyanophyceae and order Synechococcales, while strain 131 assigned to the genus *Aphanocapsa* Nägeli of the family Merismopediaceae and strain 223 related to the genus *Synechococcus* Nägeli of the family Synechococcaceae. Both cultures had similar pigment composition, which did not change qualitatively during the experiments. Their absorption maxima were observed in the following ranges: chlorophyll **a** at 430–440 nm, other chlorophylls at around 680 nm, carotenoids provided a leverage around 500 nm, phycoerythrin at 560–575 nm, and phycocyanin at 615–630 nm. In general, it was recorded that strain 131 (*Aphanocapsa*) had poorly expressed phycocyanin peak, and, on the contrary, strain 223 (*Synechococcus*) had almost no phycoerythrin peak and consequently this culture had bright green colouration during cultivation.

Spectrophotometric study of the algae cultures pigment composition under the impact of EMF with frequency of 300 Hz and intensity of 135 mV in the end of 10–14 days exposure revealed in phycoerythrin-containing strain 131 an increase of all pigments content compared to the control. The phycocyanin-containing strain 223 demonstrated a nonsignificant increase in the experiment only for carotenoids and phycoerythrin; for the other pigments there was either no change or a moderate decrease in their content. Increasing the incubation period to 21 days resulted in a decrease in the pigments content in strain 131 to the control level, and in the carotenoids and phycoerythrin levels were even slightly below compared to the control. Changes in the pigment composition of the phycocyanin-containing strain were more significant. When the field intensity was increased to 450 mV over 21 days of incubation, a decrease in the all pigments content in the experimental samples was observed in both cultures compared to the control. Especially acute decrease was registered for strain 223 (*Synechococcus*). Exposure to EMF with frequency 600 Hz and intensity 450 mV also caused a decrease in the pigments content.

References:

Eydelkhani M., Kiabi S., Nowruzi B. In vitro assessment of the effect of magnetic fields on efficacy of biosynthesized selenium nanoparticles by *Alborzia kermanshahica* // BMC Biotechnology. – 2024. – Vol. 24, No. 1. – P. 27. – DOI 10.1186/s12896-024-00855-4.

DEVELOPING OF REFINED NATIONAL CARBON DIOXIDE EMISSION FACTOR FROM CARBON BLACK PRODUCTION AT THE ENTERPRISES OF THE RUSSIAN FEDERATION

Bakurova E.Yu., Imshennik E.V., Nakhutin A.I.

Institute of Global Climate and Ecology named after Academician Yu. A. Israel,
Moscow, Russia
e.bakurova@igce.ru

This study is dedicated to the development of a national CO₂ emission factor from carbon black production in the enterprises of the Russian Federation.

Previously, due to a lack of information on the national characteristics of carbon black production, estimates of CO₂ emissions in National inventories from this source were made using the Tier 1 method of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). This method doesn't take into account national characteristics of production processes. Among petrochemical sources, carbon black production is the key source and the third largest CO₂ emissions issuer, second only to the production of ethylene and methanol. In this regard, the estimates of the CO₂ emissions should be based on the use of a national emission factor.

Data on carbon black production, raw materials and fuel consumption were collected from six largest carbon black enterprises. These data were analyzed and used to calculate CO₂ emissions using the Tier 2 IPCC method. This method is a calculation of the material balance of production. This method includes the assumption that all carbon entered into the process in the form of raw materials or fuels, but not included in the target product or by-product, volatilizes into the atmosphere as CO₂.

Individual CO₂ emission factors were calculated for each enterprises for 2015 and 2020. It was found that CO₂ emission factors for different technologies and different raw materials used vary widely. Due to calculating the weighted average value, the national CO₂ emission factor was determined. This emission factor is 3,2 tons CO₂/ton of carbon black. This value exceeds the previously used one by 21%.

In fig. 1, there is a comparison of estimates of CO₂ emissions using an IPCC emission factor and a developed national emission factor.

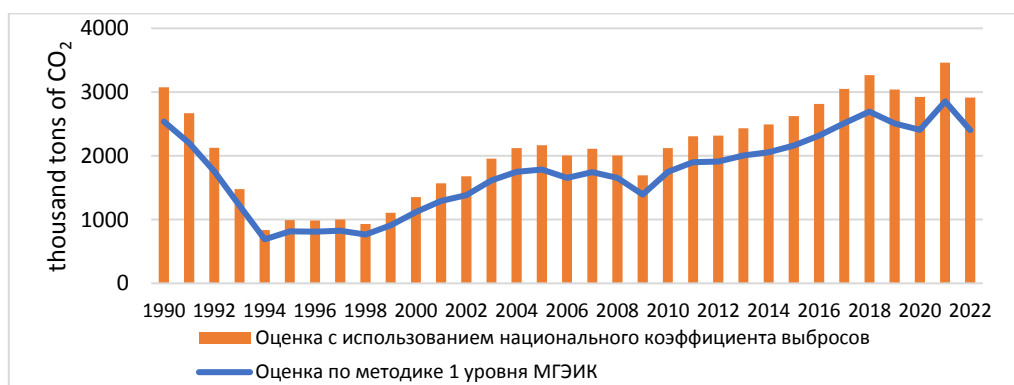


Figure 1 – Comparison of the estimates CO₂ emissions from carbon black production using Tier 1 IPCC method and using developed national emission factor

The application of the material balance method according to the data of individual enterprises has reduced the uncertainty in estimating CO₂ emissions to $\pm 5\%$.

**IMPACT OF SHEREMETYEVO AIRPORT ACTIVITIES ON THE ENVIRONMENT.
ACTIVITY ASSESSMENT FOR 2023**

Bereznev A.A.

Russian State Social University, Moscow, Russia

Artemybereznev@gmail.com

The activities of Sheremetyevo Airport, like any major transport hub, have an impact on the environment, causing air, soil and water pollution. The purpose of the study is to assess the impact of Sheremetyevo Airport activities on the environment in 2023. Hypothesis: Sheremetyevo Airport activities have a negative impact on the environmental situation in the area of its location, including due to emissions from aircraft and other sources of pollution.

Research methods: analysis of Sheremetyevo Airport reports for 2022 and 2023 and our own research. The analysis showed an increase in the level of environmental pollution in the Sheremetyevo Airport area in 2023. For comparison, environmental reports of Sheremetyevo Airport for recent years were studied, and the results of research work carried out by the author in the period 2021–2023 aimed at assessing the pollution of depositing environments in the Sheremetyevo aerodrome area were analyzed. Of particular danger are emissions from aircraft, as well as pollution from the airport infrastructure. This is due to an increase in passenger traffic, an increase in the number of takeoff and landing operations and preparation for operation of the second terminal. The crisis in the aviation industry, which began during the spread of coronavirus infection, has gradually subsided and the flow of passengers in the largest air hub in Russia is gaining momentum again. The results of the study are important for environmentalists, the public and the airport management, often the public believes that the main harm to the environment is caused by emissions from aircraft engines, but in practice it was found that in the airport's operating area, it is precisely this that has the main impact. It is necessary to develop and implement effective measures to reduce the negative impact of Sheremetyevo Airport on the environment; the problem has not been sufficiently studied and requires publicity and attention.

**ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL STATE OF SOILS UNDER CRIMEAN PINE
(*Pinus Pallasiana*) PLANTINGS IN THE KARADAG NATURE RESERVE**

Dubas V.V.^{1,2,3} Aleksashkin I.V.^{2,3} Kalyagina V.O.^{2,3} Khizhnyak Yu.S.²

¹A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol', Russia

²T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of RAS – Branch of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Feodosia, Russia

³V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

victoriadubas.VD@gmail.com

All analyzed soils within the selected model area during the field determination were classified as soddy-carbonate, weakly developed, poorly washed away coarse silty-heavy loamy soils on limestone eluvium (dense limestone from a depth of 7-12 cm). From 10% HCl, all analyzed soils boil from the surface. The reaction of the soil solution is medium alkaline (pH=8.0-8.1). The mechanical composition of the analyzed soils is coarse-silty-heavy loamy. The intended use of soils within the project site is Crimean pine (*Pinus pallasiana*) plantings. The undergrowth is represented by various Crimean forbs and grasses.

The laying of soil sections was carried out according to the well-known envelope method, and sampling of soil and plant material, due to the poor development of soil profiles, was carried out by creating a mixed sample with a total weight of 100 g each. Qualitative and semi-quantitative elemental analysis was carried out using X-ray fluorescence spectrometry (instrument base – Rigaku, Japan). According to the results obtained, the share of heavy metals (in the analyzer range from oxygen to plutonium) on average accounts for about 30 wt.% of the total mass of a sample of 1 g (Fig. 1).

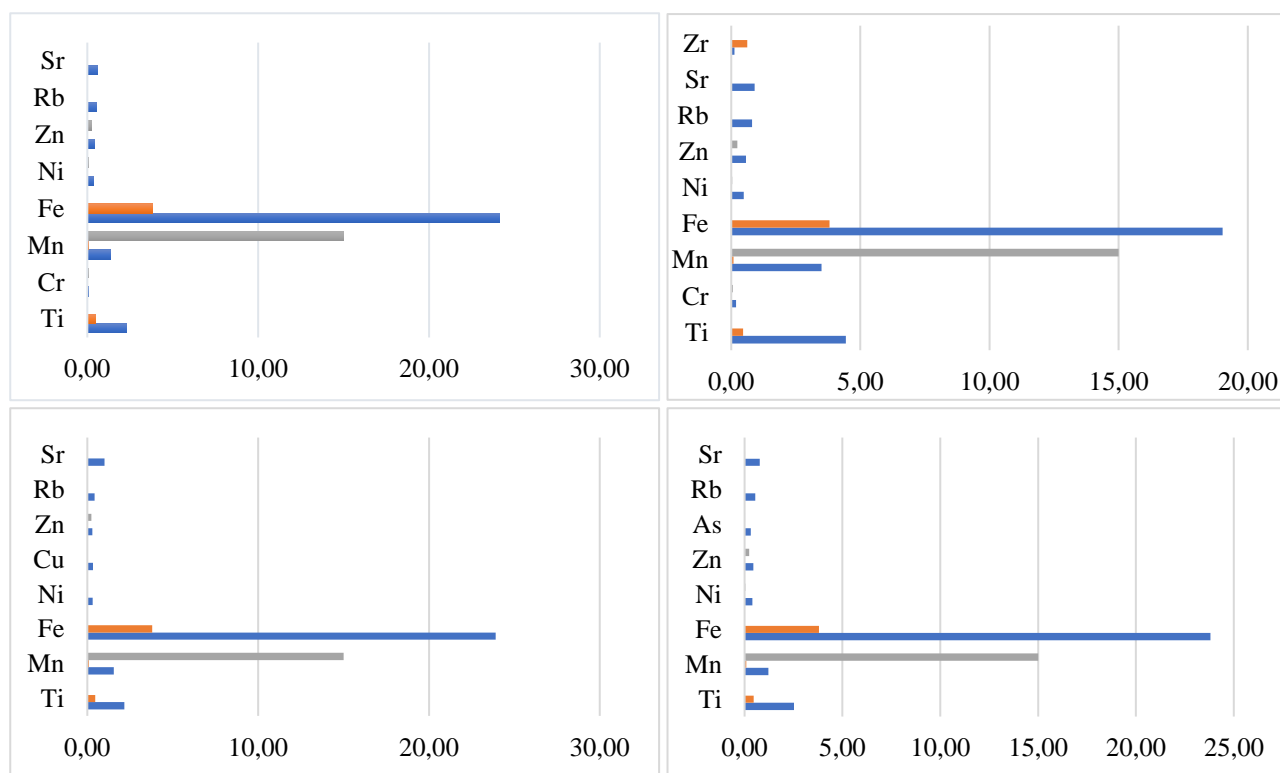


Figure 1 – Ecological and geochemical characteristics of soils within the established sections

The work was carried out within the framework of topic No. 124052000057-0 «Monitoring of climate-active substances in terrestrial ecosystems of the Republic of Crimea under conditions of climate change and anthropogenic impact using remote sensing methods».

THERMAL CONDUCTIVITY OF THE SNOW COVER IN YEKATERINBURG

Fakaeva N.R., Demezhko D.Yu., Gornostaeva A.A., Khatskevich B.D.

Institute of Geophysics UB RAS, Yekaterinburg, Russia

fakaeva.n@gmail.com

The thermal properties of a snow cover play an important role in the formation of the thermal regime of the cities. Their research is particularly relevant in a global climate change context and the increase of the urban heat island intensity.

We have investigated the thermal conductivity vs density dependence of the snow in Yekaterinburg and the impact of impurities which are typical for the urban environment on the thermal conductivity. The studies have been investigated using a single needle probe (MIT-1) in the freezer at temperatures from -12 to -17°C . The «dirty» snow was formed by the adding of impurities like limestone flour, soil and weathered granitic crust to soft snow in the quantity 7–15%. The results of measurements are shown in Fig. 1. 93% of the observed variance of the thermal conductivity can be described with the polynomial approximation of the obtained data (117 measurements) $\lambda = 4,535\rho^2 - 1,87\rho + 0,30$ ($0,16 < \rho < 0,7$). The impurities reduce the thermal conductivity in most cases. However, the impurity content in the samples was on purpose overestimated by several times compared to that in the dirty urban snow, so one can assume that their impact is not significant.

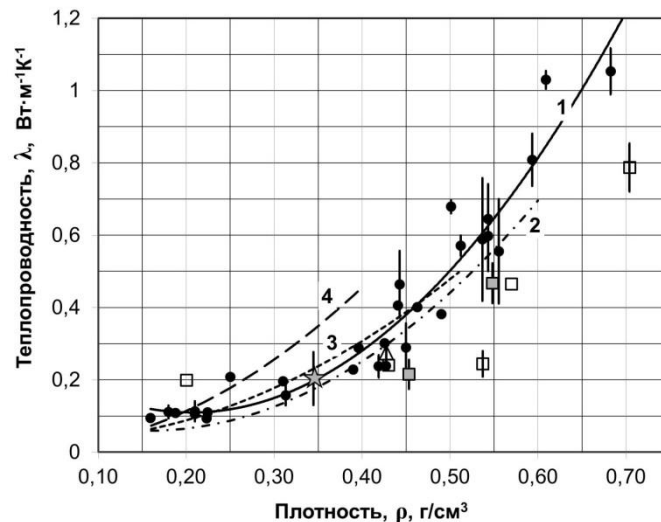


Figure 1 – Thermal conductivity vs density of «clean» (●) and «dirty» snow (□ – weathered granitic crust, ★ – NaCl, Δ – limestone flour, ■ – soil) in Yekaterinburg. Vertical lines bound the range of the mean value \pm standard deviation. The solid curve 1 is the polynomial approximation. For comparison, the dependences being the closest to the considered obtained by other authors are shown: 2 – (Sturm et al., 1997); 3 – (Domine et al., 2011); 4 – the dependence of G.F. Abels (Abel's, 1892).

The work was funded by the Russian Science Foundation, the project No. 22-77-10018, <https://rscf.ru/project/22-77-10018/>.

References:

Abels H. F., Beobachtungen der taglichen Periode der Temperatur im Schnee und Bestimmung des Wärmeleitungsvermögens des Schnees als Function seiner Dichtigkeit // Akad. Wissensch., Rep. Meteorologie. – 1892. – Vol. 16. – P. 1–53.

Domine F., Bock J., Morin S., Giraud G., Linking the effective thermal conductivity of snow to its shear strength and density // Journal of Geophysical Research: Earth Surface. – 2011. – Vol. 116. – F04027. – DOI 10.1029/2011JF002000.

Sturm M., Holmgren J., König M., Morris K., The thermal conductivity of seasonal snow // Journal of Glaciology. – 1997. – Vol. 43, No. 143. – P. 26–41. – DOI 10.3189/S0022143000002781.

**ASSESSMENT OF WET DEPOSITION OF SULPHUR COMPOUNDS IN THE CENTRAL
FEDERAL DISTRICT OF RUSSIA BASED ON EMEP MODELING RESULTS
FOR 2015–2021.**

Galushin D.A.¹, Gromov S.A.^{1,2}

¹Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia

²Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
galushin2012@yandex.ru

The assessment of atmospheric acidified pollutant deposition is a topical issue of research in the field of ecology. Model application allows obtaining quantitative assessments of environmental pollution impact at the regional level, which are difficult to obtain due to the lack of monitoring stations. (Bruskina et al, 2024).

The purpose of the study is to evaluate wet deposition of oxidized sulfur within the area of Central Federal District of Russia (CFDR) for 2015–2021 based on the results of EMEP modeling, and to determine the changes in deposition density (in %) in CFDR subjects over 7 years.

For the analysis, the values of deposited oxidized sulfur with precipitation were taken from the 0,5°x0,5° cells of the EMEP model in relation to the areas of the CFDR subjects, within boundaries of which the fall-out values are summed cell-to-cell (Fig. 1).

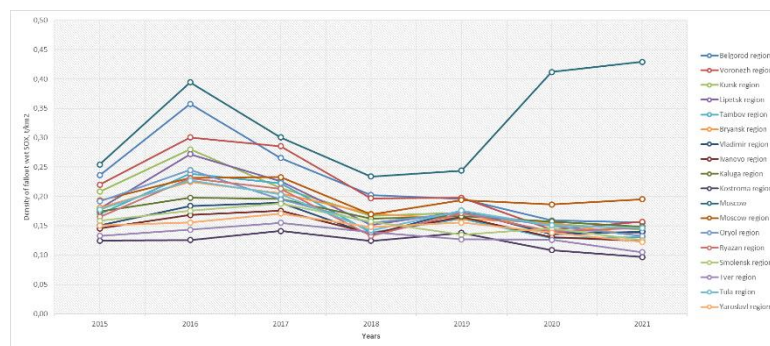


Figure 1 – Density of oxidized sulfur compound deposition with atmospheric precipitation in the territories of Central Federal District in 2015–2021

Analysis of the results of model calculations shows that the highest density fallout of oxidized sulfur with atmospheric precipitation is in the Moscow area. Considerable increase (up to 0,41-0,43 t/km²) in the fallout density in 2020–2021 is explained by the significant precipitation amounts that were recorded in the capital of Russia (908 mm in 2020 and 818 mm in 2021).

The lowest density of sulfate deposition among all CFDR subjects was in the Kostroma Region, as well as in the Tver Region. The density level varied from 0,14 to 0,16 from year to year decreasing to 0,10-0,12 t/km² and by the end of the study period.

This study was carried out in the framework of the Research Project AAAA-A20-120013190049-4 «Development of methods and technologies for monitoring of environmental pollution under the influence of transboundary pollutants transport (UNECE: EMEP, ICP IM) and acid deposition in East Asia (EANET)».

Evaluation of modelling results was done in the study under the state research theme FMWS-2024-0009 №1023032700199-9 of the Institute of Geography RAS.

References:

Bruskina I. M., Gromov S. A., Konkova E. S., et al. Air and precipitation pollution according to data of EMEP stations // Review of the state and pollution of the environment in the Russian Federation for 2023. – M.: FSBI «IGCE», 2024. – P. 65–68.

**HYDROLOGICAL STRUCTURE OF RUNOFF
IN KARST CATCHMENTS IN THE MOUNTAIN CRIMEA**

*Gubareva T.S.¹, Amelichev G.N.^{2,1}, Tokarev S.V.^{2,1}, Vakhrushev B.A.^{2,1}, Gartsman B.I.^{1,3},
Naumenko V.G.², Amelichev Ev.G.^{2,1}, Vakhrushev I.B.^{2,1}*

¹Water Problems Institute of RAS, Moscow, Russia

²V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

³Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

tgubareva@bk.ru

The heterogeneity of the territory, expressed both in space and in the vertical altitude-depth profile and caused by the diversity of above-ground landscapes and underground aquifers, determines the preferential flow paths and differently transforms precipitation and other elements of the water balance. This predetermines the hydrological structure of the runoff, associated with the conditions of its formation, and is reflected in the chemical composition of the water. A detailed study of the runoff structure and its functional features allows a deeper understanding of the mechanisms of runoff formation and biogeochemical processes in catchments. One of the basic concepts in the study of the hydrological structure of runoff is the concept of «water sources» or «river runoff components». In the simplest case, river runoff can be represented as a mix of underground and surface components. In advanced cases, the river runoff components can be differentiated depending on the conditions of their formation. Karst catchments are of particular scientific interest, since complex multi-level structures of the filtration environment, characterized by spatial heterogeneity of capacity and filtration properties, are formed within their boundaries.

The aim of the study is to identify the runoff components and assess the contribution of each of them based on the hydrological and hydrochemical monitoring data from 2021–2023 in the experimental basins of the Mountainous Crimea, including large karst aquifer systems (KVS) and river basins. This work was carried out using the End-Member Mixing Analysis (EMMA) geochemical data analysis method, which combines a physical source mixing model based on the principle of maintaining the balance of water and dissolved substances and a statistical analysis procedure - the principal component method (PCM).

The identification and interpretation of the runoff components are carried out for two river basins (the Kuchuk-Uzenbash River, the Tonas River), and three KAS (springs Ayansky, Karstovy, the Kizilkobinka River of Red Cave karst aquifer system). The following stable water sources are identified: epikarst flow formed in the near-surface fissured and weathered zone of karst rocks; soil-slope flow; baseflow coming from the aeration zone of karst massifs and circulating at the contact with the underlying impermeable rocks. The hydrographs separation of all objects was made using by a two-tracer, three-component mixing model and the assessment of the proportion of each component on specific dates of the hydrochemical survey was received. The resulting dataset of interconnected calculated values for each component made it possible to study the runoff structure in the studied basins. Epikarst flow make a significant contribution to the runoff. Its proportions increase during flood periods, predictably increasing with the increase in water discharge in the outlet sections. The proportions of baseflow in relation to the proportions of epikarst flow are decrease. The soil-slope component in the basins is a random flow component. Empirical dependencies proportions of flow components against water discharge in the outlet sections, as well as dependencies proportions of epikarst flow against baseflow, are revealed. These dependencies represent the basis for further resource assessment of the flow components.

This study was carried out under the financial support of the Russian Science Foundation (project No. 23-27-00236).

**STUDY OF THE COMPONENT COMPOSITION OF PRIORITY SPECIES
GAS FUEL FOR THE DEVELOPMENT OF NATIONAL CO₂ EMISSION FACTORS**

*Ilin A.V.¹, Ershov M.A.¹, Savelenko V.D.¹, Zelenova M.S.²,
Ginzburg V.A.², Zainulin S.M.², Lytov V.M.^{2,3}*

¹NTWC LLC, Moscow, Russia

²FSBI «IGCE», Moscow, Russia

³STU-MADI, Moscow, Russia

a_ilin@ntwc.ru

The task of developing national CO₂ emission coefficients from the combustion of selected types of gas fuels was set and completed within the framework of the VIP GZ⁴ project. Based on experimental and calculated data (calculation model), an analysis of the composition of selected types of gas fuels was carried out: liquefied natural gas (LNG), compressed natural gas (CNG), liquefied petroleum gases (LPG), associated petroleum gas (APG), which allowed us to calculate the properties of these fuels, evaluate the studied parameters and emission factors in natural and energy units in the period from 1990 to 2022.

The analysis of the markets for the production and consumption of gas fuels (1990–2022), the characteristics of technological processes used at manufacturing enterprises of the Russian Federation, existing restrictions on the production of gas fuels, as well as the volume of production and useful utilization of APG. Statistical forms collected by the Central Department of Fuel and Energy Complex were used as the main data source, in addition, information from the Unified Interdepartmental Information and Statistical System (UIISS), information and analytical agencies and official reports of oil refining companies, data from the Federal Customs Service were used.

There is no single source of information on the composition of CNG, LPG or APG by manufacturing enterprises, and therefore the calculation of the composition and properties of CNG, LPG and prepared APG was carried out according to a single principle. For these gas fuels, GOST standards regulating the properties or composition of the corresponding gas fuel became the reference documents for the calculation model. The exception was LNG, the calculation of the composition of which was carried out on the basis of data on each manufacturing enterprise. Using the calculation model, theoretically possible light and heavy compositions of gas fuels in terms of carbon dioxide emissions were first formulated in accordance with the restrictions imposed by GOST. To clarify the extreme values in the compositions, databases of data on types of fuels (CNG, APG and each of the LPG fuel grades by the largest manufacturers) were collected. Databases were necessary to prove the correctness of the transition to a calculation based on the extreme possible compositions of gas fuels according to regulatory documentation. Simultaneously with the clarification, a transition was made to a 95% confidence interval by checking whether the properties of the fuel presented by the quality certificates in the databases fell into the intervals indicated by the specified light and heavy compositions. Since all fuels produced in Russia are required to comply with GOST, this allows you to expand the coverage calculation to 100%.

The uncertainty of the calculation of gas fuels was estimated for two components: the uncertainty of the calculation of composition and properties. The calculated uncertainty values of the emission factors do not exceed 2,5% (except APG). The most carbon-intensive fuels are LPG, followed by LNG, CNG and APG. The values of the obtained emission coefficients for LNG and CNG are close to the default coefficients from the 2006 IPCC guidelines, for LPG they differ, but the result is more correct for the Russian Federation, for the prepared APG the coefficients were determined for the first time.

⁴ The most important innovative project of national importance, Decree of the Government of the Russian Federation No. 3240-p dated 10.29.2022 "On approval of the innovative project "Unified National Monitoring System of Climatically Active Substances"

**ON THE POSSIBILITY OF THE INFLUENCE OF EI NIÑO AND LA NIÑA EVENTS
ON THE POTENTIAL RECRUITMENT OF THE MUSSEL POPULATION
OFF THE COAST OF CRIMEA**

Kazankova I.I.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
ikazani@bk.ru

The study of potential recruitment of the Black Sea population of the mussel *Mytilus galloprovincialis* using control unified substrates, the surface of which was represented by filamentous structures was started by us in 2008 (Kazankova, 2010). (Previously, such unified substrates were smooth glass plates (Dolgopolskaya, 1954; Turpaeva, 1958; Braiko, 1985).

Substrates were exposed in open bays of the Southern coast of Crimea (Laspinskaya Bay, Goluboy Bay) and in semi-enclosed water area off the coast of Sevastopol at horizons from two to 15 m depth.

The main patterns we obtained when measuring potential replenishment are as follows:

- on control substrates with filamentous surface the number of mussel postlarvae formed from settled larvae is almost an order of magnitude higher than on glass plates;
- in general, the potential recruitment of the Southern coast of Crimea (hereinafter – SCC) is an order of magnitude higher than that of the coast of Sevastopol;
- in the area of the SCC with depth there is an increase in potential recruitment, in the coast of Sevastopol such regularity was not revealed;
- maximum values of potential recruitment for annual periods are observed in the SCC only in the first half of the year - from January to June, in the coast of Sevastopol – both in spring (March - June) and in autumn (October – December);
- in the warm period of the year (July – September) near the coast of Sevastopol mussel postlarvae on control substrates are completely absent;
- the studied areas are characterized by significant inter-annual variability of potential recruitment.

In 2017–2022, we studied the variability of potential recruitment of the mussel population and temperature conditions in the surface layer of the sea near the outlet of the Sevastopol estuarine zone. It was shown that during cold periods, namely from November 2017 to April 2018 and from November 2021 to April 2022, pronounced negative and weakly pronounced positive anomalies of monthly mean water temperature values were observed. At the same time, high values of maximum potential recruitment were observed in the spring of 2018 and 2022, an order of magnitude higher than in 2019 and 2020, during the cold period of which only positive temperature anomalies were observed.

As defined in (Andreeva, 2023), La Niña events were observed in 2017–2018 and 2020–2022, and El Niño events were observed from late 2018 to early 2019.

In this regard, it can be assumed that global processes occurring in the ocean-atmosphere system, affecting the Black Sea region, cause changes in the Black Sea ecosystem, which, in turn, affect the potential recruitment of the Black Sea mussel population.

References:

Kazankova I. I., Shchurov S. V. Method of studying the replenishment of mussel, mitilaster and anadara settlements in the coastal zone of the Black Sea: patent 2548105 of the Russian Federation. IPC A01K 61/00 №2014150175/93 / patentee FGBUN «Institute of Marine Biological Research named after A.O. Kovalevsky RAS». Published 10.04.2015, Bulletin No. 10.

Andreeva N. N., Voskresenskaya E. N., Marchukova O. V. On the possibility of influence of El Niño-Southern Oscillation on the intensity of phytomass growth in the coastal zone of Sevastopol // Environmental Control Systems. – 2023. – № 2. – P. 27–35.

THE ECOLOGICAL STATE OF THE RHIZOSPHERE OF SPRING SOFT WHEAT

Kiselyova A.A., Shuliko N.N.

Omsk ANC, Omsk, Russia

veybender@mail.ru

The analysis of rhizospheric microflora was carried out in soil samples selected in 2023 on a small-scale field experiment located within the city of Omsk (southern forest-steppe). The effect of the biopreparations Mizorin (*Arthrobacter mysorens* 7) and Flavobacterin (*Flavobacterium* sp. L-30.) (produced by VNISHM, St. Petersburg, Pushkin) on the microbial cenosis of the rhizosphere of new varieties of crops of the Omsk selection of spring soft wheat Omsk 42, Omsk 44, Tarskaya 12 was studied. The determination of the rhizospheric microflora of wheat was performed by seeding on dense nutrient media: Mishustina – for oligonitrophils – dilution 10^{-6} ; Muromtsev – Gerretsen medium – for microorganisms mobilizing mineral phosphates – dilution 10^{-6} (Tepper, 2004).

In the variants with the use of biological products, the number of oligonitrophils, microorganisms consuming atmospheric nitrogen, increased. The highest was in the variants using the Mizorin biopreparation on Omsk 44 wheat, amounting to 44,8 million CFU/g, respectively (at the control level of 34,2 million CFU/g), when using Flavobacterin on Tarskaya 12 wheat, amounting to 35,7 million CFU/g, at the control level of 27,6 million CFU/g. Stimulation of the growth of oligonitrophils when using inoculation is apparently associated with an improvement in the nitrogen nutrition of plants due to its fixation by bacteria from the air, as a result, the root system is more powerful, nitrogen consumption in the rhizosphere increases, which contributes to the development of oligonitrophils, content with the residual amount of available nitrogen.

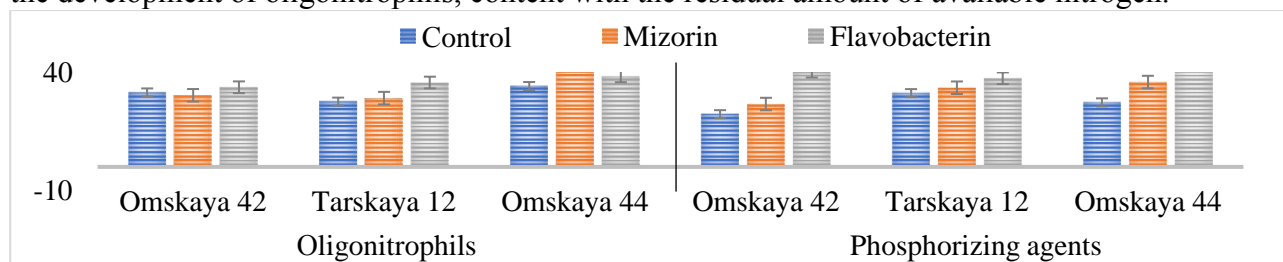


Figure 1 – The number of microorganisms in the rhizosphere of various wheat varieties during inoculation, million CFU/g, southern forest steppe (Omsk)

The number of phosphate-mobilizing microorganisms significantly increased with the use of Flavobacterin on all wheat varieties, the increase in relation to the control was between 19 and 86%, with the highest values in the Omsk 44 variety (50,9 million CFU/g at the control level of 27,3 million CFU/g). During the pre-sowing treatment of seeds with Mizorin, only an increase in the test group was noted, only in the Omsk 44 variant there was a surge of 32% relative to the control. Inoculation with associative diazotrophs has a positive effect on the number of phosphate-mobilizing microorganisms and the amount of mobile phosphorus in the rhizosphere of crops (Belimov, 1990).

The use of Mizorin in soft wheat crops stimulated the growth of oligonitrophils by 20% only in Omsk 44 wheat. The phosphate-mobilizing group of microorganisms was activated by the use of Flavobacterin in the rhizosphere of varieties Omsk 42, Omsk 44 by 81-86%.

This work was supported by the Russian Science Foundation (project No. 23-76-10064, <https://rscf.ru/project/23-76-10064/>).

References:

Belimov A. A. The effectiveness of barley inoculation with mixed cultures of diazotrophs: abstract of the dissertation ... cand. Biol. nauk / Belimov A. A. – L., 1990. – 20 p.

Tepper, E. Z. Practicum on microbiology textbook for universities / E. Z. Tepper, V. K. Shilnikova; edited by V. K. Shilnikova. – 5th ed., reprint. and additional – M.: Bustard, 2004. – 256 p.

ACCUMULATION OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN SOILS AND PLANTS OF THE POLAR URAL MOUNTAIN TUNDRA: ECOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL ASPECTS

*Korolev M.A.¹, Yakovleva E.V.¹, Gabov D.N.¹, Shamrikova E.V.¹,
Zhangurov E.V.¹, Panyukov A.N.¹*

¹Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IB FRC Komi SC UB RAS), Syktyvkar, Russia
korolev.m@ib.komisc.ru

The study area is located in the mountainous zone of the Polar Urals (Bolshoy Paipudynsky Ridge, 67°13'33.3"N; 65°38'04.8"E) and is characterized by outcrops of Lower Devonian marbleized limestones. The objects of study are soils of eluvial (6-PU), transit-accumulative (3-PU, 5-PU, 7-PU, 8-PU), and accumulative (2-PU, 1-PU) positions within a 1,5-kilometer catena. The observed diversity of soil types and subtypes is facilitated by the combination of landscape-geomorphological conditions and the specificity of carbonate parent materials (Shamrikova, 2020).

The determination of PAH content in soils and plants was performed using HPLC. PAH extraction was carried out by accelerated solvent extraction (ASE) from 1 g of sample using a mixture of methylene chloride:acetone (1:1) at 100°C. The extracts were concentrated, and the solvent was replaced with hexane. Purification from impurities was performed by column chromatography on aluminum oxide using a mixture of hexane:methylene chloride (4:1). Analysis of the purified concentrates was conducted by HPLC. Accuracy control was performed using certified reference materials.

The content of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the above-ground biomass of plants at the study sites ranges from 35 to 110 µg/kg, while in the soils it ranges from 6 to 190 µg/kg. The biomass is characterized by a predominance of light PAHs, accounting for 97–100% of the total PAH content, except for site 2-PU, where this percentage drops to 80%. The composition of the above-ground biomass significantly influences the PAH content in the soils. This is confirmed by the similarity in the qualitative composition and the close correlation between the content of individual PAHs in the organic horizons and the biomass of the corresponding sites, with a coefficient of determination (R^2) ranging from 0,79 to 0,97 ($P = 0,95$). This correlation consistently decreases with depth in the underlying layers, with R^2 values ranging from 0,57 to 0,87 ($P = 0,95$). In the soil profiles, except for the spot at site 6-PU, there is an accumulation of PAHs in the organic horizons. Both in the soils and in the plants, light PAHs dominate, primarily naphthalene and phenanthrene.

Heavy PAHs, such as benzo[a]pyrene, have carcinogenic effects and are classified as hazard class I in the Russian Federation. The maximum permissible concentration (MPC) of benzo[ghi]perylene in soils is 20 µg/kg, however, in the biomass and soil of site 2-PU, the content of this carcinogen reaches 6,3 µg/kg. The bioaccumulation of toxicants in the "soil-plant-animal" system poses a risk to the agro-industrial complex of the Far North, considering the Russian regulation that limits the content of benzo[a]pyrene in meat and meat products to 1 µg/kg.

Regular monitoring of PAH accumulation in soils and plant products of the area is required to control their potential entry into the organisms of animals and humans through food chains. In the future, we plan to study the composition of reindeer muscle tissues for PAH content.

The research was carried out within the framework of the RSF grant No. 24-27-00231 «Carbonate Soil-Permafrost Geosystems of the Polar Urals: Polygenesis, Evolution, Classification».

References:

Shamrikova E. V., Zhangurov E. V., Kulyugina E. E., Korolev M. A., Kubik O. S., Tumanova E. A. Soils and the soil cover of mountainous tundra landscapes on calcareous rocks in the Polar Urals: diversity, taxonomy, and nitrogen and carbon patterns // Eurasian Soil Science. – 2020. – Vol. 53. – № 9. – P. 1206–1221.

REGULARITIES OF THE CONNECTION OF THE VEGETATION INDEX NDVI WITH SURFACE TEMPERATURE AND PRECIPITATION

Krasosvkay V.S., Voskresenskaya E.N.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

VladislavaKrasovskay@gmail.com

Climate change has a significant impact on the vegetation of the Crimean Peninsula. Increase in temperature and decrease in precipitation especially in the summer season can lead to the transformation of ecosystems in the region (Didukh, 1992; Transformation, 2010), which is manifested in changes in vegetation structure. One of the key indicators of vegetation response to climatic changes is the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI), which demonstrates the amount of photosynthetically active biomass. Studying the relationship of NDVI with meteorological parameters such as temperature and precipitation provides a better understanding of geosystem dynamics and assesses the implications for ecosystem biodiversity.

Temperature and precipitation data from 24 meteorological stations in Crimea for the period from 2000 to 2022 were used to investigate the relationship between NDVI and meteorological parameters. Data on the vegetation index (NDVI) were collected using MODIS/Terra (MOD13Q1) satellite sensors (NASA, 2023) with 250-metre spatial and 16-day temporal resolution for the growing season (April to October) from 2000 to 2022 inclusive. This was used to create point arrays around weather stations selected by vegetation class: deciduous forests, coniferous forests, steppes, yail steppes and juniper forests. Conversion of 16-day NDVI data to monthly data was performed using the weighted coefficient method. Pearson's correlation coefficient was used to detect the correlation of NDVI with temperature and precipitation, and its significance was evaluated using Student's t-criterion.

The results of the study confirmed the statistically significant relationship of NDVI with temperature and precipitation at 90% confidence level. The correlation coefficients of NDVI and temperature varied with vegetation type and time lags. In forest ecosystems such as Ai-Petri and Angarsk Pass, a positive correlation (0,69–0,7) with temperature was observed, whereas in steppe areas (Dzhankoi, Kerch, Belogorsk) the correlation was negative (–0,35– –0,58). Precipitation had a greater influence on NDVI in steppe geosystems with a positive correlation (0,20–0,26), indicating the presence of dependence of vegetation on the level of moisture.

It was revealed that in forest ecosystems, temperature plays a key role in NDVI changes, demonstrating a positive correlation, especially for short-term time lags. In contrast, in steppe areas, temperature has a negative influence, and precipitation becomes the determining factor in maintaining and increasing NDVI. The results may be useful for further prediction of vegetation changes under climate change and will help in the development of biodiversity conservation measures in the region.

References:

NASA Science Strategy: website. – URL: [https:// science.nasa.gov/about-us/science-strategy](https://science.nasa.gov/about-us/science-strategy) (access date: 28.12.2023).

Transformation of landscape-ecological processes in the Crimea in the XX century-beginning of the XXI century / T. V. Bobra, V. A. Bokov, L. YA. Garkusha [et al.]. – Simferopol: DOLYA, 2010. – 304 p.

Vegetation cover of the mountainous Crimea, Didukh Y.P.: (Structure, dynamics, evolution and protection) / J. P. Didukh; Academy of Sciences of Ukraine. Institute of Botany named after N. G. Kholodny. N. G. Kholodny. – Kiev: Nauk. dumka, 1992. – 269 p.

DEVELOPMENT OF A GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM FOR DIGITAL INVENTORY OF AIR POLLUTION STATIONARY SOURCES IN SEVASTOPOL

Ley V.A., Nurzai V.A., Gavrisenko S.A.

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

VALey@sevsu.ru

The modern environment includes a large number of negative sources impact on humans and nature, and the development of modern information technologies makes it possible to create new systems for monitoring and recording sources of anthropogenic impact. There is a growing interest in pollution problems among scientists around the world, which is confirmed by meta-analysis (Feng et al., 2024).

The main requirement for such systems is the ability to accurately reference the location, as well as the ability to obtain complete information about the objects of impact on the natural environment. Such functionality is possessed by geographic information systems (GIS), which provide for the collection, storage, processing, analysis and display of spatially coordinated data, as well as the acquisition of new information and knowledge based on them (Shikhov et al., 2017).

The use of GIS makes it possible to carry out a digital inventory of objects of environmental impact for their accounting, obtaining prompt access to information on the location, volumes and types of pollutants, which significantly simplifies the decision-making processes in the field of environmental protection and nature management.

To test the use of the system, the goal was to inventory the most significant stationary objects of air pollution in the city of Sevastopol in terms of gross emissions in a total of 19 pieces (Zoning..., 2022). Also, for each enterprise, pollutants with a value according to the criterion of 0,1 MAC were identified. Among these objects: heat supply enterprises, storage of petroleum products, handling of solid municipal waste, manufacturing enterprises – objects of impact on the atmosphere and other organizations of the city of Sevastopol, providing reports on their impact on the atmospheric air. In the Russian closed software shell «DatumGIS» a map was generated with the binding of objects of environmental impact by addresses, indicating the gross volume of emissions, the list of pollutants according to the indicator of 0,1 MPC and their volumes. To visualize the impact on the environment, the binding point of each enterprise has a different diameter and color saturation.

The system was created with the possibility of remote access and filling to implement the stated goals of digital inventory and is of interest for the further development of a comprehensive digital environmental analysis of the territory.

References:

Feng T., Sun Y., Shi Y., Ma J., Feng C., Chen Z. Air pollution control policies and impacts: A review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2024. – Vol. 191. – 114071. – DOI 10.1016/j.rser.2023.114071.

Shikhov A. N., Cherepanova E. S., Pyankov S. V. *Geoinformation systems: methods of spatial analysis: textbook* / A. N. Shikhov, E. S. Cherepanova, S. V. Pyankov. – Perm: Perm. state national research university, 2017. – 88 p.

Zoning of the territory of Sevastopol for organizing air pollution monitoring / S. A. Gutnik, E. I. Azarenko, G. A. Sigora [et al.] // *Environmental monitoring systems*. – 2022. – No. 1(47). – P. 66-73. – DOI 10.33075/2220-5861-2022-1-66-73.

**ASSESSMENT OF LAND DEGRADATION: FEATURES OF USING
GLOBAL AND REGIONAL INDICATORS**

Lobkovskiy V.A., Kust G.S., Andreeva O.V.

Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
v.a.lobkovskiy@igras.ru

Land Degradation Neutrality (LDN) is the recent concept and methodology developed within the framework of the UN Convention to Combat Desertification (UNCCD), also represents the main strategic line of the UNCCD for the period by 2030. It fully meets the Sustainable Development Goals (SDG), in particular in target 15.3., which directly indicates the need to strive: «...to achieve a land degradation-neutral world» (Agenda ..., 2015).

The achieving LDN is recommended to evaluate the value of trends (improvement/stable/degraded) of three LDN proxy indicators – dynamics of: land productivity, land cover, and soil organic carbon. Analysis of the obtained result allows calculating the value of the SDG indicator 15.3.1 «Proportion of land that is degraded over total land area». The calculation is made for a certain baseline period (by default 2000–2015), in a GIS plugin Trend.Earth («Trends.Earth») specially developed within the QuantumGIS software. Initial information for calculations is obtained from global databases like ESA CCI LC; NDVI – AVHRR, MODIS, PROBA; ISRIC.

This approach allows for country assessments using a single methodology, provided with the same type of data for a significant period of time.

Our recent studies have shown (National ..., 2019; Lobkovskiy et al., 2022), that in the context of Russia LDN indicators do not always reflect the physical-geographical, socio-economic, institutional and managerial characteristics of the country. Insufficient reliability of global data for the territory of Russia was also revealed (errors in recognizing land cover transitions, insufficient data for some territories, etc.), the qualitative component of land assessment is not taken into account during the assessment.

To solve this problem, at the first stage, we proposed a scientific terms associated with the LDN concept and adapted for Russia's scientific thesaurus. An analysis of existing national monitoring systems was conducted, and the possibilities for mutual adaptation of different monitoring systems based on international approaches established.

Next, we systematized indicators and indices of land degradation, and developed an algorithm for adapting global and national indicators. This allowed to propose a structure of indicators and indices of the national assessment system, as well as an approximate list of indicators for assessing both the dynamics of land conditions and their current quality characteristics for territories at different levels of governance (country, region, district, local level).

References:

Lobkovskiy V. A., Andreeva O. V., Kust G. S. Using National System of Land Monitoring for Assessment of Land Degradation Neutrality in Russia // *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. – 2022. – № 86(1). – P. 9–27. – DOI 10.31857/S2587556622010095. (In Russ.)

National report «Global Climate and soil cover of Russia: desertification and land degradation, institutional, infrastructural, technological adaptation measures (agriculture and forestry)» / Edited by R. S.-Kh. Edel'geriev. – Moscow: IBA Publishing House LLC, 2019. – Vol. 2. – 476 p.

Resolution A/RES/70/1 adopted by the General Assembly on 25 September 2015. 70/1. «Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development».

**LIPID COMPONENTS OF POLAR URAL SOILS ON CARBONATE ROCKS
(BOLSHOI PAIPUDYNSKY RIDDLE)**

Lu-Lyan-Min E.I., Gruzdev I.V., Shamrikova E.V., Zhangurov E.V.
Institute of Biology Komi SC UrD RAS, Syktyvkar, Russian Federation
gruzdeva.katua94@yandex.ru

Extreme areas remain unstudied due to their inaccessibility. The main ideas about the soils of the northern part of the Ural Mountain Range are obtained for the areas easily accessible in terms of transport. Soils formed on weathering products of dense carbonate rocks remain less studied. The most important direction of soil formation in these objects is the processes of humus formation and humus accumulation (Shamrikova et al., 2020).

The organic part of soil includes substances belonging to different classes of compounds by chemical composition and structure. Higher carboxylic acids are the most representative group of soil organic compounds, which are included both in the composition of lipids of soil microbiota and contained in free form. Each soil can be characterised by an individual set of fatty acids (FA), which makes it possible to use this group of compounds as indicators of chemical and biochemical processes occurring in soils at modern and previous stages of their formation (De Carvalho, 2018).

The aim of the work is to develop new methodological approaches for extraction and determination of lipid components of soils, as well as to study the composition of lipid components of soils of the Polar Urals on carbonate rocks by chromatographic methods.

Increasing the selectivity of determination of target components in analysed samples is the main problem faced by researchers due to the complexity of the composition and multicomponent nature of the object. Known methods of gas chromatographic determination of fatty acids in soil assume a long sample preparation with mandatory separation of the stages of extraction and derivatisation of the analyzed compounds. In this paper we consider an approach that involves combining the stages of extraction and derivatisation of the analyzed compounds. The proposed variant also allows increasing the selectivity of determination of alkanes and fatty alcohols.

The paper will present the advantages of the developed approach, methods of chromatographic identification of the analysed compounds, as well as the possibilities of application of the obtained information on the content of fatty acids in soil samples for characterisation of soil microbiota.

Fifty fatty acids representing five homological series (mono-, divalent, monounsaturated, monounsaturated, mono-unsaturated of non-linear structure, mono-oxycarboxylic acids) were identified during the research. The total content of FA in soil profiles varies significantly – 0,2–3,5 mg/g. The decrease in the mass fraction of FA with depth is proportional to the decrease in the carbon content of organic compounds. The total amount of fatty acids in the terrestrial biomass is up to 2 times higher compared to the corresponding organogenic horizons. The biomass of mosses is characterised by a lower amount of FA compared to the biomass of herbaceous plants; moreover, the accumulation of acids with a greater number of atoms in the chain is expressed in the composition of the former (C₂₂–C₂₈).

The research was carried out within the framework of the RNF grant № 24-27-00231 «Carbonate soil-permafrost geosystems of the Polar Urals: polygenesis, evolution, classification».

References:

De Carvalho C., Caramujo M. J. The various roles of fatty acids // *Molecules*. – 2018. – Vol. 23, No. 10. – P. 2583.

Shamrikova E. V., Zhangurov E. V., Kulyugina E. E. et al. Soils and soil covers of mountain tundra landscapes of the Polar Urals on carbonate rocks: diversity, classification, distribution of carbon and nitrogen // *Soil Science*. – 2020. – No. 9. – P. 1053–1070.

**FEATURES OF ACCUMULATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN THE NEEDLES OF
THE SOUTHERN COAST OF THE REPUBLIC OF CRIMEA**

Lyapina E.E.

Institute for Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia
eeldv@mail.ru

Pine needles as a sensitive bioindicator of the ecological state of atmospheric air along with epiphytic species of lichens, poplar leaves due to the cumulative effect reflect even weak impacts of industrial and residential sources of impact. Shows the total effect of all, without exception, important for the components of the natural environment impacts of human activity and geochemical features of the territories. Indicates the trends and degree of negative impact on humans. Allows you to predict the state of the components separately and the environment as a whole in the future. Pine needles reflect the state of atmospheric air for one vegetation period and up to 5 years. During the destruction of coniferous litter, its accumulated substances participate in the formation of the chemical composition of the soil cover, surface and groundwater.

Sampling of needles was carried out at the end of the growing season of 2021 in the recreational areas (parks, embankments, alleys) of populated areas of the southern coast of the Republic of Crimea: Sevastopol (including the Balaklava district), Yalta (embankment, Massandra winery), Bakhchisarai, Miskhor village (embankment, Ai-Petri town) (8 points). A total of 15 samples of needles of Crimean pine (*Pinus pallasiana*), Norway spruce (*Picea abies*), European larch (*Larix decidua* Repens), Algerian fir (*Abies numidica*) and stinking juniper (*Juniperus foetidissima*) were collected.

The needle samples were studied by the instrumental neutron activation analysis method at the School of Natural Resources Engineering of the National Research Tomsk Polytechnic University (analyst A.F. Sudyko). The Hg content in the samples was determined on a mercury analyzer RA-915+, by the atomic absorption method using the PIRO-915 attachment.

During the study, the accumulation features of 28 chemical elements were determined: Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Hg, Th, U depending on the place of growth, the type of coniferous tree. Calculations of geoecological indicators of the concentration of chemical elements were performed. Geochemical parameters of the sources of element entry into the needles were identified.

**INFLUENCE OF LASPI BAY SEEP FLUIDS ON THE HYDROSPHERE,
ATMOSPHERE AND BIOSPHERE (SOUTHERN COAST OF CRIMEA)**

Lysenko V.I.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

niagara_sev@mail.ru

Nowadays, when studying the deep sea, attention is paid to the study of the composition and volume of seep fluid emissions and the biocenosis around them. Due to their great depths, it is difficult to carry out work to study them. The seeps in Laspi Bay are located at depths of up to three meters and are a testing ground, where fluid samples can be easily taken and emission volumes determined. When studying seeps in Laspi Bay, the most important thing is to establish their influence on geological, hydrological and biological processes around them.

The aim of our research was to study the composition and volumes of fluids from cold seeps and their influence on natural processes.

The seeps are confined to the intersections of the Laspinsky and Beregovoy faults. Gas bubble outlets are located on the surface of buildings. In addition to jet emission, diffusion fluid is observed in the voids of buildings. Over a twenty-year period, observations have established, that the volumes of gas emissions are not constant throughout the hour, day and season. During the observation period, up to 9192 m³ of gaseous fluids entered the atmosphere from them.

Unstable emissions of fluid volumes are accompanied by their unstable composition. Cold seep fluids contain a large bouquet of hydrocarbon and non-hydrocarbon gases. Hydrocarbon gases are represented mainly by CH₄. In small quantities are present C₂H₈, C₂H₆, C₃H₈, C₃H₆, C₄H₁₀, iC₄H₁₀, nC₅H₁₂ and iC₅H₁₂. The fluids contain N₂, O₂, CO₂ and He. In small concentrations, gas emissions contain sulfur gases: CS₂, COS and H₂S.

The salinity of the water near the seeps varies from 6,8 to 14,7‰, which indicates the presence of desalinated aqueous solutions in the fluids. Their volumes are insignificant, but the emissions of solutions have some periodicity. In terms of concentrations of salts and geochemical elements, aqueous fluid solutions differ from sea water in Laspi Bay.

Emissions of gases and aqueous fluids from Laspi Bay are not significant in volume. At the same time, there are a significant number of similar degassing outlets in the coastal parts of seas and oceans. They are rarely noticed, but their total emissions of gases and aqueous solutions over a long period of time influence the evolutionary changes in the atmosphere and hydrosphere.

Unique objects in Laspi Bay are the ridges of beach bacterial structures. Microbial communities create not only organic matter from methane and hydrogen sulfide fluids, but produce carbonate material and sulphides. The formation of calcite cement in a community of prokaryotes and archaea is evidenced by the results $\delta^{13}\text{C}$ (–20,93 и –20,83 ‰). The buildings differ in shape from the tubular or flat structures of the Black Sea. They are associated with local «oasis of life» in the midst of a lifeless environment of loose beach sediments. The surfaces of the buildings are covered with thickets of algae and colonies of bryozoans. They contain 12 species of polychaetes and numerous mollusk shells, which are in symbiosis with methanotrophic and methanogenic microorganisms.

As a result of the research it was established that there are beach bacterial structures near the seeps, which are unique geological and biological objects. Their formation occurred due to the processing of deep fluids by prokaryotes and archaea into carbonate and organic matter. Microorganisms are the cleaners that protect the atmosphere from methane and carbon dioxide. In addition, bubble gas and aqueous fluid solutions participate in the evolutionary change of the modern atmosphere and hydrosphere. They are the main controllers of its composition.

The work was carried out within the framework of the State Assignment IPTS No. state registration 124020100120-9.

**SPATIAL DISTRIBUTION AND BIOMASS RATIO OF GELATINOUS
TO FORAGE ZOOPLANKTON IN THE WORLD OCEAN**

Meger Y.V., Piontkovski S.A.

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

meger_yakov@mail.ru, spiontkovski@mail.ru

One of the important goals in studies of different structural groups of pelagic communities is to reveal the trends of their large-scale spatial distribution. The forage zooplankton is an important intermediate link in the trophic structure, in the transformation of matter and energy from phytoplankton to small pelagic fish. Crustaceans (Copepoda) with the size range of 0,2–2,0 mm, contribute markedly to the diet of small pelagic fishes. In the group of non-forage zooplankton this role, by biomass, belongs to gelatinous organisms, which act as the trophic dead-ends because they transfer a part of the organic carbon flux from the food chain to the detrital chain. In studies of the spatial structure of pelagic ecosystems, it is important to understand how the biomass of forage and gelatinous zooplankton are correlated, in shelf waters and in the open ocean (Piontkovsky et al., 2023a; Piontkovsky et al., 2023b).

The aim of our study was to test the hypothesis if there is a negative trend in the large-scale spatial variability of gelatinous zooplankton biomass, from the continental shelf to oceanic waters. To estimate the trend, 223 5-degree squares were analyzed using international databases and literature sources. Also, the ratio of gelatinous-to-forage zooplankton biomass was calculated for 393 5-degree squares. These calculations have elucidated the gelatinous biomass decline from shelf to open waters. The trend was statistically significant for the entire ocean despite a large variability in the biomass spatial distribution. The median biomass in the northern hemisphere waters of the World Ocean was ten times that in the southern hemisphere. The ratio of gelatinous-to-forage zooplankton biomass was also higher in the northern hemisphere. A revealed statistically significant relationship of gelatinous biomass with the carbon flux rate at the bottom of the euphotic zone has pointed to an important role of gelatinous organisms in the formation of the vertical component of the carbon flux in the pelagic zone of the World Ocean.

This work was financially supported by the Russian Science Foundation (project № 23-24-00007)

References:

Piontkovsky S. A., Minsky I. A., Meger Y. V. Multiyear variability of oceanic zooplankton biomass // *Aquatic Bioresources and Habitat*. – 2023a. – Vol.6, No.3. – P. 52–65.

Piontkovsky S. A., Minsky I. A., Meger Y. V. Biomass ratio of ferruginous and forage zooplankton in the World Ocean // *Actual questions of biological physics and chemistry*. – 2023b. – Vol.8, No.1. – P. 94–98.

**PECULIARITIES OF INTENSITY OF HYDROBIONTS GLOW
AT DIFFERENT LEVELS OF HEAVY METALS CONTAMINATION**

Melnikova E.B.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia
helena_melnikova@mail.ru.

In the present period, the Black Sea experiences a strong anthropogenic load, consisting of many factors, one of which is pollution with heavy metals. Heavy metals enter the marine environment as a result of emissions during high-temperature processes in ferrous and non-ferrous metallurgy, during firing of cement raw materials and burning of mineral fuel, irrigation with waters with a high content of heavy metals, application of domestic sewage sludge to soils as fertilizer, etc. Plankton communities, one of the characteristics of the functioning of which is the intensity of the glow of phytoplankton organisms, have the property of a quick response to changes in the ecosystem, and therefore can serve as an operational indicator of the effect of various habitat factors on it, including heavy metal pollution (Evstigneev, 1990; Evseeva et al., 2020; Melnikova, 2014; Tokarev et al., 2016).

Graphs of changes in the glow intensity of hydrobionts at different levels of concentrations of pollutants are given.

The peculiarities of changing the intensity of the glow of hydrobionts on the example of *Noctiluca scintillans* by different levels of concentrations of salts of iron, lead, copper, zinc and mercury were noted. It has been shown that when exposed to lead cations for more than 1–2 days, inhibition of the intensity of the glow is observed, which is not further restored.

Heavy metal cations have such properties as polyvalence, high reactivity, biological activity, thanks to which metals take part in almost all physicochemical, chemical and biological processes occurring in hydrobionts, and a change in their concentration in the habitat is reflected in the processes and features of the development of hydrobionts.

It should be noted that in laboratory conditions, the effect of only one any toxicant at dosage concentrations is usually investigated. However, in real conditions, the processes of life of hydrobionts are simultaneously influenced by a number of factors that have, among other things, a total, synergistic or compensatory effect. Therefore, it is necessary to continue studies of changes in the glow intensity of hydrobionts in real conditions, taking into account the joint influence of various pollution factors, to create a database of seasonal changes in the glow intensity of hydrobionts in normal conditions and taking into account the effects of pollutants. Further, this database can be used to identify the environmental changes of the marine environment from the observed changes in the intensity of the glow of aquatic organisms.

References:

Evstigneev P. V. The influence of a number of toxic compounds on the bioluminescence of marine copepods // Experimental Aquatic Toxicology. – 1990. – No. 4. – P. 105–119.

Evseeva A. I., Korablina I. V., Gevorkyan Zh. V., Katalevsky N. I., Gorgola L. G. Assessment of pollution of water and bottom sediments of the Caucasian region of the Black Sea with heavy metals and arsenic in the modern period // Aquatic bioresources and habitat. – 2020. – Vol. 3, No. 3. – P. 7–16.

Melnikova E. B. Bioluminescence in the functioning of ecosystems of the Black Sea pelagic zone. – Kyiv: Fitosotsiotsentr, 2014. – 175 p.

Tokarev Yu. N., Evstigneev P. V., Mashukova O. V. Planktonic bioluminescents of the world ocean: species diversity, light emission characteristics under normal conditions and under anthropogenic influence. – Simferopol: N. Oreanda, 2016. – 340 pp.

ASSESSMENT OF CHANGES IN AIR EMISSIONS IN RUSSIAN SIBERIA AND FAR EAST TO CHARACTERIZE REGIONAL POLLUTION

Mishchenko K.I.¹, Gromov S.A.^{1,2}, Zhadanovskaya E.A.¹

¹Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia

²Institute of Geography RAS, Moscow, Russia
misikir@ya.ru

Emissions of air pollutants in the regions and in the country as a whole are among the general indicators of anthropogenic impact on the environment and air quality used in state statistics. The changes in air emissions obtained from official statistics were analyzed (Emissions..., 2024).

The ratio of the amount of gaseous oxides of sulfur and nitrogen emitted into the air in 2010–2023 to the values of 2010 ranges from 0,88 to 1,06 and 0,9 to 1,1 in the Siberian Federal District, from 0,59 to 1,06 and 0,75 to 1,4 in the Far Eastern Federal District, differing in dynamics from the changes in individual regions in those Federal Districts above (Fig.1).

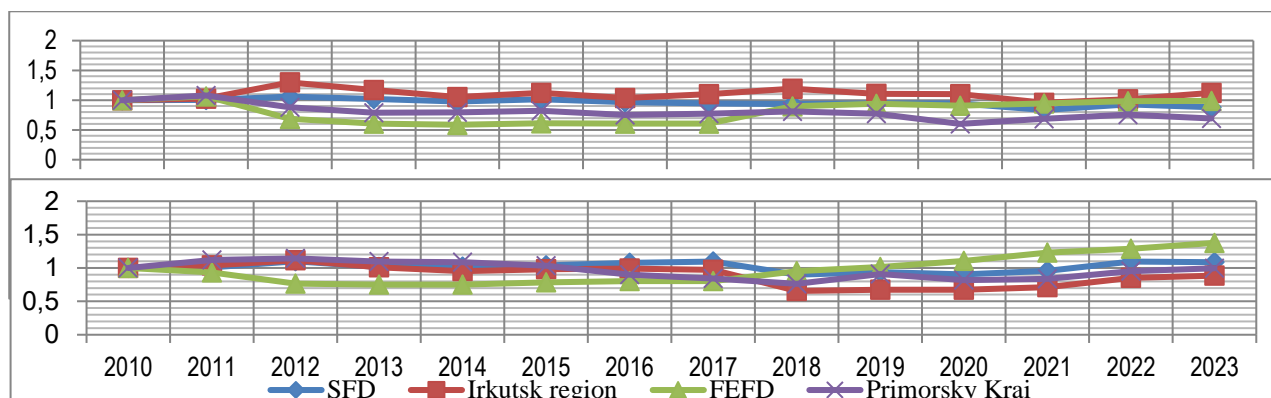


Figure 1 – Ratios of emissions of sulfur dioxide (SO₂, *top*) and nitrogen oxide (NO_x, *bottom*) from stationary sources in 2010–2023 to their values in 2010

Roshydromet's monitoring data show that during this period there is a general decrease in the concentrations of most pollutants in the air of cities of these territories (GGO, 2023; Fig.2). The same information for cities of above individual districts of the Russian Federation is also presented.

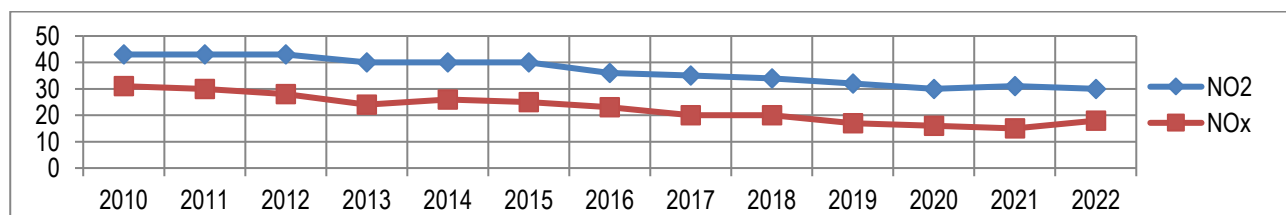


Figure 3 – Average concentrations (µg/m³) of nitrogen dioxide (NO₂) and nitrogen oxides (NO_x) in cities of the Asian part of Russia

Evaluation of data was done in the study under the state research theme FMWS-2024-0009 №1023032700199-9 of the Institute of Geography RAS.

References:

Emissions of pollutants into the air of cities and regions of the Russian Federation for 2018–2023. 2TP-air data // Rosprirodnadzor: website. – URL: <https://rpn.gov.ru/> (access date: 12.08.2024).

State of atmospheric pollution in cities on the territory of Russia for 2022: yearbook / GGO Roshydromet; performed by M. L. Dovolskaya [et al.]. – St. Petersburg: GGO, 2023. – 254 p.

COMPOUNDS OF SULFUR AND NITROGEN IN THE ATMOSPHERIC AIR OF BACKGROUND AREAS OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

Pastukhov B.V., Paramonov S.G.

IGKE, Moscow, Russia

ofmpbv@mail.ru

The integrated background monitoring (IBM) system provides an assessment of the impact of background pollution of the natural environment in the areas of the IBM stations on the state of the biosphere, including typical, undisturbed and unique ecosystems. The information coming from the network of IBM stations allows us to characterize the «current» regional/global background of environmental pollution («zero» for counting local impacts), as well as changes in the background level over time.

Sulfur and nitrogen compounds are the oldest of the priority list of pollutants, which are regularly monitored for many years.

The paper presents the results of long-term observations of the content of sulfur and nitrogen compounds in the gaseous and aerosol state (Fig. 1). The data series of some monitoring stations exceed 30 years and are regularly published in yearbooks by Roshydromet (Review..., 2023).

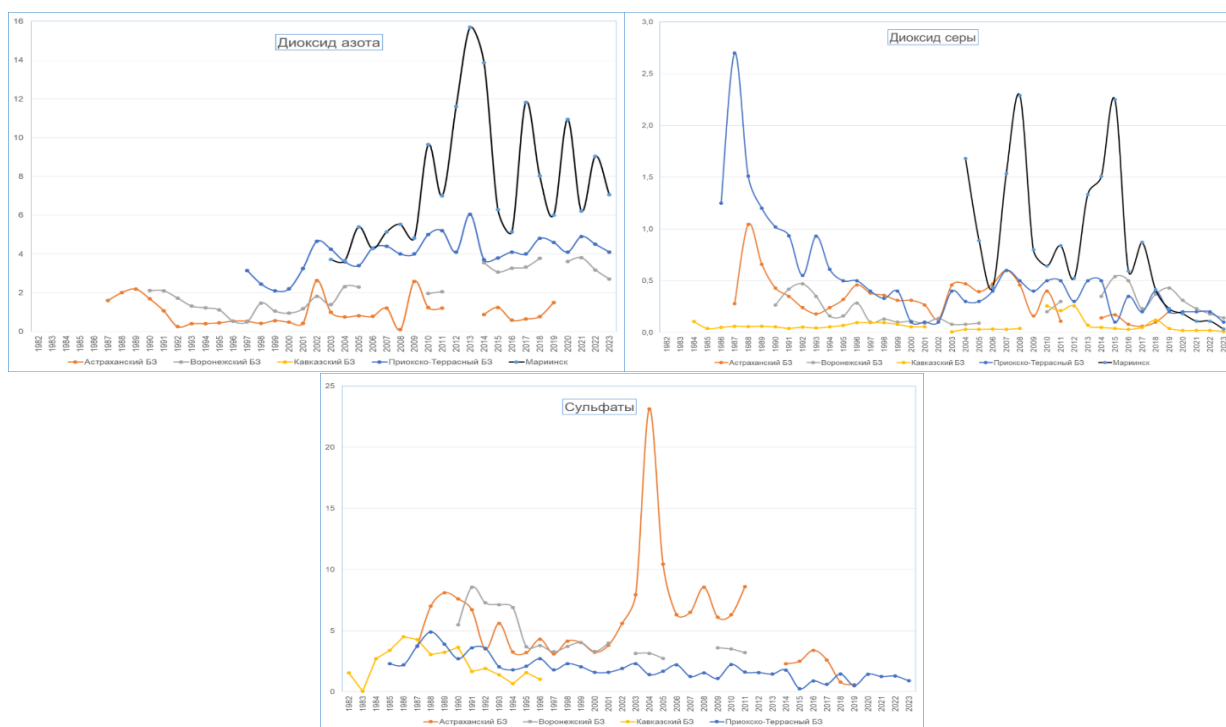


Figure 1 – Average annual concentrations of sulfur dioxide, nitrogen dioxide and sulfates in the atmospheric air of background areas (mkg/m^3)

The assessment of trends in the background content of pollutants in the atmospheric air over the past 15–20 years, including 2022, on the territory of Russia, indicates the preservation of conditions on their territory that ensure low background levels of concentrations of sulfur and nitrogen compounds in the atmospheric air.

References:

Review of the background state of the environment in the territory of the CIS countries for 2022, edited by G.M. Chernogaeva. – 2023. –120 p.

**THE RESULTS OF THE SURFACE SPRINGS ECOLOGICAL SURVEY
IN THE SOUTH-WEST OF CRIMEA**

Petrenko A.E.¹, Lysenko V.I.¹, Novokhatskaya A.A.²

¹Branche of Lomonosov MSU in Sevastopol, Sevastopol, Russia,

²GAU RK CLATM, Simferopol, Russia

shura.petrenko.2004@mail.ru

The population of south-western Crimea quite often in some years experience difficulties with water supply. At this time many inhabitants of the region use for their needs water from surface sources (springs). Many of them believe that the water from springs is higher quality than the tap water. At present, there are no government organizations in Sevastopol that would monitor the state of the area around the springs and the composition of their water. Therefore, the assessment of the surface springs ecological status of the Heracles Peninsula and the south-western part of the Crimea is relevant.

The purpose of the studies was to assess anthropogenic pollution of waters and the spring areas state.

The hydrogeological and ecological conditions around the springs were investigated during the work. Water quality was mainly determined by colorimetric method. Measured flow rates, temperature and organoleptic properties in water. Concentrations of harmful substances were determined by colorimetric method. The essence of the method was to compare the water solutions coloring with a colorimetric scale. The chemical analysis of water was carried out on 10 indicators by the «NILPA HOME» test system (pH, total hardness, carbonate hardness) and the «Crismas+» test system (nitrate and nitrite). The results obtained were compared with the limiting values of SanPiN 2.1.4.1175-02 and SanPiN 2.1.4.1074-01.

The research area was within the Heracles Plateau and the South-Western part of Crimea. In the study area aquifers are associated with the quaternary, the Neogene, the Paleogene, the Lower Cretaceous sediments, the Upper Jurassic sediments. Most surface sources in the Crimea are related to karst processes. Some of them are on the border of Jurassic limestone and Lower Cretaceous clay. Springs are found in limestone of middle Sarmatian in the Heracles Plateau, and aquitards for them serve as a layer of clay.

Surveys have found that the area around most surface springs is relatively sanitary.

The analyses results showed that most springs of the Heracles Peninsula have increased nitrate concentrations, which is related to the weak protection of the middle Sarmatian aquifer from surface pollution. This is due to the presence of landfills, cesspools, burial grounds and the use of nitrogen fertilizers. The high hardness of some sources may be related to the removal of the catchment area.

In the south-western part of Crimea, water in almost all sources complies with the standards of SanPin according to most indicators. But some of them are characterized by high hardness and mineralization of water at certain periods

The results of the study showed that water from springs can be used for drinking needs. Based on the survey and water analysis results, an interactive map of springs was created. The bundles of videos about their ecological conditions were recorded on the platform «YouTube», and also created a website «The Republic of Crimea springs and Sevastopol».

**HEAVY METALS ACCUMULATION IN ECOSYSTEMS OF URBANISED
AREAS UNDER CLIMATIC ANOMALIES**

Pokhodnya E.I.¹, Dinkelaker N.V.²

¹Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

²ITMO University, St. Petersburg, Russia

elizaveta902@mail.ru

Global climate change is manifested, among other things, in the frequent weather anomalies in the last few years, which depressing effect affects biogeocenoses. To the most significant extent, the stress produced by weather anomalies is experienced by the ecosystems of urbanized areas. Urban green spaces are characterized by increased vulnerability, but at the same time they play a key role in the formation of a healthy urban environment.

In the summer of 2021, St. Petersburg experienced periods of abnormally high temperatures, which fell at the beginning of the vegetation period of most therophyllous species represented in the green spaces of the city, when the plants had not yet reached their maximum stability. In June and July, daily temperatures exceeded the norm by more than 5 degrees Celsius. August 2022 was also characterised by a weather anomaly, but it fell at a later stage of vegetation.

The levels of heavy metal accumulation by green parts of plants and their photosynthetic activity served as the main studied parameters on the basis of which the bioecological functions of plants were assessed under conditions of exposure to stress produced by the combined impact of anthropogenic factor and increased relative to normal temperature.

The analysis of plant biological transition coefficients with regard to heavy metals and metalloid (arsenic) showed a violation of plant barrier functions due to physiological stress, which was particularly pronounced in species of introduced plants, not specific for the studied region. The greatest disturbance of barrier functions was shown for arsenic in most of the species studied and for zinc in white poplar (*Populus alba* L.). After temperature normalisation, barrier function was only partially restored. Under the 2022 weather anomaly, plants, while achieving greater tolerance, showed less pronounced impairment of barrier functions and higher rates of recovery after temperature normalisation.

The changes in the content of photosynthetic pigments in plant leaves were also considered in accordance with the Lichtentaller method in the dynamics of weather conditions. An increase in the proportion of chlorophyll B and carotenoids under weather anomalies was shown to be due to the more active destruction of chlorophyll A by exposure to high temperatures. Introduced species, which are more resistant to elevated temperatures, underwent the least changes.

Thus, it was shown that physiological stress, expressed in the combined effect of abnormally high temperatures and anthropogenic burden, has a depressing effect on plants of all tiers, degrading their barrier functions, reducing the levels of photosynthetic pigments.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR REDUCING THE NUMBER OF CLIMATE PREDICTORS IN MODELLING SPECIES RANGES

Popov I.O.^{1,2}, Popova E.N.²

¹Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia

²Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
igor_o_popov@mail.ru; en_popova@mail.ru

Species distribution modelling is a rapidly developing area of modern science at the intersection of biogeography, ecology, climatology, mathematics and information technology. For its implementation, nineteen bioclimatic parameters BIOCLIM are most often used as climatic predictors, reflecting temperature and humidity climatic characteristics of the environment and having a number of convenient properties for assessing the territory of potential species distribution throughout the globe. To improve the quality of range models and reduce correlation between these parameters, it is necessary to reduce their number. Several approaches are known for solving this problem, most of which consist of creating new synthetic variables based on observed ones, which has a number of significant drawbacks. An alternative approach consists of selecting climatic variables, while it is necessary to achieve the maximum reduction in their number with minimal loss of useful information. The approaches used for this also have a number of significant drawbacks.

In this study, an attempt was made to develop an effective statistically sound approach for selecting climate predictors for range modelling based on identifying correlation groups of parameters, the correlation within which exceeds the correlation with other groups, and selecting from them the parameters that correlate least with each other. Several methods were used to identify correlation groups: correlation matrix analysis, cluster and factor analyses. The HDBSCAN algorithm was used for cluster analysis, and the quartimax and varimax methods were used for factor analysis. As an example, the values of bioclimatic parameters calculated for the period 1991–2020 all over the globe based on the CRU TS 4.03 climate database were analyzed. The studies showed good consistency between the results of using different methods. Several correlation groups were identified, the number of which was four or five, depending on the interpretation of the negative correlation value: whether the negative correlation is a sign of a greater difference between the parameters or not. Another, sixth, group of two parameters (BIO14 and BIO17) can be identified based on the results of applying the varimax factor analysis method, but this correlation group is not revealed by other methods. Of the six identified groups, six parameters were selected, one from each group, demonstrating the minimum average value of the correlation coefficient with the parameters from other groups: BIO2, BIO5, BIO7, BIO14, BIO15 and BIO18 (the latter in the case of identifying the sixth group). Low correlation between these parameters is noted: the maximum value of the Pearson coefficient is 0,389 (BIO5 and BIO15), the maximum in absolute value is -0,582 (BIO14 and BIO18). The obtained results show a fairly high efficiency of the applied approach to the selection of bioclimatic parameters.

The work was supported by a grant from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the form of a subsidy for a large scientific project «Global Climate Challenges in Russia: Retrospective Analysis, Forecast, and Adaptation Mechanisms» (Agreement No. 075-15-2024-554 dated April 24, 2024).

**SPATIAL-TEMPORAL DISTRIBUTION OF FINE PARTICLES PM₁₀
IN THE ATMOSPHERE OF THE VOLGA FEDERAL DISTRICT**

Shishkin G.I., Guryanov V.V.

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia
mr.GoraShi@mail.ru

Among the list of the main atmospheric impurities retained in the near-surface layer, suspended particles of fine fractions belonging to hazard class III are of particular interest for monitoring by the hydrometeorological service. The purpose of this study is to analyze the spatio-temporal distribution of suspended particles $d < 10 \mu\text{m}$, while identifying its correlations with individual climatic factors in the territory of the Volga Federal District (hereinafter referred to as the VFD). The initial material for the study was the EAC4 (CAM5) reanalysis data for the period 2003–2022 with a horizontal resolution of $0,75^\circ \times 0,75^\circ$ in latitude / longitude (about 80 km) for the near-surface layer of the atmosphere, which is based on satellite data. The initial material for the meteorological information was the ERA5 reanalysis data.

Based on EAC4 data, maps of climatic fields of average PM₁₀ particle concentrations were constructed. It was found that the geographic distribution of foci of elevated concentrations generally corresponded to the location of large industrial centers of the VFD. This contrasting “focal” nature of distribution is most clearly visible in the winter months under conditions of stable atmospheric stratification and weakening of zonal circulation.

In the warm period of the year, on the contrary, the distribution of PM₁₀ particles had a smoother character in territorial terms, while the values of average concentrations were an order of magnitude higher than in winter. This is explained by the change in the synoptic situation: the activation of zonal circulation (with the weakening of meridional) and the intensity of turbulent mixing of air masses. In addition, the increase in the level of air pollution by fine particles was facilitated by the seasonal intensification of construction work throughout the region, as well as the absence of snow cover, which in winter was a factor preventing the transfer of surface dust.

To analyze the dependence of PM₁₀ concentration distribution on meteorological factors, the linear correlation coefficient was calculated. It was found that increased average PM₁₀ concentrations in the warm season had a high positive correlation with the increase in temperature background and an average positive correlation with a weakened meridional component of wind speed.

In the areas of previously identified foci of elevated average PM₁₀ concentrations during the cold period of the year, a significant high negative relationship with a weakened zonal component of wind speed and a decrease in the temperature background was revealed, which naturally follows from the above analysis of the distribution.

References:

ECMWF fourth-generation atmospheric composition reanalysis data // Atmosphere Data Store: website. – URL: <https://ads.atmosphere.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cams-global-reanalysis-eac4?tab=overview> (access date: 10.08.2024).

Meteorological data from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) // Climate Data Store: website. – URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/search?type=dataset&text=ERA5> (access date: 10.08.2024).

**MICROBIAL CENOSIS - INDICATOR OF THE ECOLOGICAL
STATE OF MEADOW-CHERNOZEM SOIL**

Shuliko N.N.

Omsk ASC, Omsk, Russia

shuliko@anc55.ru

In recent decades, one of the main ways to solve the problem of increasing grain yields in many countries of the world is the use of microbiological agents that stimulate plant growth and development, protect against harmful organisms, dispose of crop residues, etc. The use of biological products in the cultivation of grain crops is slightly inferior in effectiveness to chemical fungicides, however biofungicides can be cheaper than chemicals in 2–2,5 times.

Research was carried out in the southern forest-steppe zone of the Omsk Irtysh region in field experiments of the Omsk Agrarian Scientific Center. Rhizosphere sampling was carried out in the phases of plant development: tillering (June), earing (July), grain filling (August). The count of the number of microorganisms was carried out on solid nutrient media.

Observations of changes in the number of oligonitrophilic and phosphate-mobilizing groups when using seed bacterization showed a decrease in fertilized versions of the experiment, oligonitrophils up to 36% (oats), phosphate-mobilizing up to 50% (barley). In the rhizosphere of oats, the number of oligonitrophils also decreased by 18% in the Mizorin variant, by 36% in the Flavobacterin variant. This may be due to the fact that during introduction, microorganisms enter the soil that can have a certain effect, including a negative one, on the native microbiota. The growth trend of oligonitrophilic bacteria in the Mizorin variant was observed on barley, up to 14% of the control (Table 1).

In general, during the growing season, the total (conditionally) number of rhizospheric microbiota of barley and oats with the use of pre-sowing bacterization of seeds tended to decrease (up to 16%), due to a decrease in the number of the largest numerous groups – oligonitrophilic and phosphate-mobilizing. However, it is worth noting that this trend was within the error of experience.

Table 1 – The number of microorganisms in the rhizosphere of grain crops when using biological products, mln. CFU/g, (n=3)

Option		Oligonitrophils	Phosphate-mobilizing bacteria
Barley Omsk 101	Control	44,0	63,2
	Mizorin	50,2	60,9
	Flavobacterin	43,5	42,2
Oats Siberian Hercules	Control	72,1	74,6
	Mizorin	61,4	60,7
	Flavobacterin	53,2	66,3
LSD ₀₅ = 13,8; HCP _{05B} = 12,0			

Thus, in the rhizosphere of grain crops, there was a tendency to decrease from the studied agricultural intake of the most numerous groups of oligonitrophilic and phosphate-mobilizing bacteria, and, as a result, the total (conditionally) number of rhizospheric microbiota of barley and oats decreased to 16% by control when applying pre-sowing bacterization of seeds. However, the decrease is within the definition error (20%), in this regard, it can be stated that the ecological situation in the soil is calm.

This work was supported by the Russian Science Foundation (project No. 23-76-10064, <https://rscf.ru/project/23-76-10064/>).

ORGANIC COMPOUNDS IN MONTHLY TOTAL ATMOSPHERIC FALLOUT IN THE SEVASTOPOL SEASHORE

Smyrnova L.L.¹, Katunina E.V.²

¹Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

²Sevastopol branch of the State Oceanographic Institute named after N.N. Zubova,
Sevastopol, Russia
inik48@inbox.ru

The composition of various chemical compounds that pollute the lower layers of the troposphere over the sea surface, coastal waters and in the area of highways includes organic substances, among which are anionic surfactants and oil hydrocarbons (n-alkanes).

On the Sevastopol seaside there are numerous sources of oil-type n-alkanes: shipping and ballast water discharge. They accumulate in areas of ports, docks and oil terminal and quickly evaporate from the sea surface. Surfactants are synthetic compounds of an alkaline nature, used in cleaning of the sea surface during oil spills and as detergents in everyday life and industry. In places where untreated wastewater is discharged into the sea, surfactants are concentrated in the surface microlayer and evaporate. Surfactants and oil-type n-alkanes, migrating in the troposphere, are not only destroyed to CO₂ under the influence of photochemical factors, but are also washed out by atmospheric fallout on to various underlying surfaces.

The purpose of the work was to study the content of oil-type n-alkanes and surfactants in monthly total atmospheric fallout arriving on 1 m² of surface.

Sampling was carried out on the weather site of the building of the SB SOIN, height above sea level ~100 m. Atmospheric fallout: rainwater, snow, hail, settling sea and terrigenous aerosols were collected for a month on the surface of distilled water, which was constantly present in the samplers. Determination of n-alkanes was carried out by IR spectroscopy (λ 2930±70 cm⁻¹), surfactants – colorimetrically (red light filter).

During the year, the concentration of n-alkanes in monthly samples varied from 4,1 to 13,0 mg/m² month, and surfactant – from 0,7 to 11,3 mg/m² month; its dependence on air temperature was revealed. The dependence of their mid-season concentration on the number of days with wet precipitation is shown in table. 1.

Table 1–Seasonal variability in the number of days with wet precipitation and concentrations of n-alkanes and surfactants in total atmospheric fallout, 2022

Options	Spring	Summer	Autumn	Winter
Number of days with wet precipitation	18	10	23	14
Surfactant, mg/m ²	2,2 ± 0,6	6,3 ± 2,4	7,5 ± 2,8	2,1 ± 0,4
Oil-type N-alkanes, mg/m ²	9,0 ± 2,2	4,2 ± 0,1	9,6 ± 2,3	5,8 ± 0,7

The content of surfactants in atmospheric fallout was lower than of n-alkanes in spring, autumn, winter. The concentration of these detergents is rises in the summer-autumn period with an increase in wastewater discharge into the bays. Evaporating surfactants are adsorbed on the surface of various aerosols and settle as a result of their sedimentation, especially during the dry summer period. Oil-type n-alkanes are washed out only by wet precipitation (snow, rain), since they enter and migrate in the troposphere in a gaseous state, their concentration is maximum in the spring and autumn seasons. N-alkanes and surfactants deposited with atmospheric fallout are included in the chemical and biological cycles of aquatic and terrestrial ecosystems and negatively affect the life activity of marine and freshwater organisms and terrestrial vegetation.

The research was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Natural and Technical Systems (state registration number 124013000609-2).

**TROPHIC STRUCTURE OF ZOOBENTHOS IN THE KERCH STRAIT
AT VARIOUS LEVELS OF ITS DEVELOPMENT**

Terentev A.S.

Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography
(Kerch Department), Kerch, Russia
iskander65@bk.ru

For the assessment of the zoobenthos development, the abnormality index suggested by G. N. Zaitsev (1991) has been applied. The species density, abundance, and biomass of the Kerch Strait zoobenthos have been used as the primary data; the samples were collected with Petersen's dredge at 351 stations in 1986–2016. It made possible to identify the sea bottom areas with very high, high, average, low, and very low development of zoobenthos. Some bottom sites were characterized by an almost complete absence of macrozoobenthos. The decrease in the zoobenthos development was concurrent with the decrease in the zoobenthos abundance and biomass, which varied from 3680 ± 880 ind./m² (for the abundance) and 2260 ± 760 g/m² (for the biomass) in the areas with a very high level of zoobenthos development to $32,9 \pm 4,3$ ind./m² and $8,4 \pm 2,7$ g/m², respectively, in the areas with a very low one.

The classification of the trophic structure of zoobenthos has been conducted according to E. N. Turpaeva (1953) and A. P. Kuznetsov (1970). 30 seston feeders, 4 phytophages, 20 predatory organisms, 20 polyphages, 38 species feeding on the detritus on the substrate surface, and 3 deposit feeders residing within the substrate in its upper layer and its column have been recorded.

At all levels of development, seston feeders prevail in zoobenthos, both in terms of abundance and biomass. Their abundance in the areas with a very high level of zoobenthos development was 3430 ± 910 ind./m² and their biomass was 2620 ± 760 g/m². In the areas with a very low zoobenthos development, their abundance and biomass were $12,7 \pm 4,9$ ind./m² and $4,0 \pm 1,8$ g/m², respectively. The decrease in their abundance and biomass is the main factor responsible for the decrease in the total abundance and biomass of zoobenthos.

The species feeding on the detritus on the substrate surface, predators, and polyphages were other major trophic groups. Their abundance and biomass also decreased with the development level of the zoobenthos, but at a lower rate. As the result, the share of seston feeders reduced from 86–99% in terms of abundance and 96–99% in terms of biomass in the areas with the a very high level of development to 29–48% in the abundance and 35–59% in the biomass in the areas with a very low one. Conversely, the share of predatory species increased from 0,4–0,9 to 18–36% in terms of abundance and from 0,2–0,8 to 24–47% in terms of biomass. For polyphages, the increase was, respectively, from 0,8–1,5 and 1,5–5,4% to 0,3–0,7 and 2,4–8,5%. In the areas with a very low level of zoobenthos development, the predators show the abundance and biomass similar to those of seston feeders.

In the areas characterized by an average level of zooplankton development, the most prominent role was played by the deposit feeders and phytophages; their share was, on average, 0,6–1,2% of the total abundance and 0,4–1,1% of the total biomass of zoobenthos. In the areas with a very low development level, these trophic groups were absent. With the decrease in the zoobenthos development, the diversity of the zoobenthos trophic structure increases. Across the entire range of possible zoobenthos development, the diversity based on abundance is higher than that for biomass.

References:

- Zaitsev G.N. Mathematical analysis of biological data. – Moscow: Science, 1991. – 184 p.
Kuznetsov A.P. On the trophic structure and zonal distribution of the benthic fauna of Azov and Baltic Seas. // Proceedings of the Shirshov Institute of Oceanology of the USSR Academy of Sciences. – Moscow: Science, 1970. – Vol. 88. – P. 81–97.
Turpaeva E.P. Feeding and trophic groups of marine benthic invertebrates. // Proceedings of the Shirshov Institute of Oceanology of the USSR Academy of Sciences. – 1953. – Vol. 7. – P. 259–299.

METHODS AND DATA PIPELINE FOR PROCESSING MEASUREMENTS OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS FOR SPA MEDICINE

Titov V. Yu.¹, Abazova S.V.², Stupnikov S.A.¹, Evstigneev V.P.³

¹Federal Research Center Computer Science and Control of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

²Research Institute of Children's Balneology, Physiotherapy and Medical Rehabilitation,
Evpatoria, Russia

³Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
tvty@inbox.ru

There are important aspects for assessing the climate impact at a resort: actuality of the data and simplicity. Currently, the assessment of the climatic effect in the resorts of Crimea by both vacationers and doctoral staff is carried out independently according to many different values (weather data): air temperature, humidity, atmospheric pressure, wind speed, ultraviolet level, partial oxygen density, etc.

It is proposed to improve the practice of showing a variety of climatic parameters on the weather information boards by adding the calculation of one integral indicator of climate favorability for the target audience (healthy adults, adults and children of various health groups) and the delivery of values of this indicator to the information systems of institutions in Crimea. Modern meteorological instruments with automatic information collection make it possible to create a data pipeline, which will receive environmental parameter values promptly. At the end of the pipeline, the calculated parameters, including an integrated assessment of the favorable climate impact, are not only accumulated in order to study the climate from the point of view of resort medicine, but are also transmitted without delay to target consumers through mobile applications, resort websites, and resort information systems. It becomes possible to determine in real time the sufficiency of the dose for a person in the water or on the beach in accordance with the course of treatment and rehabilitation.

This methods and the pipeline system creation was initiated by: the Federal Research Center «Computer Science and Control» of the Russian Academy of Sciences (Moscow) and (Crimea).

TRENDS OF MAJOR ION CONCENTRATIONS IN STREAM WATERS OF TWO SMALL RIVERS IN ASIAN RUSSIA OVER 15 YEARS (2009–2023)

Zhigacheva E.S.¹, Gromov S.A.^{1,2}

¹Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow

²Institute of Geography RAS, Moscow

zhigacheva@igce.ru

As part of the Acid Deposition Network in East Asia (EANET) program, continuous monitoring of the chemical composition of surface waters has been carried out since 2007 for two small rivers located in the Asian part of Russia. The Pereemnaya River is within the basin of Lake Baikal. The second river, Komarovka (at EANET Primorskaya site), is located in Primorsky Krai and belongs to the basin of the Sea of Japan. Long-term observations there allow us to evaluate the dynamics of stream waters pollution status.

Since river water samples are taken 4 (Pereemnaya) or 5 (Komarovka) times a year only, the accurate calculation of observed compounds runoff fluxes is complicated. Therefore, changes in the chemical composition of stream waters are assessed based on the concentrations of substances.

According to data averaged over five-year periods, for the most of major pollutants, the concentration values are higher for Komarovka river, which is especially evident for ammonium, chlorides and nitrites. At the same time, the lower pH values were observed on the Pereemnaya river. In the period 2014–2018, an increase in concentrations of sulfates and nitrates was observed on the Komarovka river, which was reflected by a decrease in pH values at this period. The water of Pereemnaya river is generally characterized by a smaller variation of concentrations.

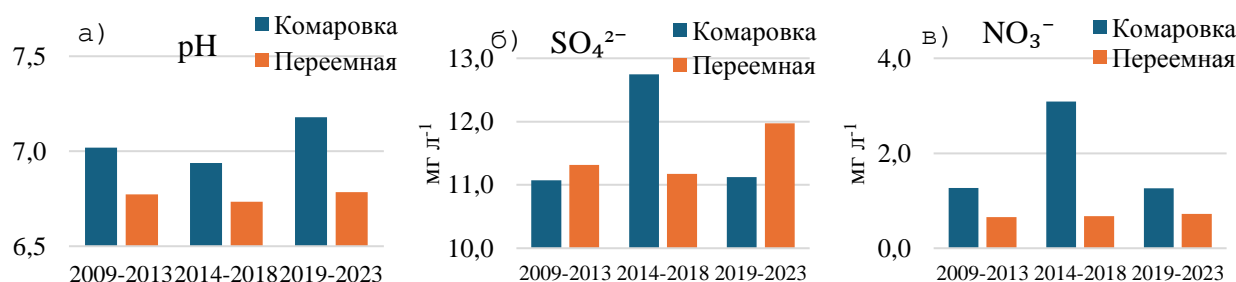


Figure 1 – Comparison of average five-year values of pH (a), sulfate (mg/L) (b) and nitrate (mg/L) (c) concentrations

To estimate trends of the concentrations of the major ions for 15- and 10-year periods, the nonparametric Mann-Kendall test and the Sen slope criterion of the observation series were carried out using the Excel template MAKESENS (Salmi et al, 2014). At Komarovka, statistically significant increasing trends were observed for sodium, potassium and calcium cations (for 15 years). Decreasing trends were observed for ammonium ions, nitrites, and for the last 10 years – for nitrates. For Pereemnaya, a noticeable decrease was found only in ammonium concentrations. And a slight increase in sulfates was determined. Changes in the concentrations of other ions varied quite strongly over the observation period, which did not allow us to identify statistically significant trends.

This study was carried out in the framework of the Research Project AAAA-A20-120013190049-4 «Development of methods and technologies for monitoring of environmental pollution under the influence of transboundary pollutants transport (UNECE: EMEP, ICP IM) and acid deposition in East Asia (EANET)». Evaluation of measurement data was done under the state research theme FMWS-2024-0009 №1023032700199-9 of the Institute of Geography RAS.

References:

Salmi T., Määttä A., Anttila P., Ruoho-Airola T., Amnell T. Detecting Trends of Annual Values of Atmospheric Pollutants by the Mann-Kendall Test and Sen's Slope Estimates – the Excel Template Application MAKESENS. – Helsinki, Finland: Finnish Meteorological Institute, 2002.

Тезисы докладов
Международной научно-практической конференции
«Системы контроля окружающей среды – 2024»

Conference Abstracts
International Scientific and Practical Conference
"Environmental Control Systems – 2024"

На русском и английском языках

In Russian and English

Подписано к печати 30.10.2024.
Заказ 52. Тираж 250 экз.

Отпечатано ИП Куликов А.С.
299043 г. Севастополь, ул. Аксютина, д. 16, кв. 52
Тел.: +7 978 832 21 89