

ФГБНУ «Институт природно-технических систем»  
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»

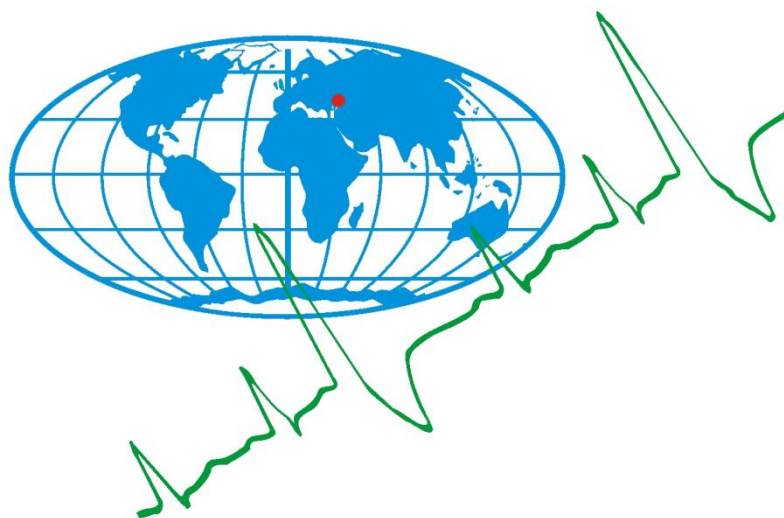


## ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**Международной научно-практической конференции  
«Системы контроля окружающей среды – 2023»**

## CONFERENCE ABSTRACTS

**International Scientific and Practical Conference  
"Environmental Control Systems – 2023"**



Севастополь  
07 – 10 ноября 2023 г.

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**Международной научно-практической конференции  
«Системы контроля окружающей среды – 2023»**

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

Севастополь

2023 г.

УДК 55

**Системы контроля окружающей среды – 2023** / Тезисы докладов Международной научно-практической конференции. – Севастополь, 07 – 10 ноября 2023 г. – Севастополь: ИП Куликов А.С., 2023. – 230 с.

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

**Редакционная коллегия:**

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

Материалы опубликованы с сохранением авторской редакции.

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

**ISBN 978-5-6048608-2-3**

©Авторы материалов

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

*Антохина О.Ю., Антохин П.Н., Аршинова В.Г., Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Белан С.Б., Давыдов Д.К., Ивлев Г.А., Козлов А.В., Law К., Рассказчикова Т.М., Paris J.-D., Савкин Д.Е., Симоненков Д.В., Складнева Т.К., Толмачев Г.Н., Фофанов А.В.* Особенности состава воздуха над Сибирью и Карским морем в 2022 году. 13

*Бардин М.Ю.* Волны тепла и холода в основных зернопроизводящих регионах РФ. 14

*Красnodубец Л.А.* Комплексный подход к решению задачи оперативного анализа состояния вертикальной стратификации океанской среды. Памяти д.т.н., профессора В.А.Гайского. 15

### СЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

*Ахсалба А.К., Марандиди С.И., Кишмария Я.Ш.* Дистанционные методы исследования эмиссии парниковых газов на территории Республики Абхазия. 19

*Варагушин П.А.* Модификация стека протокола LoRa для развертывания беспроводных сенсорных сетей учета параметров природной среды. 20

*Греков А.Н., Греков Н.А., Кузьмин К.А., Пелюшенко С.С.* Экспериментальные исследования воздействия акустических и вибрационных сигналов различной частоты на биосенсорные системы. 21

*Греков А.Н., Греков Н.А., Сычев Е.Н.* Неопределенности сенсоров для косвенных измерений солености морских вод. 22

*Клименко А.В., Евдокимов П.А.* Разработка двухкамерного измерителя локальной плотности жидкости инвариантного к наклону при погружении. 23

*Комарова Е.П., Гудимов А.В., Аллояров К.Б.* К вопросу о технологии и датчиках регистрации активности водных организмов в онлайн-биомониторинге. 24

*Красnodубец Л.А., Канов Л.Н.* Особенности преобразования энергии в ветроэлектрических установках. 25

*Маврин А.С., Греков А.Н., Вышкваркова Е.В.* Обнаружение аномалий модели SARIMAX в рядах активности двустворчатых моллюсков для автоматизированного комплекса биомониторинга водной среды. 26

*Моисеев Д.В., Шокин А.Г.* Математическая модель оптимизации информационной логистики. 27

|  |    |
|--|----|
| <i>Никитин О.В., Кузьмин Р.С., Вазиев И.И., Латыпова В.З.</i> Оценка содержания диоксида азота в тропосфере на территории республики Татарстан по данным спектрометра TROPOMI.   | 28 |
| <i>Никитин О.В., Кузьмин Р.С., Сафин А.А., Латыпова В.З.</i> Оценка содержания метана в атмосфере на территории республики Татарстан по данным спутникового зондирования.  | 29 |
| <i>Нурзай В.А., Губарев Ф.А., Лей В.А.</i> Применение оптических методов измерения перемещений для контроля вибрации двигателей.   | 30 |
| <i>Олейников А.М., Канов Л.Н.</i> Математическое моделирование передачи электроэнергии от удаленных ветроэлектростанций.   | 31 |
| <i>Пеньков М.Н.</i> Практические аспекты измерения профиля плотности морской воды.   | 32 |
| <i>Подольская Е.П.</i> Аналитическая система для быстрого выявления реактивных метаболитов ксенобиотиков – потенциальных загрязнителей окружающей среды.   | 33 |
| <i>Руднев В.П.</i> Коррозионное растрескивание алюминиевых сплавов в условиях приморской атмосферы влажных субтропиков.  | 34 |
| <i>Рязанов В.А., Пасынков М.А., Алексеев С.Ю., Шмырева И.Г.</i> Автоматизированный лабораторный стенд для исследования влияния неоднородностей, находящихся в воде, на выходные сигналы разрабатываемых измерительных каналов. | 35 |
| <i>Сенин В.Г., Кузьмина Т.Г., Михайлова А.В., Симакина Я.И., Сенин П.В.</i> Гидрогели – сорбенты нового поколения в мониторинге природной воды для комбинированных методов анализа.  | 36 |
| <i>Степанова О.А., Щоларь С.А., Пеньков М.Н.</i> Исследование влияния электромагнитного поля частотой 300 Гц на морскую микробиоту.  | 37 |
| <i>Торганов Д.В., Цирон М.С., Лавренчук А.А., Сперанский М.Ю., Губарев Ф.А.</i> Скоростная визуализация электродугового синтеза керамических материалов.   | 38 |
| <i>Трусевич В.В.</i> Поведенческие реакции пресноводных моллюсков перловиц на неинвазивные воздействия физических факторов среды в комплексах автоматизированного биосенсорного контроля вод в природных условиях водоемов.    | 39 |
| <i>Фищенко В.К., Гончарова А.А., Зимин П.С., Голик А.В.</i> Программа экспресс-анализа изображений и видео QAVIS: применение в задачах оценивания параметров состояния прибрежных акваторий.                                   | 40 |
| <i>Чачиев Д.Р., Сосновский Ю.В., Милюков В.В.</i> Совершенствование системы контроля аварийных ситуаций с использованием технологии LoRa.  | 41 |

|  |    |
|--|----|
| <i>Шаповалов О.Ю.</i> Разработка модуля навигационной системы для условно-разового океанографического зонда.   | 42 |
| <i>Шишкин Ю.Е.</i> Концепция применения канала измерения давления для экспресс-анализа локальной плотности морской воды на малых глубинах.                                     | 43 |
| <i>Шишкин Ю.Е.</i> Развитие информационной технологии визуализации и алгоритмического обеспечения для автоматизации процессов анализа данных измерений профилей морской среды. | 44 |

## **СЕКЦИЯ 2. ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

|   |    |
|---|----|
| <i>Аверьянова Е.А., Губарев А.В., Полонский А.Б.</i> Сравнительный анализ влияния Восточно-Атлантического/Западно-Российского и Скандинавского колебаний на завихренность касательного напряжения трения ветра над Черноморским регионом. | 47 |
| <i>Богданович А.Ю.</i> Система для оценки и визуализации изменений климатических ареалов видов.   | 48 |
| <i>Валле А.А., Полонский А.Б.</i> Об изменчивости растворенного кислорода в области холодного промежуточного слоя вод Черного моря.   | 49 |
| <i>Воронцов А.А., Булыгин А.М.</i> Оценка современного состояния температуры и солености в деятельном слое Черного моря.  | 50 |
| <i>Вышкваркова Е.В., Сухонос О.Ю.</i> Роль изменений климата в разрушении объектов культурного наследия.  | 51 |
| <i>Гайко Л.А.</i> Использование климатических норм для исследования изменчивости температуры вдоль побережья Приморья.  | 52 |
| <i>Галушин Д.А., Громов С.А.</i> Многолетняя динамика и тренды выпадений окисленной серы и азота с осадками в районах станций ЕМЕП.   | 53 |
| <i>Гарцман Б.И.</i> Опыт имитационного моделирования стока рек и карстовых водоносных систем Крыма.   | 54 |
| <i>Гребнева Е.А., Полонский А.Б.</i> Роль региональных гидрометеорологических условий в формировании аномальных величин рН верхнего слоя вод глубоководной части Черного моря.  | 55 |
| <i>Гуревич Д.А., Чередыко Н.Н.</i> Эффекты солнечной активности в динамике характеристик центров действия атмосферы в Северной Атлантике.   | 56 |
| <i>Добролюбов Н.Ю.</i> Региональные проявления сезонности в годовом ходе среднемесячной температуры воздуха в приповерхностном слое.  | 57 |
| <i>Зотов Л.В., Марчукова О.В., Сидоренков Н.С.</i> Сопоставление активности ЭНЮК с особенностями во вращении Земли.   | 58 |

|   |    |
|---|----|
| <i>Лубков А.С.</i> Будущее ветроэнергетического потенциала Крымского полуострова по данным проекта регионального моделирования CORDEX.  | 59 |
| <i>Лубков А.С., Воскресенская Е.Н.</i> Об опыте применения теплосодержания океана в верхнем 300-метровом слое в качестве дополнительного предиктора нейросетевой модели прогноза ЭНЮК.        | 60 |
| <i>Лысенко В.И.</i> Состав выбросов флюидов сипов бухты Ласпи в атмосферу и гидросферу (Южный берег Крыма).   | 61 |
| <i>Марчукова О.В., Воскресенская Е.Н.</i> Глобальные отклики явления Ла-Нинья по данным ERA5 и его тройное проявление в 2020–2023 годах.  | 62 |
| <i>Марчукова О.В., Воскресенская Е.Н., Афанасьева В.В.</i> Отбор и верификация моделей CMIP6 для изучения пассатных ветров.   | 63 |
| <i>Маслова В.Н., Журавский В.Ю., Лубков А.С.</i> Возможные изменения зимней циклонической активности в Средиземноморско-Черноморском регионе в XXI веке на основе ансамбля моделей CMIP6.     | 64 |
| <i>Никишова В.Д., Короткова Н.В.</i> Исследование «острова тепла» г. Магнитогорска.   | 65 |
| <i>Новоселова Е.В., Белоненко Т.В., Гордеева С.М., Будянский М.В.</i> Сравнение термохалинных характеристик на разрезе «Кольский меридиан» с климатическими индексами для Северной Атлантики. | 66 |
| <i>Ормели Е.И., Солодовникова Ж.А.</i> Климатические условия осеннего периода на территории Саратовской области.  | 67 |
| <i>Пекарникова М.Е.</i> Наиболее вероятный сценарий при существующей системе правового регулирования и контроля за антропогенными выбросами парниковых газов.                                 | 68 |
| <i>Переведенцев Ю.П., Мирсаева Н.А., Шанталинский К.М., Николаев А.А., Тагиров М.Ш.</i> Долгопериодные климатические изменения в Среднем Поволжье.  | 69 |
| <i>Полонский А.Б., Сухонос П.А.</i> Проекция изменения количества зимних атмосферных осадков в Черноморском регионе в XXI столетии.   | 70 |
| <i>Полонянкин Д.А., Лубков А.С.</i> Оценка качества воспроизведения реанализом ERA5 характеристик ветрового режима в Крымском регионе.  | 71 |
| <i>Постникова Т.Н., Рыбак О.О., Губанов А.С., Зеколлари Х., Хусс М.</i> Математическое моделирование эволюции ледников Эльбруса в XXI веке.   | 72 |
| <i>Рыбак О.О., Рыбак Е.А., Корнева И.А.</i> Параметризация облачности в энергобалансовых моделях горных ледников.   | 73 |
| <i>Серебрянников А.Н., Полонский А.Б.</i> Аномалии термического индекса апвеллинга в восточной части Тихого океана.   | 74 |

|   |    |
|---|----|
| <i>Серебренников А.Н., Полонский А.Б.</i> Температура поверхности открытой части Тихого океана, ветер и термический индекс восточных пограничных апвеллинговых систем.                                | 75 |
| <i>Стефанович А.А., Воскресенская Е.Н., Лубков А.С.</i> Влияние событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья на экстремальность рекреационных показателей на территории Крыма.  | 76 |
| <i>Сухонос О.Ю., Воскресенская Е.Н., Егоркин А.А.</i> Изменения волн тепла и концентрации частиц PM10 в Азово-Черноморском регионе.   | 77 |
| <i>Сухонос О.Ю., Вышкваркова Е.В.</i> Связь совместных экстремумов температуры воздуха и осадков с модами циркуляции атмосферы в Восточной Европе.  | 78 |
| <i>Торбинский А.В., Полонский А.Б., Губарев А.В.</i> Влияние Индоокеанского диполя на пространственно-временную изменчивость приземной температуры воздуха Африканско-Европейского региона.           | 79 |
| <i>Фасолько Д.В., Пигольцина Г.Б.</i> Обоснование необходимости и принципы учета пространственной изменчивости снежного покрова в условиях сложного рельефа при климатическом обслуживании экономики. | 80 |
| <i>Федотов А.Б.</i> Исследование эволюции струйного зонального ветрового течения с использованием искусственных источников и стоков завихренности.  | 81 |
| <i>Федотов А.Б.</i> Численное моделирование эволюции струйного зонального ветрового течения с использованием комбинированной диссипации.  | 82 |
| <i>Хорошунова Д.А.</i> Выявление скрытых периодичностей в масс-балансовых сериях ледника Джанкуат.  | 83 |
| <i>Чередниченко А.В., Чедниченко В.С., Чередниченко А.В.</i> Возможные последствия от изменения климата для горной системы Джунгарского Алатау.   | 84 |
| <i>Шишкин Г.И., Гурьянов В.В.</i> Взаимосвязь приповерхностной температуры с индексами атмосферной циркуляции в центре Европейской части России.  | 86 |

### **СЕКЦИЯ 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

|   |    |
|---|----|
| <i>Аблаев Р.Р., Клименко А.Г., Дологлонян А.В.</i> Критерий оптимизации количества солнечных коллекторов в структуре гибридных газотурбинных установок. | 89 |
| <i>Агаркова-Лях И.В., Щодро А.Е., Черных С.Л.</i> Проект создания искусственных островов как перспективный способ защиты Крымских берегов.              | 90 |
| <i>Андреева Н.А., Мосунов А.А., Сизова О.С.</i> Состав микроводорослей-обрастателей на пластинах, покрытых красками с наночастицами.                    | 91 |



|  |     |
|--|-----|
| <i>Андреева Н.А., Снарская Д.Д.</i> Штаммы цианобактерий из фитобентоса черноморского побережья Крыма.   | 92  |
| <i>Горбунова Т.Л., Гудкова Н.К., Рубанова Н.И.</i> Геологические и гидробиологические характеристики экологически опасных рек Сочинского Причерноморья.  | 93  |
| <i>Дологлонян А.В., Матвеевко В.Т., Клименко А.Г.</i> Управление генерацией теплоты в когенерационных микрогазотурбинных установках с регенерацией на частичных нагрузках при различных способах нагружения. | 94  |
| <i>Егоркин А.А.</i> Совместное использование моделей WRF и CFD для разработки систем поддержки принятия решений по обеспечению экологической безопасности.   | 95  |
| <i>Казанкова И.И.</i> Контроль потенциальной пополняемости двустворчатого моллюска анадары – недавнего вселенца в Черное море.   | 96  |
| <i>Каширина Е.С., Новиков А.А.</i> Использование Гис-технологий и данных дистанционного зондирования земли для управления ООПТ.  | 97  |
| <i>Клименко А.Г., Дологлонян А.В., Матвеевко В.Т.</i> Уточненная математическая модель расчета теплоемкости рабочих тел, влияющих на эффективные и экологические параметры ДВС.                              | 98  |
| <i>Козлова Т.А.</i> Очистка сточных вод с применением микроводорослей в зоне супертуризма сочинского региона и адаптированные к региону методы токсикологического контроля сточных вод.                      | 99  |
| <i>Красовская В.С.</i> Динамика вегетационного индекса в Крыму.  | 100 |
| <i>Кульнев В.В.</i> Использование фрактальных характеристик литьев березы пушистой ( <i>Betula pubescens</i> ) при биоиндикации в зоне влияния металлургического комбината.                                  | 101 |
| <i>Мусина А.А., Шагидуллин А.Р., Нурмехамитова В.А., Гилязова А.Ф.</i> Оценка комплексного индекса загрязнения атмосферного воздуха г. Нижнекамск по данным автоматических станций мониторинга.              | 102 |
| <i>Нагина М.А.</i> Анализ рекреационного природопользования на ООПТ Крыма.   | 103 |
| <i>Романовская К.С.</i> Применение микробиологических препаратов при обращении с биоорганическими отходами с целью снижения запахового загрязнения окружающей среды.   | 104 |
| <i>Рубанова Н.И.</i> Применение нейронной сети для получения информации о пространственном размещении малонарушенных лесных территорий.  | 105 |
| <i>Салихов Д.Г.</i> Фактор загрязнения и степень загрязнения как взаимодополняющие индексы оценки загрязнения почв тяжелыми металлами.   | 106 |

- Самойлов С.Ю., Евстигнеев В.П., Егоркин А.А., Вахонеев В.В., Минский И.А.* 107  
Прототип цифровой модели мониторинга окружающей среды на основе онтологического подхода.
- Сафонов В.А., Дьяков Н.Н., Дологлонян А.В., Клименко А.Г., Жиляев С.А., Белогудов А.А.* 108  
Способ непрерывной работы ветроэнергетической установки.
- Силкин П.П.* 109  
Плотность клеточных стенок трахеид годовичных колец лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.). Метод измерения и особенности распределения.
- Скрыльник Г.П.* 110  
Особенности структуры единства «Пространство – Территория» (на примере Тихоокеанской России).
- Смирнова Л.Л.* 111  
Моллюски *Mytilus galloprovincialis* Lam как индикаторы Ва, Хе, Zr на различных глубинах севастопольского взморья (Черное море).
- Углава А.А., Дбар Р.С., Нешенко И.П., Жиба Р.Ю.* 112  
Гидрохимические показатели Новоафонского Лебединого пруда и факторы их влияния на развитие водоросли элодеи.
- Федосеева Н.В., Сергеева Н.О.* 113  
Анализ смога в Пекине.
- Халиков И.С., Лукьянова Н.Н.* 114  
К вопросу о речном стоке полициклических ароматических углеводородов в донные осадки озера Байкал.
- Халиков И.С., Лукьянова Н.Н.* 115  
Состав некоторых нафталинов в донных отложениях южного Байкала в разное время года.
- Харыбина А.С., Воротынцев К.Д.* 116  
Применение данных ДЗЗ в нефтегазовом комплексе для контроля опасных геологических процессов (на примере Макаровского района Сахалинской области).
- Шакирова Ф.М., Латыпова В.З., Никитин О.В.* 117  
Роль естественных и антропогенных факторов в формировании ихтиофауны и продуктивности Куйбышевск
- Ющук Р.В., Краснобаева Д.Ю., Коробейникова К.Р.* 118  
Направления нейтрализации азотного тетраоксида.



**ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ**



**ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ВОЗДУХА НАД СИБИРЬЮ И  
КАРСКИМ МОРЕМ В 2022 ГОДУ**

*Антохина О.Ю., Антохин П.Н., Аршинова В.Г., Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Белан С.Б.,  
Давыдов Д.К., Дудорова Н.В., Ивлев Г.А., Козлов А.В., Рассказчикова Т.М., Савкин Д.Е.,  
Симоненков Д.В., Скляднева Т.К., Толмачев Г.Н., Фофонов А.В.*

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

В докладе приводятся результаты проведенного в сентябре 2022 года эксперимента на самолете-лаборатории Ту-134 «Оптик». Его целью было исследование изменения состава воздуха и характеристик подстилающей поверхности, включая водную, в Российском секторе Арктики и Сибири, в условиях меняющегося климата путем проведения синхронных наземных, корабельных, самолетных измерений и численного моделирования для определения тенденций их изменения для прогноза климата и социально-экономического развития региона. Арктический эксперимент был осуществлен 8–11 сентября 2022 года и включал в себя измерения: на самолете лаборатории Ту-134 «Оптик» в диапазоне высот от 200 до 9000 метров, корабельные на научно-исследовательском судне «Академик Мстислав Келдыш» в приземном слое и специально организованные в нескольких пунктах в приземном слое воздуха на суше, которые располагались вдоль маршрута полета: стационара «Плотниково» (Томская обл.), стационар «Мухрино» (ХМАО), Белоярске (ХМАО) и оз. Харалянгседато (ЯНАО).

Сравнение полученных данных с результатами предыдущих экспериментов выявляют значительные различия в концентрации метана и небольшие для других газов и аэрозоля. Оказалось, что на фоне глобального роста концентрации метана (Greenhouse..., 2022) его содержание в пограничном слое в 2022 стало меньше на  $100 \text{ млрд}^{-1}$ , чем в 2020 году. Хотя общая тенденция роста его концентрации в свободной тропосфере прослеживается. Объяснение этого феномена частично имеется в (Allen, 2022; Peng et al., 2022), где показано, что 2020 год был особенным, с аномально высоким выделением метана из болотных систем, то есть на суше. Вторая неожиданность связана с распределением  $\text{CO}_2$  (рис.3). Данные показывают, что почти не наблюдается разницы в концентрациях  $\text{CO}_2$  между 2020 и 2022 годами. Это опять же противоречит глобальному росту концентрации углекислого газа (Greenhouse..., 2022). Разница имеется только в верхней тропосфере и пограничном слое. И, очевидно, что в пограничном слое она обусловлена более интенсивным его поглощением водной поверхностью. Вероятно, что 2020 год являлся аномальным и по поведению  $\text{CO}_2$ . По крайней мере, в Российской Арктике. По остальным газам такой большой разницы не обнаружено.

*Работа выполнена по проекту Минобрнауки РФ, соглашение № 075-15-2021-934.*

Список использованной литературы:

Greenhouse Gas Bulletin. – WMO, 2022. – No. 18. – 10 p.

Allen G.H. Cause of the 2020 rise in atmospheric methane // Nature. – 2022. – Vol. 612, No. 7940. – P. 413–414.

Peng S., Lin X., Thompson R.L., Xi Y., Liu G., Hauglustaine D., Lan X., Poulter B., Ramonet M., Saunoy M., Yin Y., Zhang Z., Zheng B., Ciais P. Wetland emission and atmospheric sink changes explain methane growth in 2020 // Nature. – 2022. – Vol. 612, No. 7940. – P. 477–482.

**ВОЛНЫ ТЕПЛА И ХОЛОДА В ОСНОВНЫХ  
ЗЕРНОПРОИЗВОДЯЩИХ РЕГИОНАХ РФ**

*Бардин М.Ю.*

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

Институт географии РАН, г. Москва, Россия,

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

mick-bardin@yandex.ru

Анализируются особенности изменчивости сезонной статистики индексов волн тепла и холода для двух регионов юга европейской части России (ЕЧР): условно Северокавказского (СК) и Центрально-чернозёмного (ЦЧ), и для юга Западной Сибири (ЗС). Рассматривается структура волн: географическое распределение аномалий температуры воздуха в период осуществления волн на территории Российской Федерации, крупномасштабные циркуляционные условия, сопровождавшие волны тепла и холода. В целом структура тропосферной циркуляции для волн тепла юга ЕЧР соответствует отрицательной фазе ведущей циркуляционной моды Восточная Атлантика – Западная Россия (ВАЗР); показано, в частности, что в месяцы осуществления длительных волн тепла над югом ЕЧР статистика индекса ВАЗР значительно смещается в сторону отрицательных значений, которые, ассоциируются с положительными аномалиями температуры поверхности океана (ТПО) в Северной Атлантике; при этом резко возрастает блокирующая антициклоническая активность на территории ЕЧР.

Рассмотрены тенденции изменения индексов волн тепла и холода в период глобального потепления и колебания масштаба десятилетий. Глобальное потепление в первую очередь выражается в общем смещении функции распределения температуры в сторону более высоких температур; при отсутствии изменений дисперсии межгодовых колебаний это приводит к увеличению повторяемости «тёплых» экстремумов и уменьшению «холодных». Эти тенденции в общем наблюдаются для всех рассмотренных регионов: однако, темпы изменений значительно различаются: если для юга ЗС линейный тренд с 1976 г. составляет 0,4 дня за десятилетие, то для ЦЧ региона – 3 дня, а для СК региона – 5,5 дней за десятилетие: почти в 14 раз (!) быстрее, чем на юге ЗС и в 2 раза – чем в ЦЧ регионе. Северо-Кавказский регион вызывает очень серьёзные опасения в плане увеличения риска засухи. При наблюдаемых темпах роста сезонной продолжительности волн тепла к середине столетия она может достигнуть 35–45 дней в среднем, т. е., величин, наблюдавшихся до сих пор лишь в единичные наиболее экстремальные годы. Несколько менее критична ситуация в Центрально-Черноземном регионе: здесь к середине столетия можно ожидать роста до 25 дней, т. е., примерно существующий на сегодняшний день уровень Северо-Кавказского региона. В то же время, ситуация на юге ЗС существенно более благоприятна в этом плане.

Наблюдающийся в последние десятилетия нисходящий тренд индекса ВАЗР и ожидаемый при потеплении рост ТПО усиливают риск засухи в основных зернопроизводящих районах ЕЧР. С другой стороны, на юге Западной Сибири волны тепла реже, менее продолжительны, и максимальные температуры в них в среднем на 2–4°C ниже, чем на юге ЕЧР. Повидимому, целесообразно использовать полученные результаты о различии интенсивности и продолжительности волн тепла и холода и их изменениях для целей выработки рекомендаций по адаптации сельского хозяйства РФ к условиям современного потепления.

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ОПЕРАТИВНОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ ОКЕАНСКОЙ СРЕДЫ

Краснодубец Л.А.<sup>1,2</sup>

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

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

*Посвящается светлой памяти выдающегося учёного и заслуженного изобретателя, внёсшего значительный вклад в создание и развитие отечественного экологического приборостроения, д.т.н., профессора, заведующего лабораторией*

*Института природно-технических систем*

*Виталия Александровича Гайского*

В последние годы Гайский В.А. как руководитель лаборатории много внимания уделял разработке принципов построения гидростатических измерителей плотности океанской среды, справедливо полагая, что использование таких приборов в качестве базовых при зондировании океанской толщи позволит существенно упростить анализ состояния стратификации океанских вод.

Вертикальная стратификация океанской среды проявляется в результате образования на различных глубинах горизонтальных слоёв морской воды с одинаковой плотностью. Для анализа свойств вертикальной стратификации введены характеристики: вертикальная устойчивость  $E$  и частота Вайсяля – Брента  $N$ , которая соответствует термохалинным колебаниям с периодом  $T$ , вызванных вертикальным перемещением водных масс. Вычисление характеристик вертикальной стратификации можно выполнить по известным соотношениям

$$E = g(dp/d\rho), N^2 = gE, T = 2\pi/N, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность морской воды;  $p$  – гидростатическое давление;  $g$  – ускорение свободного падения на широте океанографической станции, значение которого зависит так же от глубины.

Как следует из соотношений (1), базовой операцией для определения вертикальной устойчивости  $E$  и соответствующей ей частоты Вайсяля-Брента является вычисление градиента плотности морской воды по гидростатическому давлению  $p$ . Эту операцию можно выполнить, используя массив данных вертикального распределения плотности морской воды относительно гидростатического давления, построенный в результате проведения и обработки результатов эксперимента в районе океанографической станции, либо в ходе профильного эксперимента при условии измерения плотности морской воды *in situ*.

В настоящее время профильные измерения характеристик стратификации вод основаны на построении вертикального распределения термохалинных параметров океанской среды – температуры  $T$  и солёности  $S$  в зависимости от глубины  $D$ , соответствующей гидростатическому давлению  $P$ . При этом на практике прямые измерения выполняются только для температуры морской воды и гидростатического давления, а солёность определяется косвенным методом на основе прямых измерений электропроводимости  $C$  или скорости распространения звука  $V$  в исследуемой среде. При этом важнейшая гидрологическая характеристика плотность, которая необходима для вычисления основных характеристик стратификации, вычисляется так же косвенным путём при помощи уравнения состояния морской воды *TEOS-10* по измеренным термохалинным параметрам в соответствии рекомендациями *WOCE* при помощи *CTD* профилографов поплавкового типа *Argo*, например, *SEACAT SBE 19 plus*, применение которых требует существенных временных затрат на эксперимент (не менее суток для построения только массивов данных измерений *CTD* параметров). Это связано с особенностями режимов профилирования с малыми вертикальными скоростями, обеспечивающими допустимые динамические искажения в измерениях датчика температуры, имеющего наибольшую постоянную времени по сравнению с другими сенсорами, установленными на борту *CTD* профилографа.



Таким образом, построение распределений плотности морской воды и соответствующих характеристик вертикальной стратификации океанской среды известным методом требует значительных затрат времени на проведение эксперимента по профилированию и обработку полученных данных.

Целью исследования является разработка алгоритмического обеспечения для автоматического построения в реальном времени (в процессе движения автономного морского буя-профилографа) распределений характеристик стратификации, обеспечивающих экспресс анализ вертикальной плотностной структуры океанской среды сразу после завершения эксперимента на конкретной океанографической станции.

Значительного сокращения времени получения характеристик вертикальной стратификации можно достичь за счёт увеличения вертикальной скорости погружения автономного морского буя-профилографа и применения метода (способа) измерения плотности морской воды непосредственно в процессе профилирования.

Увеличить скорость профилирования можно за счёт исключения из состава информационно-измерительного канала бортовой аппаратуры звена с наибольшей постоянной времени – датчика температуры, а также применения метода динамических измерений вертикального профиля плотности морской воды как функции гидростатического давления, который основан на применении ныряющего буя-профилографа, оснащённого бортовой системой измерений траекторных параметров его вертикального движения (Краснодубец, 2022). Однако, этот метод требует измерения плотности морской воды на океанской поверхности в районе океанографической станции как начального значения для процедуры вычисления текущего значения плотности морской воды, что затрудняет его применение в случае необходимости автоматических измерений. Для устранения этого недостатка предлагается использовать измеритель плотности жидкости (Гайский, 2023), включив его в состав профилографа.

В результате открывается возможность получать синхронные измерения плотности морской воды и соответствующие значения гидростатического давления в процессе профилирования и на этой основе вычислять элементы распределений характеристик вертикальной стратификации, формируя соответствующие цифровые массивы в бортовом запоминающем устройстве, практически в реальном времени.

Структура алгоритмического обеспечения, реализующего предложенный подход, построена на основе комплексного использования способа статического (Гайский, 2023) и метода динамического (Краснодубец, 2022) измерения плотности морской воды *in situ*. Измерение плотности морской воды в приповерхностном слое как начальной точки формируемого вертикального профиля предлагается выполнять статическим методом, обеспечивающим необходимые начальные условия для вычисления последующих элементов массива плотностей при помощи метода динамических измерений.

Таким образом, комплексирование статического способа и динамического метода измерения плотности морской воды делает возможным разработку алгоритмического обеспечения для построения распределений характеристик вертикальной стратификации океанской среды в виде цифровых массивов в режиме, близком реальному времени.

*Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 121122300070-9.*

Список использованной литературы:

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

Гайский В.А. Патент на изобретение РФ № 2792263. Измеритель плотности жидкости и его варианты: заявитель и патентообладатель: ФГБНУ «Институт природно-технических систем». Опубл. 21.03.2023. Бюл. № 9.

## **СЕКЦИЯ 1**

### **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**



## ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ

Ахсалба А.К.<sup>1,2</sup>, Марандиди С.И.<sup>1</sup>, Кишмария Я.Ш.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт экологии АНА, г. Сухум, Абхазия

<sup>2</sup>Абхазский государственный, г. Сухум, Абхазия

asida\_cen@mail.ru, sofa-291088@mail.ru, Yamze.kishmarya@mail.ru

Наиболее эффективным методом получения долговременных периодических данных о глобальных распределениях газовых компонентов в атмосфере являются дистанционные методы измерений. В Абхазии применение дистанционных методов исследований носит важный характер в связи с особенностями рельефа страны и, кроме того, позволяет оценить концентрации парниковых газов в вертикальном профиле. С 2020 года сотрудниками Отдела гидрометеорологического и экологического мониторинга Института экологии Академии наук Абхазии ведутся исследования над содержанием парниковых газов в атмосферном воздухе с использованием данных, полученных AIRS. Точность профилей температуры воздуха в тропосфере соответствует точности, достигаемой радиозондами, запускаемыми с наземных станций.

На территории Абхазии за 2002–2023 гг. наблюдается рост концентрации диоксида углерода и метана и устойчивое понижение концентрации оксида углерода в приземном слое воздуха. Кроме того, из рис. 1 и 2 видно, что изменение концентрации компонентов воздуха носит сезонный характер. Максимальные концентрации метана наблюдаются в весенний и осенний периоды, а резкий рост концентрации CO на рис. 2 в июне связан с большим увеличением числа автомобилей, что связано с наплывом туристов на территорию страны.

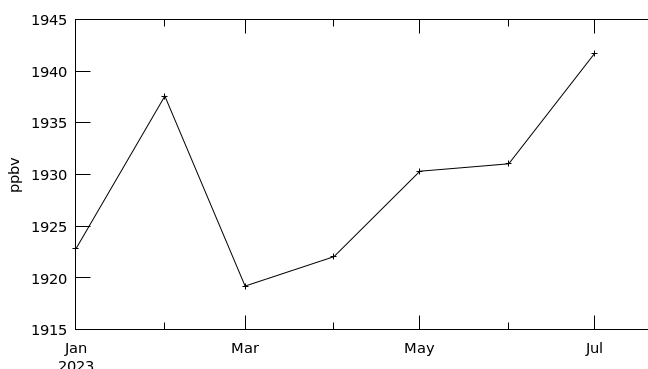


Рисунок 1 – Временные ряды, усредненные по площади концентрации CH<sub>4</sub>, молярная доля в воздухе (дневная / возрастающая, только для AIRS) за месяц 1 град. при 1000hPa [AIRS AIRS3STM v006] ppbv за 2023-январь - 2023-июль, Регион 39.8704E, 42.0037N, 41.9138E, 43.6077N

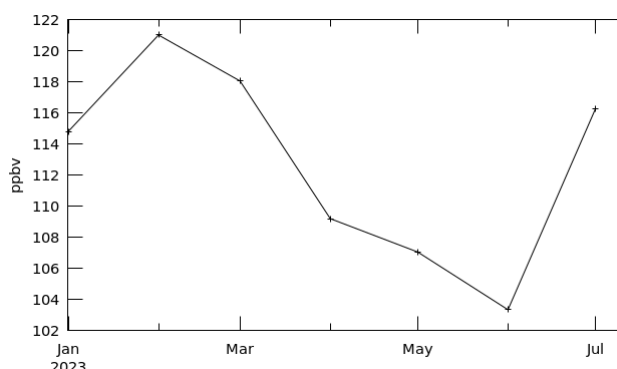


Рисунок 2 – Временные ряды, усредненные по площади концентрации CO на поверхности (АНСАМБЛЬ) за месяц 0,5 x 0,625 град. [Модель MERRA-2 M2TMNXCHM v5.12.4] ppbv за 2023 год-январь - 2023-июль, Регион 39.8704E, 42.0037N, 41.9138E, 43.6077N

### Список использованной литературы:

NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center. NASA/GSFC.

How AIRS Works. NASA/JPL. Archived from the original.

The news release NASA/NOAA Announce Major Weather Forecasting Advancement, August 24, 2005.

Savtchenko A., Ouzounov D., Ahmad S. et al. Terra and Aqua MODIS products available from NASA GES DAAC // Adv. Space Res. – 2004. – Vol. 34, No 4. – P. 710–714.

Salomonson V.V., Barnes W.L., Maymon P.W. et al. MODIS: Advanced facility instrument for studies of the earth as a system // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. – 1989. – Vol. 27, No. 2. – P. 145–153.

## МОДИФИКАЦИЯ СТЕКА ПРОТОКОЛА LORA ДЛЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ УЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

*Варагушин П.А.*

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского»,  
г. Симферополь, Россия  
mechanic216@gmail.com

Решения, применяемые для организации систем мониторинга и сбора информации на современном этапе развития беспроводных технологий нередко относят к сфере интернета вещей (IoT), частной разновидностью которого являются беспроводные сенсорные сети (БСС).

Существующие системы в целевой области представляют собой сети безлицензионных диапазонов ISM, наиболее распространенными из которых являются стандарты WiFi (IEEE 802.11 b/g/n), Bluetooth (IEEE 802.15.1) и ZigBee (IEEE 802.15.4). Основным недостатком таких устройств является малый радиус действия, что ограничивает их применение, сводя его к локальному размещению на каком-то небольшом объекте. Устройства с расширением спектра, примером реализации которых являются модули LoRa, имеют крайне низкое энергопотребление, большой радиус действия и возможность управления бюджетом радиоканала для оптимальной настройки радиомодуля.

Среди стандартов связи в IoT широкое применение получил LoRaWAN, но и он не лишен недостатков – единственно возможная топология сети типа «звезда», что вынуждает, при необходимости увеличения зоны покрытия, разбивать сеть на кластеры и использовать дополнительные шлюзы для связи между ними.

Для решения многих задач в области учета параметров природной среды, не требующих передачи большого количества данных (например, обеспечение пожарной безопасности, учет сейсмической активности и т. д.), целесообразно отказаться от протокола сетевого уровня LoRaWAN, и использовать протокол физического и канального уровня LoRa (Мальцева и др., 2018). В таком случае использование модифицированного сетевого протокола позволит организовать в ячеистую (mesh) сеть весь набор узлов и охватить довольно крупную территорию, что актуально для решений на удаленной местности с затрудненным доступом. Также применение указанного решения позволит повысить информационную надежность распределенной системы мониторинга. На рисунке 1 показан гибридный рисунок модифицированного стека LoRa, состоящий из стека узла, стека шлюза, а также модель взаимодействия между узлами и шлюзом.



Рисунок 1 – Предлагаемая модель стека и взаимодействия узел-узел-шлюз

Предложенная модель является модификацией стека LoRaWAN, обеспечивающая развертывание mesh-сети состоящей из автономных сенсоров, с возможностью охвата большой территории.

Направление дальнейших исследований лежит в области имитационного моделирования сетей предложенного типа, а также в области разработки и внедрения аппаратного и программного обеспечения.

Список использованной литературы:

Мальцева Н.С., Зубова А. Д., Марышева И. Н. Анализ способов построения беспроводных сенсорных сетей // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. – Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2018. – № 2 (24). –С. 31–36.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ АКУСТИЧЕСКИХ  
И ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ ЧАСТОТЫ  
НА БИОСЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ**

*Греков А.Н., Греков Н.А., Кузьмин К.А., Пелюшенко С.С.*

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

Оперативное выявление воздействий внешних мешающих факторов, влияющих на поведенческие и/или физиологические реакции водных организмов, и недопущение генерации сигналов ложной тревоги является актуальной задачей при разработке автоматизированного биосенсорного комплекса раннего оповещения для экологического мониторинга водной среды (Греков, 2019) и обеспечения непрерывного измерения текущих колебаний функциональной активности организмов-биосенсоров как в искусственных, так и в любых природных условиях (Трусевич, 2021) с контролем и фильтрацией воздействий внешних мешающих факторов, таких как температура, соленость (электропроводность), освещенность, волнение, течение и шумы, влияющие на поведенческие и/или физиологические реакции водных организмов, и выявление степени их отклонений от нормы, в целях повышения точности и достоверности индикации экологически опасных изменений окружающей среды, в первую очередь, токсического загрязнения. Поэтому актуальной является задача по исследованию и оценке воздействия акустических и вибрационных сигналов на черноморские мидии.

Исследования проводились в лабораторных условиях с использованием разработанной экспериментальной установки, состоящей из аквариума, в котором размещена система жизнеобеспечения, создающая циркуляцию воды и обогащающая ее кислородом, формирователя интервалов времени, который выдает сгенерированный электрический сигнал с определенной скважностью, источника виброакустического сигнала, двухканального генератора напряжения и частоты, усилителя мощности низкой частоты, блока колонии мидий, соединенного с многоканальным измерителем активности мидий, имеющим узлы крепления мидий и датчики фиксации с преобразователем раскрытия створок мидий в код, блока телеметрии, имеющего контроллер формирователя измерительного кадра и узлы передачи данных.

Работает разработанная экспериментальная установка следующим образом. Формирователь интервалов времени один раз в 30 мин создает ворота для включения источника виброакустического сигнала длительностью на 2 мин. В источнике виброакустического сигнала генерируется электрический сигнал определенной частоты, который через усилитель мощности подается на электроакустический преобразователь. Сформированный виброакустический сигнал с электроакустического преобразователя через стенку аквариума распространяется в воде, воздействует на колонию мидий и первичный преобразователь виброускорений, в котором оцифровывается.

В результате проведенных исследований сделаны оценки воздействия акустических и вибрационных сигналов различной частоты, скважности и амплитуды на черноморские мидии, что позволило определить технические характеристики акустических вибродатчиков, необходимых для установки в автоматизированную морскую биосенсорную систему раннего оповещения, и использовать разработанную методику при обработке сигналов для повышения избирательности отклика на загрязнители.

Список использованной литературы:

Греков А.Н., Кузьмин К.А., Mishurov V.Z. Automated Early Warning System for Water Environment Based on Behavioral Reactions of Bivalves // International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – 2019. – P. 1–5.

Трусевич В.В., Кузьмин К.А., Мишуров В.Ж., В.Ю. Журавский. Особенности поведенческих реакций черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* в естественных условиях обитания // Биология внутренних вод. – 2021. – № 1. – С. 12–22.

## НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СЕНСОРОВ ДЛЯ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СОЛЕННОСТИ МОРСКИХ ВОД

Греков А.Н., Греков Н.А., Сычев Е.Н.

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

Соленость относится к таким параметрам морской воды, которые прямо измерить *in situ* пока невозможно (Греков, 2018). До настоящего времени все известные, существующие или перспективные, способы определения солености являются косвенными. Цель данной работы – найти максимальные коэффициенты чувствительности с целью оценки неопределенности сенсоров входных величин при косвенных способах определения солености.

С целью сравнения различных измерительных каналов для косвенного определения солености получены соотношения неопределенностей реальных и теоретических (расчетных) сенсоров для условного базового уровня неопределенности солености (0,002 или 0,002 г/кг). В исследовании представлены значения и соотношения реальных и расчетных неопределенностей сенсоров входных величин для этого условного уровня.

- 1)  $S_P(C, T, P)$  – метод относительной электропроводности (МОЭ);
- 2)  $c(S_A, T, P)$  – метод скорости звука (МСЗ) (Греков, 2017);
- 3)  $\rho(S_A, T, P)$  – метод плотности (МП) (Grekov, 2019);
- 4)  $n(S_A, T, P, W)$  – метод показателя преломления (МПП).

Наилучшим соответствием между реальными и расчетными неопределенностями сенсоров входных величин обладает метод МОЭ, а МСЗ обладает наибольшими условными соотношениями между неопределенностями реальных и расчетных датчиков и может рассматриваться как перспективный для использования вместо МОЭ, в зонах с высокой изменчивостью структуры солевого состава, к которым, в частности, относится шельфовая зона океанов и морей. Методы МП и МПП практически эквивалентны между собой по своим соотношениям с реальными данными и по своим характеристикам точности занимают промежуточное положение между МОЭ и МСЗ, но ближе к МОЭ. Метод МПП можно считать реализуемым, а метод МП можно считать условно реализуемым, т.к. пока не существует сенсоров для измерения плотности *in situ*.

Список использованной литературы:

Греков А.Н., Греков Н.А., Сычев Е.Н. Оценка неопределенности измерений практической солености морской воды в океанографических исследованиях // Системы контроля окружающей среды. – 2018. – Вып. 11 (31). – С. 13–22.

Греков А.Н., Греков Н.А., Сычев Е.Н. Профилографы скорости звука и алгоритм определения плотности воды для океанографического диапазона // Системы контроля окружающей среды. – 2017. – № 8. – С. 11–15.

Grekov A.N., Grekov N.A., Sychov E.N. New Equations for Sea Water Density Calculation Based on Measurements of the Sound Speed // Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie. – 2019. – Vol. 20 (3). – P. 143–151. DOI: 10.17587/mau.20.143-151.

## РАЗРАБОТКА ДВУХКАМЕРНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ ИНВАРИАНТНОГО К НАКЛОНУ ПРИ ПОГРУЖЕНИИ

Клименко А.В.<sup>1</sup>, Евдокимов П.А.<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия  
chirpyu@mail.ru, evdokimov@iee.org

На сегодняшний день вычисление плотности морской воды осуществляется как правило косвенными методами: стандартными приборами измеряется давление, температура, соленость, относительная электрическая проводимость и далее вычисляется плотность с использованием термодинамическое уравнения состояния морской воды TEOS-10. Данный подход на практике обладает рядом ограничений вызванных непостоянством солевого состава морей Мирового океана, вследствие чего требуется вводить региональные поправки, которые не решают проблему целиком. Лаборатория ГБИСТ ИПТС осуществляет разработку измерителя локальной плотности жидкости, который позволяет проводить прямые измерения локальной плотности используя только датчики дифференциального давления и температуры. Разработка опирается на базовую модель одноканального измерителя (Гайский, 2023) но отличается от нее тем, что за счет одновременного использования двух резервуаров с эталонными жидкостями с различной плотностью происходит взаимная компенсация ускорения свободного падения, которое меняется на значительных глубинах. На рисунке 1 представлена структурная схема двухкамерного измерителя локальной плотности.

При требуемом стандартном диапазоне измерения плотности 1,01000–1,03000 г/см<sup>3</sup>, предполагаемая точность измерения составит 0,00001 г/см<sup>3</sup>, что в относительных единицах составляет  $5 \cdot 10^{-4}$ .

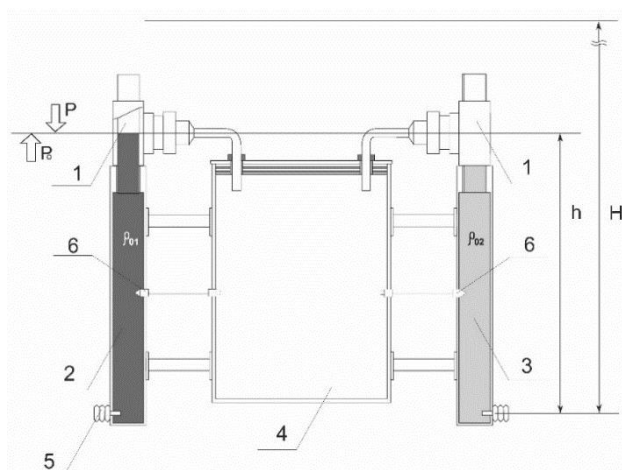


Рисунок 1 – Структурная схема двухкамерного измерителя локальной плотности, 1 – датчик дифференциального давления, 2 – эталонная жидкость с плотностью  $\rho_{01}$ , 3 – эталонная жидкость с плотностью  $\rho_{02}$ , 4 – измерительный контейнер, 5 – сифон, 6 – датчик температуры, 7 – H – Глубина погружения измерителя, 8 – h – измерительная база

Предложенный подход к конструированию измерителей плотности направлен на устранение ограничений, связанных с непостоянством солевого состава морей Мирового океана, и обеспечение более точных измерений, не требующих обеспечения вертикальности при погружении зондов. Дальнейшее развитие и применение таких измерителей может значительно улучшить наше понимание о распределении плотности морской воды и ее физических свойств.

*Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 121122300070-9.*

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.



## **К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИИ И ДАТЧИКАХ РЕГИСТРАЦИИ АКТИВНОСТИ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ В ОНЛАЙН-БИОМОНИТОРИНГЕ**

*Комарова Е.П.<sup>1</sup>, Гудимов А.В.<sup>2</sup>, Аллояров К.Б.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup>ФГБУН «Мурманский морской биологический институт РАН», г. Мурманск, Россия

<sup>3</sup>ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», г. Мурманск, Россия

alexgud@mail.ru

Новые и будущие технологии экологического мониторинга в конечном итоге становятся онлайн-системами автоматического и непрерывного измерения, сочетающими параметры окружающей среды с биоиндикацией. Серийные океанографические зонды успешно используются для непрерывного мониторинга гидрологических, физических и нескольких химических параметров водной среды.

Однако полноценный экологический (гидробиологический) зонд, необходимый для онлайн-биомониторинга качества воды и контроля экологической безопасности, еще не разработан, - прототипы зонда и технология находятся на начальной стадии мировых разработок небольшими научными группами.

Дело в том, что задача создания технологии автоматического контроля качества воды в природной среде значительно сложнее, чем использование биологического онлайн-контроля на станциях водоснабжения. Онлайн-биомониторинг основан на реакциях организма-биосенсора/монитора и требует обязательных фундаментальных исследований активности организма-монитора в естественных условиях (помимо лабораторных экспериментов).

При изучении и тестировании различных технических систем онлайн-биомониторинга было, в частности, обнаружено, что выбор или разработка адекватных, надежных и простых в использовании датчиков является ключевым звеном в технологии онлайн регистрации активности водных животных, в том числе для разработанного нами аппаратно-программного комплекса оперативного биомониторинга (АПК ОБМ) и биоиндикации (Gudimov, 2020).

Установлено, что электромагнитные датчики, используемые в отечественных и зарубежных аналогах для регистрации поведенческой активности двустворчатых моллюсков, так же, как и традиционные кардиодатчики для беспозвоночных, в основном надежны в контролируемых условиях, но имеют ряд недостатков, усложняющих настройку и эксплуатацию системы. Это делает проблематичным длительное использование приборных комплексов в реальных природных условиях, особенно в отдаленных районах.

Кроме того, существующие сенсоры совершенно непригодны или малопригодны для мелких беспозвоночных, составляющих большую часть видового разнообразия морских и пресных вод. Необходимость разработки и применения датчиков другого типа очевидна.

Одним из потенциальных материалов, перспективных для создания новых типов датчиков, является сегнетоэлектрическая керамика, обладающая высокой чувствительностью к слабым движениям и вибрациям. Основная проблема заключается в том, что свойства сегнетоэлектрических керамических изделий в отношении возможности их использования для регистрации слабых вибраций в водной среде, пока не изучены.

Список использованной литературы:

Gudimov A.V. The first IT systems for ecological online monitoring in water environment // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. – 2020. – INSPEC Accession Number: 20179101– DOI: 10.1109/FarEastCon50210.2020.9271293.

## ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Краснодубец Л.А.<sup>1,2</sup>, Канов Л.Н.<sup>1</sup>

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

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

Экономичные и экологически безопасные ветроэлектрические установки представляют современное направление в развитии электроэнергетики. В (Дологлонян, 2022) предложен перспективный способ преобразования энергии ветра для надежного энергоснабжения потребителей в изменяющихся ветровых условиях. Ветроэлектрическая установка содержит ветротурбину и электрическую машину, механически соединенную с вращающейся нагрузкой и подключенной к электрической сети, рис.1. Интерес представляют особенности преобразования мощности ветра в электрическую мощность электросети и в механическую мощность нагрузки.

Электрическая часть ветроустановки описывается уравнением электрической машины

$$R_C E = I_B \cdot [R_E \cdot (R_C + R_B) + R_C R_B] - R_E U_C + (R_C + R_E) U_B, \quad (1)$$

где  $U_B = W \frac{d\Phi}{dt}$  – напряжение возбуждения;  $W$  – число витков обмотки возбуждения;  $\Phi(I_B)$  – магнитный поток;  $I_B, R_B$  – ток и сопротивление возбуждения;  $E(k_\Omega \Omega, \Phi)$  – ЭДС, зависящая от скорости вращения ветротурбины  $\Omega$ ;  $k_\Omega$  – коэффициент передачи редуктора от ветротурбины к электрической машине;  $I_E, R_E$  – ток и сопротивление якоря электрической машины.

Уравнение ветротурбины представляет равенство механических моментов

$$J \frac{d\Omega}{dt} + M_{TP} + M_E + M_H = M_{BT}, \quad (2)$$

где первое слагаемое – динамический момент ветротурбины;  $M_E(I_E, \Phi)$  – момент электрической машины;  $M_H(k_H \Omega)$  – момент нагрузки;  $k_H$  – коэффициент передачи редуктора от электрической машины к нагрузке;  $M_{BT}(\Omega, \alpha, V)$  – вращающий момент ветротурбины;  $\alpha$  – угол установки её лопастей;  $V$  – скорость ветра. Режим работы ветроэлектростанции определяется скоростью ветра  $V(t)$  на основе решения уравнений (1), (2), рис.2.

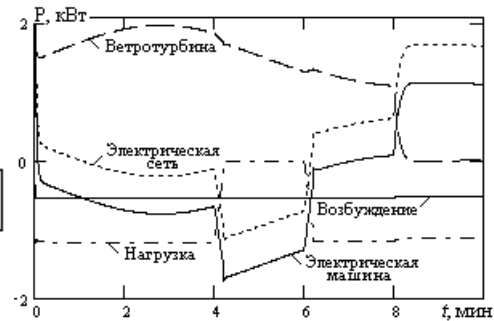
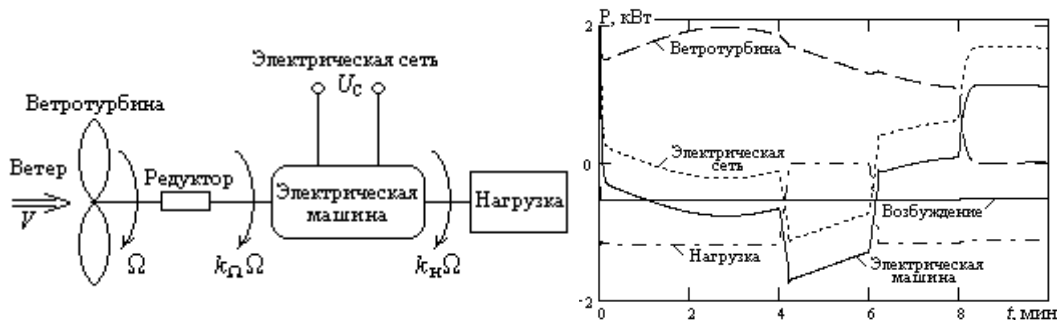


Рисунок 1 – Блок-схема ветроэлектростанции Рисунок 2 – Режим ветроэлектростанции

На рисунке 2 показаны энергетические параметры режима ветроэлектрической установки в течение четырех характерных интервалов времени. На интервале от 0 до 4 мин значительный ветер, и нагрузка, возбуждение и сеть поглощают мощность ветротурбины. На интервале от 4 до 6 мин нагрузка выключена, и вся мощность ветротурбины поглощается сетью и возбуждением машины. В следующие 2 мин нагрузка восстанавливается, а скорость ветра падает. Теперь наряду с ветротурбиной мощность генерируется и сетью. На заключительном интервале наблюдения скорость ветра падает до нуля, и вся мощность генерируется сетью. Электрическая машина служит лишь средством передачи мощности от ветротурбины и сети к нагрузке и на возбуждение.

Список использованной литературы:

Дологлонян А.В. Способ преобразования энергии ветра в механическую / А.В.Дологлонян, В.А.Сафонов, А.Г.Клименко // Системы контроля окружающей среды – 2022 / Тезисы докладов Международной научно-практической конференции. – Севастополь 08–11 ноября 2022 г. – Севастополь: ИП Куликов А.С., 2022. – С. 123.

**ОБНАРУЖЕНИЕ АНОМАЛИЙ МОДЕЛЬЮ SARIMAX  
В РЯДАХ АКТИВНОСТИ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ  
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА БИОМОНИТОРИНГА  
ВОДНОЙ СРЕДЫ**

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

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
aveiro\_7@mail.ru

Целью данного исследования является разработка алгоритма для обнаружения аномалий в рядах активности двустворчатых моллюсков. Ввиду возрастающей нагрузки на водные объекты на фоне промышленного развития человечества, урбанизации, развития сельского хозяйства подобные исследования крайне актуальны. Разработанный программный алгоритм обнаружения аномалий будет включен в программное обеспечение комплекса автоматизированного биомониторинга водной среды.

Исходной информацией для разработки прогнозной модели ARIMA послужили данные активности пресноводных двустворчатых моллюсков *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758), полученные за период март-апрель 2017 г. Данные получены с разработанного авторами комплекса автоматического биомониторинга водной среды, основанного на фиксации поведенческих реакций двустворчатых моллюсков (Grekov, 2019).

Моделирование временных рядов проводилось с использованием модели SARIMA (модель ARIMA с сезонной составляющей).

Работа проведена поэтапно:

1. Декомпозиция временных рядов, для определения размерности сезонности «m».
2. Определение оптимальной модели, то есть определение параметров модели SARIMA: p, P, d, D, q и Q.
3. Построение модели SARIMA по оптимальным параметрам, определенным на шаге 2.
4. Прогнозирование данных.
5. Оценка и анализ результатов.

В качестве меры для обнаружения аномалий в данных воспользуемся корнем из среднеквадратической ошибки (RMSE – Root mean squared error).

Анализ данных проводился на языке программирования Python (V3.9.12) с использованием пакета машинного обучения scikit-learn (V 1.2.2) и пакета статистических моделей statsmodels (V 0.14.0).

Разработан алгоритм обнаружения аномалий.

Вычисление порога величины RMSE при каждом времени осреднения (от 5 до 30 минут) данных позволило определить время реагирования алгоритма при обнаружении аномалии.

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

Список использованной литературы:

Grekov A.N., Kuzmin K.A., Mishurov V.Z. Automated early warning system for water environment based on behavioral reactions of bivalves // 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) IEEE. – 2019. – P. 1–5.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ ЛОГИСТИКИ**

*Моисеев Д.В., Шокин А.Г.*

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

Современные сетевые инфраструктуры любого уровня требуют решения комплексных задач обеспечения как надежности, так и пропускной способности. Решение сложной задачи управления и диспетчеризации информационной инфраструктуры вызывает проблему учета множества динамических, разнородных характеристик.

Наличие большого числа характеристик, влияющих на эксплуатационные характеристики сетевых транспортных потоков требует развития новых специфических методов моделирования и принятия решения, численных методов, принятия решений в условиях неопределенности, рисков, исследования операций в нечёткой постановке с использованием вероятностных критериев оценивания.

Системы, работающие в режиме «роя», на базе сетевцентрической модели вызывают ряд проблем, связанных с динамичностью самого «роя» – количеством компонент, его связями и их состояниями, многогранностью использования технологий, взаимное влияние, использования метода синтеза (Кулешов и др., 2010; Батенков, Батенков, 2018) и еще целый ряд других аспектов делают задачи моделирования, оптимизации построения структур и принятия решений сложным не только с точки зрения получения самих показателей но и с точки зрения выбора методов их получения.

Для решения поставленной задачи планируется применение полимодельного комплекса функциональных задач оптимизации информационной логистики, учитывающего всю специфику обозначенной проблематики.

Достижение поставленной задачи обеспечивается использованием матрицы модельных решений, а также включает в себя модель для дискретной оптимизации с многоиндексной структурой базовых функциональных задач и базовые стохастические модели полимодельного комплекса.

В свою очередь модель для дискретной оптимизации с многоиндексной структурой базовых функциональных задач и базовые стохастические модели полимодельного комплекса базируется на моделях максимизации показателей помехоустойчивости передаваемых сообщений, минимизации временных потерь, связанных с обеспечением информационного обмена, минимизации стоимостных показателей информационного трафика и максимизации надёжных функций обеспечения сетевого трафика.

Список использованной литературы:

Кулешов И.А., Бабкин А.В., Малахов Ю.А., Дуплинский М.А. Анализ методов синтеза структуры сетей связи // Научно-технические ведомости СПбГТУ 1. – 2010. – С. 106–112.

Батенков К.А., Батенков А.А. Анализ и синтез структур сетей связи по детерминированным показателям устойчивости // Труды СПИИРАН. – 2018. – Вып. 3(58). – С. 128–157.

## ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДИОКСИДА АЗОТА В ТРОПОСФЕРЕ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ПО ДАННЫМ СПЕКТРОМЕТРА TROPOMI

Никитин О.В.<sup>1</sup>, Кузьмин Р.С.<sup>1</sup>, Вазиев И.И.<sup>2</sup>, Латыпова В.З.<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>ООО «Экоаудит», г. Казань, Россия

<sup>2</sup>МБУДО «ЦДТ Танкодром», г. Казань, Россия

<sup>3</sup>ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия

<sup>4</sup>Институт проблем экологии и недропользования ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан», г. Казань, Россия

olnova@mail.ru

Загрязнение атмосферного воздуха является одним из основных факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье населения и окружающую среду. Поэтому, необходим комплексный мониторинг состояния атмосферы, включающий оценку концентрации отдельных веществ. Одним из оперативных способов осуществления экологического мониторинга является спутниковое зондирование, например, при помощи аппарата Sentinel-5 Precursor Европейского космического агентства. В рамках данной работы проведена оценка содержания диоксида азота в тропосфере на территории Республики Татарстан в 2023 году (с января по октябрь). Доступ к данным и основные операции осуществлялись с помощью облачной платформы Google Earth Engine. Карты оформлялись в QGIS v.3.12. Обработка полученных данных производилась при помощи программы Statistica 10.0.

На рисунке 1 представлена карта загрязнения тропосферы Республики Татарстан диоксидом азота за 2023 год. В среднем содержание диоксида азота составляло  $25 \pm 6$  мкмоль/м<sup>2</sup> (среднее  $\pm$  стандартное отклонение), варьируя на 60 единиц от 17 до 77 мкмоль/м<sup>2</sup>.

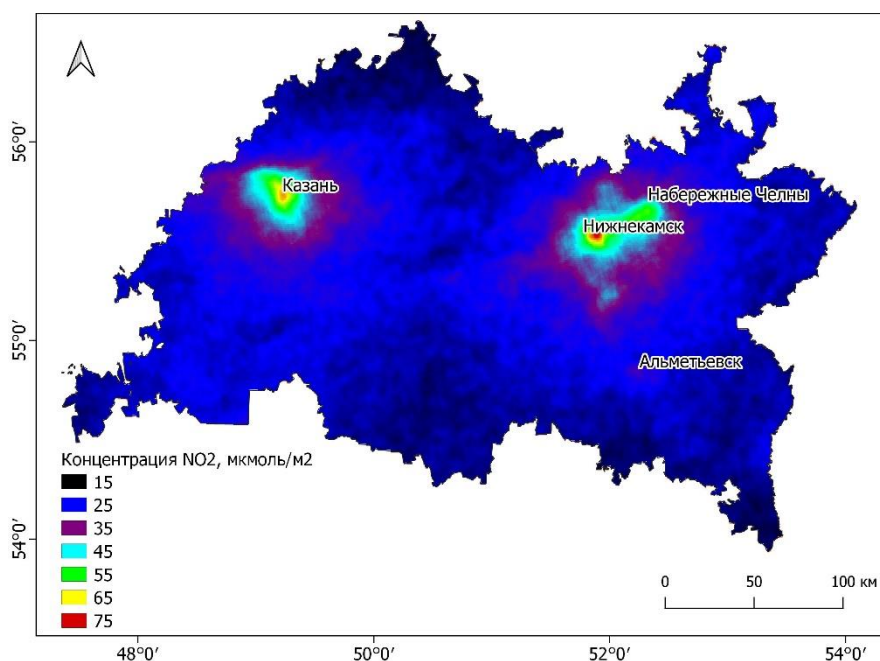


Рисунок 1 – Усредненная концентрация диоксида азота в тропосфере на территории Республики Татарстан в 2023 году по данным спутникового мониторинга

Из-за контрастности естественных и антропогенных источников загрязнения, NO<sub>2</sub> является удобным атмосферным компонентом для картографирования из космоса. Как видно из рисунка, основными загрязнителями тропосферы диоксидом азота на территории республики являются крупные агломерации: Казань, Набережные Челны, Нижнекамск и Елабуга. Вследствие высокой плотности автомобильного транспорта и обилия промышленных предприятий там отмечаются наибольшие концентрации этого газа, многократно превышающие фоновые значения.

## ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МЕТАНА В АТМОСФЕРЕ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Никитин О.В.<sup>1</sup>, Кузьмин Р.С.<sup>1</sup>, Сафин А.А.<sup>2</sup>, Латыпова В.З.<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>ООО «Экоаудит», г. Казань, Россия

<sup>2</sup>МБУДО «ЦДТ Танкодром», г. Казань, Россия

<sup>3</sup>ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия

<sup>4</sup>Институт проблем экологии и недропользования ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан», г. Казань, Россия

olnova@mail.ru

Метан ( $\text{CH}_4$ ) является вторым по распространенности парниковым газом после углекислого газа. Его концентрация в атмосфере в последние годы увеличивалась все более быстрыми темпами, что в первую очередь связывают с антропогенной деятельностью. В настоящее время возможно оперативно исследовать содержание метана в атмосфере по данным спутникового зондирования при помощи аппарата Sentinel-5 Precursor Европейского космического агентства. Доступ к данным и основные операции осуществлялись с помощью облачной платформы Google Earth Engine. Карты оформлялись в QGIS v.3.12. Обработка полученных данных производилась при помощи программ Statistica 10.0 и MS Excel 2007.

В качестве примера представлена карта усредненного содержания метана на территории Республики Татарстан в 2023 г., а также динамика показателя в 2020–2023 гг. (рисунок 1). В среднем концентрация метана в 2020 году составляла  $1851 \pm 13$  ppb (среднее  $\pm$  стандартное отклонение), в 2021 –  $1867 \pm 13$ , в 2022 –  $1871 \pm 11$  и в 2023 –  $1879 \pm 11$  ppb соответственно.

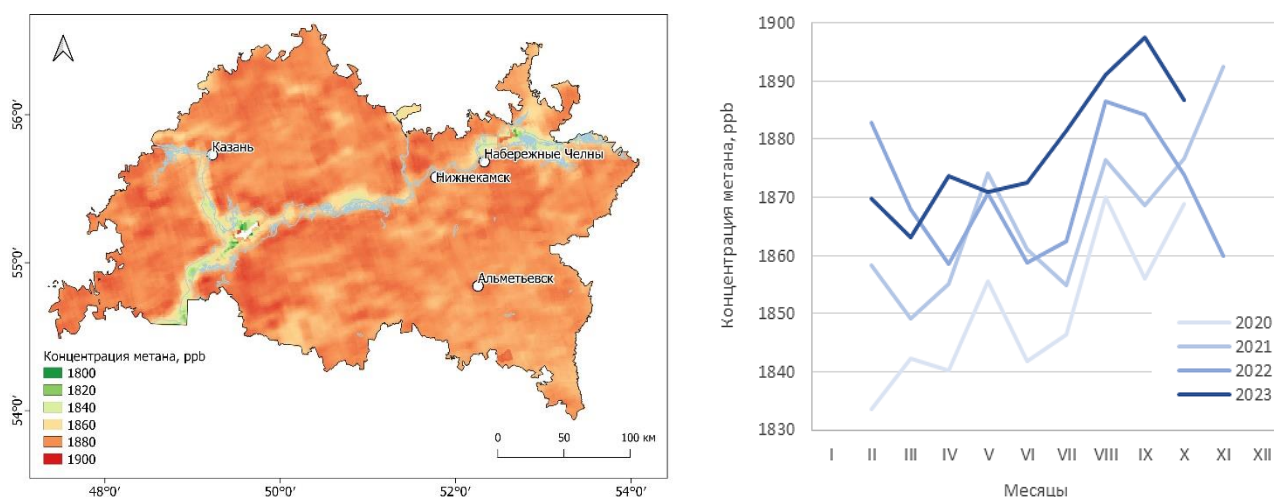


Рисунок 1 – Средняя концентрация метана в атмосфере на территории Республики Татарстан в 2023 г. (слева) и динамика показателя по месяцам в 2020–2023 гг. (справа)

Наблюдается тенденция к увеличению метанового фона в годовом исчислении, например, относительно 2020 года в 2023 году концентрация на территории республики увеличилась на 1,5 %. Кроме того, весьма заметны большие амплитуды месячных вариаций фоновых концентраций метана (наибольшие значения характерны для осени, наименьшие для весеннего сезона). Обнаружена статистически значимая ( $p < 0,01$ ) обратная зависимость содержания метана в атмосфере от степени облесенности территории и прямая зависимость от процента пастбищ в районах республики. Можно отметить, что несмотря на удобство работы с данными спутника Sentinel-5 Precursor, из-за сильного влияния облачности на измерение содержания метана картографировать его концентрацию целесообразно с осреднением за длительный период времени (месяц, сезон, год).

## ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВИБРАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ

Нурзай В.А., Губарев Ф.А., Лей В.А.

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

В современных реалиях множество движителей, эксплуатируемых на предприятиях водоочистных сооружений, систем водоподведения, горнодобывающей отрасли Севастополя и Крыма, имеют существенный износ и требуют повышенного контроля вибросостояния.

Контроль может осуществляться на постоянной основе или периодически, в зависимости от важности объекта или степени его износа. Особое внимание должно уделяться переходным процессам, таким как пуск и останов двигателей, в связи с прохождением ими резонансных частот и существенным усилением амплитуды качаний. Основная задача контроля – выявление изменения вибросостояния механизмов и элементов конструкций, и предотвращение или минимизация последствий техногенных аварий.

В рамках работы было произведено исследование возможности применения двух бесконтактных оптических методов контроля состояний объектов для измерения частотного состава и амплитуды вибрации электродвигателей.

Применялись фотомодуляционный метод контроля с использованием тонких плёнок (Нурзай, 2021), и лазерный метод спекл-корреляции (Елугачев, 2023). В качестве тестовых объектов использовались лабораторный вибростенд УП-709, лабораторная установка по исследованию производственной вибрации с эксцентричным валом двигателя и асинхронный двигатель в паре с генератором постоянного тока.

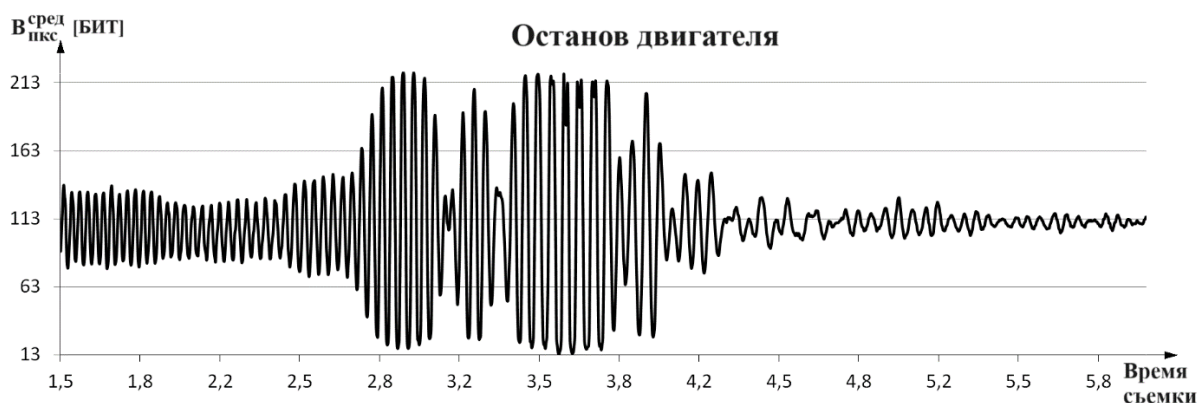


Рисунок 1 – Вибрация при останове двигателя, фиксируемая фотомодуляционным методом

Оба метода продемонстрировали высокую идентичность показаний, и на взгляд авторов исследования, могут применяться для проведения периодического экспресс-контроля вибросостояния двигателей промышленных производств.

### Список использованной литературы:

Нурзай В.А., Быковский Ю.М. Исследование влияния освещённости на погрешность измерения вибраций технологических объектов фотомодуляционным голографическим способом // Системы контроля окружающей среды. – 2022. – №3(49). – С.117–126. DOI:10.33075/2220-5861-2022-3-117-126

Применение технологии флопов в техническом зрении киберфизических систем для диагностики автодорожных мостов / П.А. Елугачев, Ф.А. Губарев, А.А. Банников, А.В. Мостовщиков // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2023. – № 2(25). – С. 191–206. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-191-206



## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ УДАЛЕННЫХ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Олейников А.М.<sup>1</sup>, Канов Л.Н.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия

В оффшорных ветро и волновых электростанциях электрические системы представляют сложные распределенные совокупности генераторов и трансформаторов, соединенных кабельными сетями. Анализ режимов в подобных системах выполняется по математическим моделям машин, связанных кабелями, в которых учитываются эквивалентные сопротивления и индуктивности жил кабелей (Олейников, 2022), поэтому все еще актуальной остается задача анализа электроэнергетических режимов таких систем с учетом длин и переменных параметров кабелей, рассматриваемых как электрические цепи с распределенными параметрами (Бессонов, 2012).

Целью исследования является построение методики математического моделирования процесса передачи энергии по протяженным кабелям с учетом неравномерности распределения их параметров по длине.

На рис. 1,а изображена упрощенная блок-схема оффшорной электростанции с несколькими синхронными волновыми и типовыми ветрогенераторами с напряжением  $U_s = 660$  В, связанными кабелем с береговой энергетической системой переменного напряжения  $U_c = 380$  В. Для расчета длина кабеля разделена на 10 интервалов. Удельные значения индуктивности и емкости кабеля приняты постоянными и равными:  $L_0 = 3,18$  мкГн/м;  $C_0 = 0,44$  мкФ/м. Графики зависимостей удельных сопротивления и проводимости по длине кабеля приведены на рис. 1,б, где учтены возможные изменения названных параметров от температуры и влажности окружающей среды.

С учетом граничных условий в точках соединения однородных участков кабеля и по начальным условиям в начале и конце кабеля построен алгоритм расчета напряжений, токов и мощностей в элементах системы и по длине кабеля. В силу индивидуальных ветровых условий для установки учитываются возможные фазовые смещения напряжений генераторов.

На рис. 2 показаны результаты расчета мощностей по длине кабеля в момент времени через 5 с от начала наблюдения. Как видно, несмотря на значительные колебания активных мощностей, вырабатываемых генераторами, суммарная активная мощность, передаваемая в сеть, испытывает только небольшие колебания, а часть этой мощности теряется в кабеле, что объясняется выбором удельных параметров кабеля, в частности, продольного сопротивления и поперечной проводимости. Распределение реактивной мощности вдоль кабеля имеет ярко выраженный волновой характер со значительными амплитудами стоячих волн.

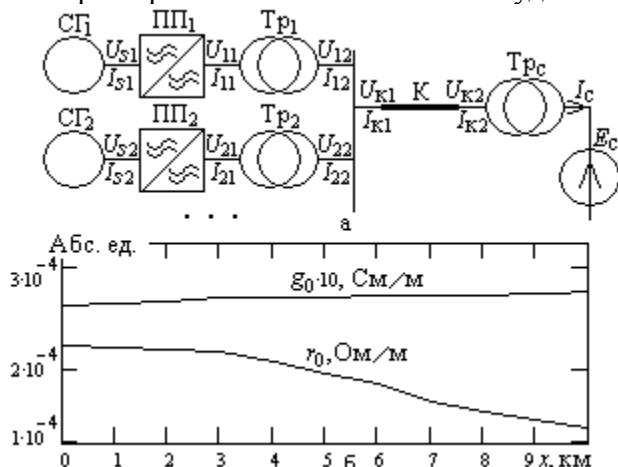


Рисунок 1

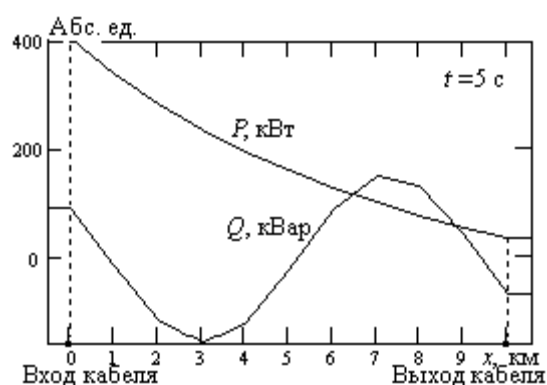


Рисунок 2

### Список использованной литературы

Олейников А.М., Канов Л.Н. Особенности математического моделирования передачи электроэнергии от ветроэлектростанций в оффшорных зонах // Системы контроля окружающей среды – 2022 / Тезисы докладов Международной научно-практической конференции. – Севастополь, 08 – 11 ноября 2022 г. – Севастополь: ИП Куликов А.С., 2022. – С. 43.

Бессонов Л.А. Электрические цепи. – М.: Изд-во «Юрайт», 2012. – 701 с.



## ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПЛОТНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ

Пеньков М.Н.

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

Измерение профиля плотности является важным компонентом исследований в океанологии, позволяющим получить данные о вертикальном распределении плотности морской воды, что необходимо для понимания гидродинамических процессов в океане, прогнозирования климатических изменений и изучения морской экосистемы. В настоящее время существует несколько используемых схем для измерения профиля плотности с использованием датчиков давления. Например, на рисунке 1 показана конструкция, предложенная в работах (Федотов, 2013), предусматривает использование четырех датчиков давления, расположенных в форме треугольной пирамиды. Однако существующие схемы имеют свои недостатки, такие как высокая стоимость и сложность исполнительных механизмов, необходимости компенсации угловых колебаний конструкции при свободном падении. Поэтому актуальным является разработка новых методов измерения профиля плотности, которые были бы более эффективными, доступными и удобными в использовании.

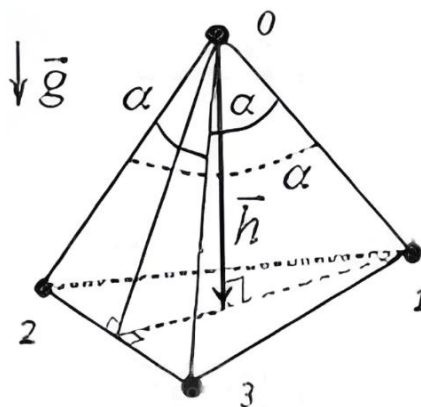


Рисунок 1 – Расположение датчиков давления

Для решения вышеуказанных проблем предложена конструкция с двумя датчиками давления и одного акселерометра. Имеется довольно большой выбор подходящих акселерометров с необходимым разрешением по трем координатам и наличием требуемых интерфейсов на выходе. Отдельно рассмотрим оптический метод, основанный на измерения коэффициента преломления светового луча в зависимости от плотности морской воды. Для его реализации используются две пентапризмы и датчик отклонения луча (датчик положения) с максимально высоким разрешением. В настоящее время имеются оптические линейные датчики-фотоприемники на фотодиодах с разрешением до 80000 точек на дюйм.

Датчик подобной конструкции целесообразнее использовать в зондирующих устройствах типа ИСТОК и т.п. Рассмотренные практические аспекты измерения профиля плотности морской воды могут послужить основой для разработки удобных и эффективных инструментов для проведения научных исследований в области океанологии и гидродинамики. Измерение плотности может дать дополнительную информацию о вертикальном распределении водных масс, что существенно поможет в понимании процессов, происходящих в океане.

*Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 121122300070-9.*

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.

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ БЫСТРОГО ВЫЯВЛЕНИЯ РЕАКТИВНЫХ  
МЕТАБОЛИТОВ КСЕНОБИОТИКОВ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Подольская Е.П.*

Институт аналитического приборостроения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия  
ek.podolskaya@gmail.com

Современные методы очистки сточных вод на основе активированных окислительных процессов, подразумевающих совместное использование химических окислителей, фотокатализаторов и УФ излучения, могут приводить к образованию токсичных промежуточных продуктов трансформации ксенобиотиков и образованию реакционных метаболитов, способных при попадании в организм ковалентно связываться с белковыми молекулами (образовывать аддукты), тем самым нарушая их функции. Такие нарушения могут привести к значительным негативным изменениям в биоценозе водоемов, в которые попадают сточные воды, прошедшие недостаточную очистку от продуктов окисления ксенобиотиков. Кроме того, низкое качество очистки питьевой воды также приводит к попаданию в организм человека различных ксенобиотиков и/или их метаболитов, что наносит значительный вред здоровью.

На сегодняшний день список антропогенных загрязнителей, подлежащих мониторингу в природных водах достаточно широк. В него входят такие классы соединений, как пестициды, стойкие загрязнители (полихлорированные бифенилы, диоксины, дибензофураны), полиароматические углеводороды, и особое внимание уделяется различным лекарственным средствам. Так, например, диклофенак, являющийся наиболее продаваемым фармацевтическим препаратом, был выбран в качестве маркера антропогенного загрязнения окружающей среды в связи с крайне негативным воздействием на экосистему и был включен в главный список приоритетных веществ, подлежащих мониторингу.

Соответственно, разработка подходов, позволяющих предсказывать возможные последствия трансформации ксенобиотиков под воздействием окислительных факторов на окружающую среду и живые организмы, является актуальной задачей. При этом особый интерес представляют скрининговые методики, позволяющие проводить множество экспериментов за короткое время. Соответственно, разработка аналитической системы для быстрого выявления реактивных метаболитов проводилась на основе метода МАЛДИ (матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация) масс-спектрометрии, который отличается не только беспрецедентной чувствительностью, но и высочайшей экспрессностью.

В результате работы предложен подход для экспрессного выявления реактивных метаболитов ксенобиотиков, включающий в себя: функционализацию поверхности МАЛДИ мишени наночастицами диоксида титана, для чего была разработана установка для распыления наночастиц в бескапельном режиме, что обеспечивало высокий уровень адгезии наночастиц к поверхности мишени; проведение на функционализированной поверхности УФ-индуцированного фотокаталитического окисления ксенобиотиков; инкубацию полученных продуктов с улавливающим агентом – белковой молекулой, способной образовывать аддукты; МАЛДИ масс-спектрометрический анализ. Разработанный подход отличается экспрессностью, простотой и дешевизной и позволяет надежно фиксировать образование реактивных метаболитов по их аддуктам с глутатионом и глобином человека методом МАЛДИ масс-спектрометрии и превосходит общепринятые подходы по следующим критериям: значительное снижение количества расходных реактивов и исследуемых веществ; снижение время- и трудозатрат процесса исследования; объединение нескольких стадий исследования в одну; возможность проведения нескольких экспериментов одновременно; выявление большего числа реактивных метаболитов.

## КОРРОЗИОННОЕ РАСТРЕСКИВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ ПРИМОРСКОЙ АТМОСФЕРЫ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ

Руднев В.П.

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

В условиях приморской атмосферы влажных субтропиков проведены испытания на коррозионное растрескивание (КР) при экспозиции под навеса 17-ти марок образцов алюминиевых сплавов, изготовленных из плит, листов, штамповок и профилей. Испытание на КР проводилось по ОСТ 90352-84. Сущность данного метода заключается в том, что образец с предварительно созданной трещиной подвергается одновременному воздействию коррозионной среды и растягивающих напряжений, при котором берега трещины смещаются вдоль линии нагружения. Примененный метод отвечает требованиям международного стандарта ASTM E1681.

Испытания показали, что после 5-летней экспозиции под навесом значительной стойкостью к коррозионному растрескиванию обладает сплав В95Т2, у него наименьший прирост трещины (рис. 1, 2б). К сплавам с меньшей склонностью к росту трещины, представленных на рис. 1, следует также отнести сплав 1973Т2, а наихудшие показатели при данном виде испытания у сплавов В95Т1, 1161Т (рис. 1, 2а). На данной временной базе экспозиции и при увеличении продолжительности испытаний образцы сплавов, склонных к коррозионному растрескиванию, разрушились (рис. 2а).

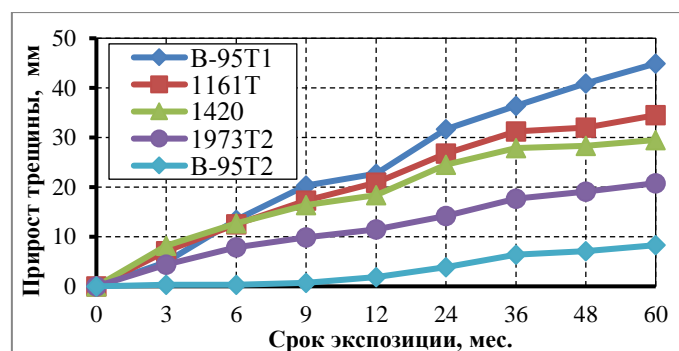


Рисунок 1 – Временная зависимость прироста трещины в образцах алюминиевых сплавов в процессе экспозиции под навесом на береговой испытательной площадке

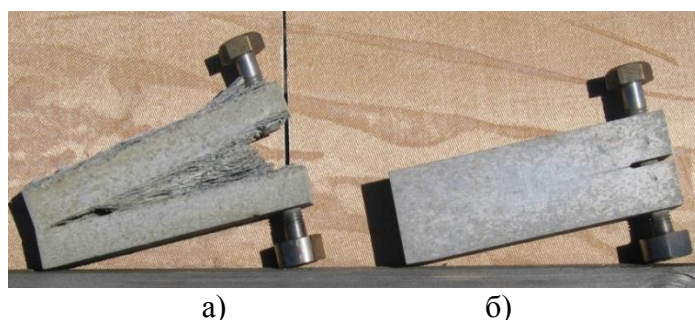


Рисунок 2 – Внешний вид образцов сплава 1161Т (а) и сплава В-95Т2 (б) после 10 лет экспозиции в приморской атмосфере влажных субтропиков

Данный метод позволяет оценить влияние коррозионной среды на вязкость разрушения алюминиевых сплавов. На основании полученных данных по скорости роста трещины определены значения коэффициента интенсивности напряжения (КИН) для исследуемых материалов.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ВОДЕ, НА ВЫХОДНЫЕ СИГНАЛЫ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Рязанов В.А., Пасынков М.А., Алексеев С.Ю., Шмырева И.Г.

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

Разработка и создание измерительных каналов, предназначенных для работы *in situ*, связана со многими трудностями. Во-первых, измерительные каналы по своим метрологическим характеристикам должны быть близки к эталонам, а по техническим возможностям выдерживать большие давления и работать в агрессивных условиях, например, в морской воде. Выполнение таких требований позволит фиксировать различные загрязнители в пресных и морских водах, определять их уровень не только на поверхности, но и на больших глубинах. С этой целью в лаборатории гидроакустических и оптических методов и средств контроля состояния окружающей среды Института природно-технических систем был разработан и создан автоматизированный лабораторный стенд, в котором установлены различные измерительные каналы как разработанные авторами, так и покупные. В состав стенда на данном этапе установлены следующие измерительные каналы: скорости распространения, поглощения, рассеяния и затухания акустических сигналов, электропроводности морской воды, электрического импеданса, температуры воды, оптической плотности и коэффициента пропускания. Для всех измерительных каналов разработано, проверено и установлено в ПК программное обеспечение. В дальнейшем стенд будет усовершенствоваться и насыщаться дополнительными измерительными каналами, что позволит исследовать, моделировать и формировать структуру и определить предполагаемые технические возможности будущих многофункциональных информационно-измерительных систем, предназначенных для работы в жестких морских условиях, обладающих высокой чувствительностью и приемлемой неопределенностью.

Структурно-функциональная схема автоматизированного лабораторного стенда представлена на рисунке 1.

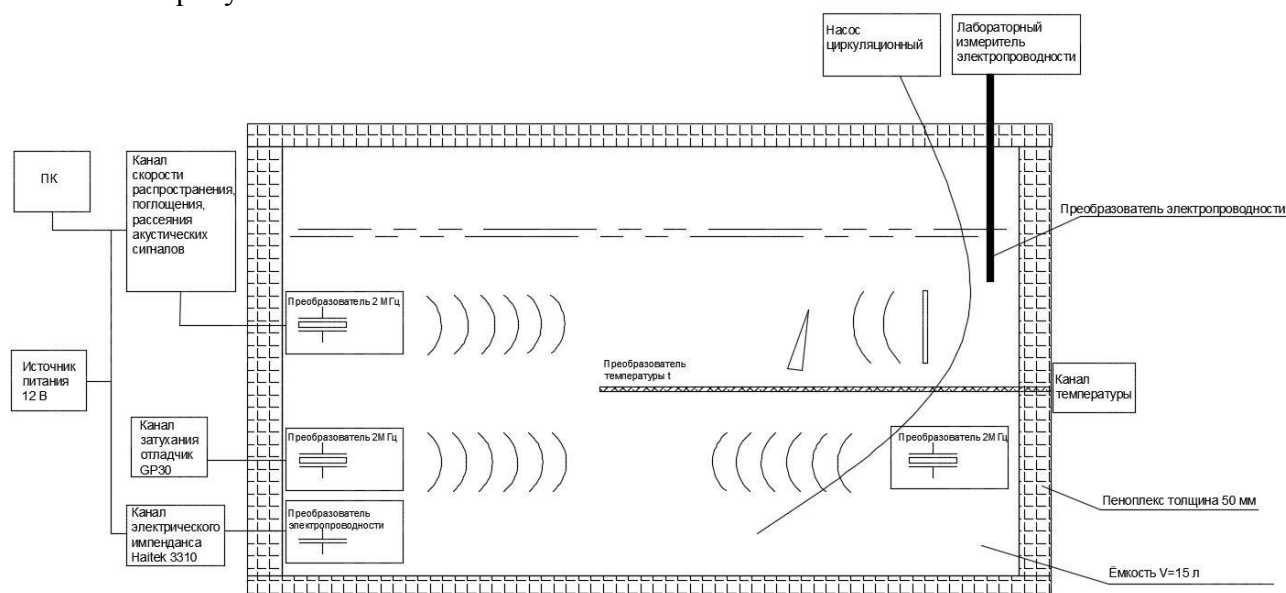


Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема автоматизированного лабораторного стенда

Список использованной литературы:

Греков А.Н., Греков Н.А., Сычев Е.Н., Кузьмин К.А. Развитие акустических измерительных приборов для исследования водной среды *in situ* // Системы контроля окружающей среды. – 2019. – Вып. 2 (36). – С. 22–29. DOI: 10.33075/2220-5861-2019-2-22-29

**ГИДРОГЕЛИ – СОРБЕНТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В МОНИТОРИНГЕ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА**

*Сенин В.Г., Михайлова А.В., Кузьмина Т.Г., Симакина Я.И., Сенин П.В.*

ФГБУН Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН,  
г. Москва, Россия  
valsenin@mail.ru

Слабосшитые полимерные гидрогели (СПГ) представляют собой трехмерную сетку гидрофильных сополимеров или гомополимеров. Их также называют гидрофильными гидрогелями, поскольку они удерживают большие объемы воды. Эластичность, набухание и абсорбирующая способность являются важными свойствами СПГ. Синтетические СПГ обладают лучшей поглощающей способностью воды и стабильностью гидрофобно-гидрофильной сетки, чем природные. В настоящее время СПГ применяются в пищевой промышленности, сельском хозяйстве, косметике, медицине и т. д., они находят широкое применение из-за низкой стоимости, нетоксичности и безвредности для окружающей среды. Цель этой работы – показать возможность применения СПГ в аналитической химии как сорбентов для концентрирования неорганических компонентов воды и их отличие от традиционных сорбентов. Методика работы с СПГ включает минимум операций: в известный объем воды вносится определенная навеска СПГ и после набухания полимера его высушивают при 70-100°C. Вода испаряется, а все макро- и микрокомпоненты остаются в СПГ. Сухие гранулы можно анализировать различными инструментальными методами, например, РФА, ИНАА. Концентраты хранятся долгое время. Причем, полимер является однородной матрицей, не влияющей на показания РФА. Применение СПГ позволяет провести концентрирование сразу на месте нахождения объекта – реки, озера, болота. Особенно это важно для малодоступных мест, откуда пробы воды сложно доставлять в нужное время в лабораторию. СПГ опробованы авторами на модельных объектах воды при совместном концентрировании ионов четырех элементов и их определении в объеме твердой фазы СПГ методом РФА (Симакина, 2021). Пределы обнаружения металлов в твердой фазе составляют 0,0002, 0,0003, 0,0002 и 0,0005 мас. % для ионов Fe(III), Cr(VI), Cu(II) и Mn(II). Относительные стандартные отклонения составляют 4,1, 3,2, 4,1 и 5,2% соответственно. В продолжение работ авторами в весенне-летнюю межень 2023 г. опробована вода рек и озер Осташковского района Тверской области вблизи оз. Селигер. На территории района берет начало р. Волга. Оценки качества воды основных водоемов и рек центра европейской части РФ, имеющих хозяйственное значение, проводятся давно. Выбранные нами объекты (малые реки Близна, Большая Коша, Глушица и Ускройня) ранее не наблюдались, поскольку напрямую не относятся к объектам рекреационного водопользования. Однако в связи с тем, что эта территория является небольшой по площади (3,8% площади РФ) с высокой плотностью населения, то обеспеченность чистыми водными ресурсами с годами резко снижается. Антропогенное воздействие приводит к увеличению концентраций сульфатов, хлоридов, натрия, калия, нефтепродуктов и БПК5 относительно фонового содержания. Здесь может сформироваться дефицит рекреационно-доступных водных ресурсов. Природные неохраняемые водные экосистемы способны к самоочищению, если антропогенная нагрузка не превышает определенных пределов. Если этот предел превзойден, происходит их деградация и одновременно снижается их способность к самоочищению. Поэтому проведение мониторинга малых рек, питающих основные водные объекты, сегодня крайне актуально.

Список используемой литературы:

Симакина Я.И., Кузьмина Т.Г., Сенин В.Г. Исследование сорбционных свойств полимерных гидрогелей на основе акриламида спектральными методами// Журн. аналит. химии. – 2021. – Т. 76. – № 11. – С. 997–1003. DOI: 10.1134/S1061934821110137

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЧАСТОТОЙ 300 ГЦ НА МОРСКУЮ МИКРОБИОТУ

Степанова О.А.<sup>1</sup>, Шоларь С.А.<sup>2</sup>, Пеньков М.Н.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН», г. Севастополь, Россия  
solar-ua@ya.ru

На базе Института природно-технических систем (ИПТС) были продолжены исследования влияния электромагнитного поля (ЭМП) на черноморскую микробиоту. Наши первые эксперименты показали, что воздействие электромагнитной нагрузки на морскую микробиоту приводит к снижению инфекционного титра у альговирюсов и повышению устойчивости (снижение чувствительности) к вирусному лизису у микроводорослей на 1–2 порядка (Степанова и др. 2023).

Целью продолженных исследований явилось изучение влияния на морскую микробиоту ЭМП с максимальной частотой 300 Гц и уровнем сигнала 120–150 мВ.

Эксперименты проводили с помощью лабораторной установки, разработанной на базе Лаборатории гидрофизических и биоэлектронных измерительных систем и технологий Центра экологического приборостроения и экоэнергетики ИПТС (ЛГБИСТ ЦЭПЭ ИПТС) (Пеньков и др., 2022), которая после усовершенствования позволяла создавать ЭМП с максимальной частотой 300 Гц и уровнем сигнала 120–150 мВ.

Исследуемая морская микробиота была использована в виде вирусных суспензий альговирюса TvV (штамм TvV-SI-1) с разными инфекционными титрами и хозяина вируса – культуры микроводоросли *Tetraselmis viridis*. Методика постановки экспериментов и учета результатов подробно описаны ранее (Пеньков и др., 2022; Степанова и др., 2023).

Всего было проведено 12 экспериментов, из них 6 по облучению ЭМП жидкой культуры микроводоросли *Tetraselmis viridis* и 6 по влиянию ЭМП на вирусную суспензию штамма TvV-SI-1. Результаты впервые фиксировали повышение инфекционного титра используемого штамма альговирюса TvV на 1–4 порядка после пребывания в ЭМП с заданными характеристиками (300 Гц и 120–150 мВ). У микроводоросли *Tetraselmis viridis* в 4-х экспериментах не отмечалось отличий между облученной (опыт) культурой и контрольным образцом по чувствительности к вирусному лизису, в 2-х случаях наблюдали понижение устойчивости на 2 порядка.

По нашему предположению зафиксированный в экспериментах факт увеличения инфекционного титра альговирюса микроводоросли *Tetraselmis viridis* (штамм TvV-SI-1) после воздействия ЭМП с высокой частотой (300 Гц) и усиленным уровнем сигнала может быть связан с резким снижением свойств адгезии (склеивания, приклеивания, слипания) у вирусных частиц. Это может приводить к увеличению концентрации вирусов в суспензии и нивелированию обычно угнетающее воздействие электромагнитной нагрузки.

Исследования в данном направлении будут продолжены для дальнейшего изучения влияния электромагнитного поля на морскую микробиоту.

*Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 121122300070-9 и ФГБУН ФИЦ МГИ РАН № FNNN-2021-0003 «Оперативная океанология».*

Список использованной литературы:

Степанова О.А., Шоларь С.А., Пеньков М.Н. Результаты изучения влияния электромагнитного поля на морскую микробиоту // Системы контроля окружающей среды. – 2023. – № 2 (52). – С. 32–39.

Пеньков М.Н., Шоларь С.А., Степанова О.А. Лабораторная установка для изучения влияния переменного электромагнитного поля на морскую микробиоту // Системы контроля окружающей среды. – 2022. – № 3 (49). – С. 37–43.



## СКОРОСТНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО СИНТЕЗА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Торганов Д.В., Цирон М.С., Лавренчук А.А., Сперанский М.Ю., Губарев Ф.А.  
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия  
torganov\_d@mail.ru

Карбид кремния SiC является относительно инертным веществом: практически не взаимодействует с большинством кислот, кроме концентрированных фтористоводородной, азотной и ортофосфорной кислот. Высокая термическая, химическая и радиационная стойкость делают SiC востребованным во многих областях науки и техники.

Наиболее простыми способами получения ультрадисперсного порошка SiC является метод карботермического синтеза при температуре 1400–1700°C. Синтез SiC проводится в печах с защитной аргоновой атмосферой, метод механосинтеза, основывается на механическом воздействии на твердые тела с целью их измельчения и перемешивания компонентов. К более современным методам можно отнести высокотемпературный синтез, плазмохимические метод, плазмодинамический синтез. Все эти методы обладают рядом недостатков в виде сложности технологических установок, дорогого обслуживания, использования различных защитных сред.

В недавней работе по синтезу карбидов металлов и неметаллов (Пак, 2022) предложено использовать электродуговую установку постоянного тока. В настоящее время нами ведутся работы по получению карбида кремния с использованием электродуговой установки переменного тока.

Проблемой исследования электродугового синтеза является высокая температура процесса и яркое свечение, которое не позволяет напрямую наблюдать процессы в плазме. Кроме того, синтез идет в тигле, что также затрудняет наблюдение. В то же время визуальная информация о процессе синтеза необходима для понимания происходящих процессов и кинетики образования продуктов. Лазерный монитор на основе активной среды на парах бромида, сопряженный со скоростной камерой, дает возможность визуализации быстропротекающих высокотемпературных процессов в режиме реального времени (Губарев, 2022). На рисунке 1 показана схема эксперимента. В докладе обсуждаются результаты визуализации и перспективы развития метода электродугового синтеза карбидов и боридов металлов и неметаллов.

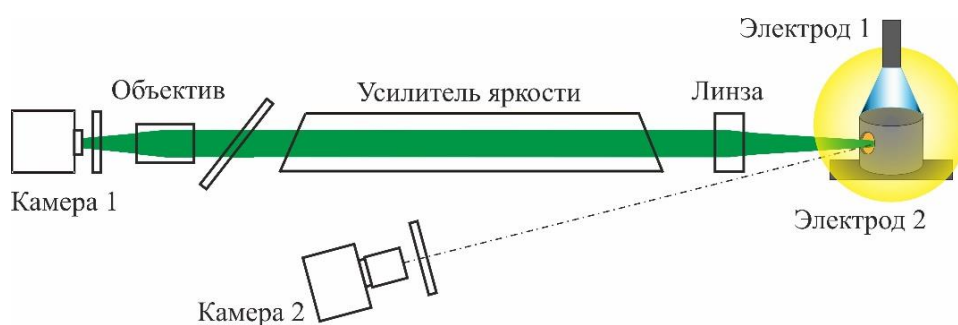


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

### Список использованной литературы:

Пак А.Я. Закономерности и характеристики процессов получения керамических материалов на основе карбидов в условиях воздействия атмосферной электродуговой плазмы. Дисс. д.т.н. – Томск: Томский политехнический университет, 2022. – 340 с.

Губарев Ф.А. Визуализация горения нанопорошков металлов с применением импульсного и непрерывного лазеров подсветки // Ползуновский вестник. – 2022. –Т. 2, № 4. – С. 151–158.

**ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ ПЕРЛОВИЦ  
НА НЕИНВАЗИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ  
В КОМПЛЕКСАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО БИОСЕНСОРНОГО  
КОНТРОЛЯ ВОД В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ ВОДОЕМОВ**

*Трусевич В.В.*

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

В современных условиях с быстро возрастающей интенсивностью загрязнения рек, пресноводных водоемов и других источников водообеспечения населения, все большее значение приобретают автоматизированные биоэлектронные системы непрерывного, контроля вод, поступающих в системы водообеспечения населенных пунктов. Нами разработана и испытывается в зоне водозаборов пресной воды г. Севастополя система автоматизированного мониторинга водной среды, на основе поведенческих реакций двустворчатых моллюсков-перловиц (*Unio pictorum*). Для использования этого комплекса в пресноводных средах сведения об особенностях поведенческих реакций моллюсков, включенных в состав комплекса, являются определяющими (Трусевич, 2017).

С использованием разработанного нами комплекса на протяжении 4-х лет проведены круглогодичные исследования характеристик поведения моллюсков в природных условиях р. Черная, в зоне водозаборов водоканала г. Севастополя. Установлено, что в норме движения створок моллюсков подчинены суточному ритму, проявляющемуся в ежесуточном появлении серий частых глубоких схлопываний створок при заходе солнца, все сезоны года, даже в зимний период при понижении температуры воды до 1-2°C. Моллюски остро реагируют изменением частоты схлопываний и амплитуды раскрытия створок на резкие колебания физических факторов окружающей среды. Неинвазивные кратковременные воздействия, такие как: резкие изменения температуры, изменение скорости потока воды, упавшая тень или резкое изменение светового потока, толчки, громкие стуки в непосредственной близости от прибора с закрепленными моллюсками вызывают мгновенное кратковременное синхронное захлопывание створок, после чего через 3-5 минут восстанавливается нормальный уровень раскрытия. Эти реакции носят характер защитных рефлексов. При частых повторениях таких воздействий уровень реакции моллюсков быстро снижается и после нескольких повторений реакция исчезает. Отмеченные такие часто встречающиеся реакции моллюсков должны учитываться компьютерными программами как несущественные (Grekov, 2019). Закрепленные в приборе моллюски сохраняют работоспособность в течение года и более, и могут легко заменяться новыми.

Долговременная эксплуатация комплекса показала высокую эффективность его использования для оценки качества водной среды пресноводных водоемов и рек. Конструктивные особенности такого комплекса предусматривают возможность его использования как в качестве стационарных станций автоматизированного контроля водной среды, так и в переносном варианте для активного мониторинга отдельных регионов, а также возможность легко создавать крупные сети мониторинга вод, управляемые в *online* режиме из единого центра.

Таким образом, важнейшими преимуществами предлагаемой системы являются: высокая степень автоматизации мониторинга вод, а также высокая надежность, простота в обслуживании, долговечность, и сравнительно невысокая стоимость.

Список использованной литературы:

Трусевич В.В., Кузьмин К.А., Мишуров В.Ж. Биомониторинг водной среды с использованием пресноводных двустворчатых моллюсков // Системы контроля окружающей среды. – 2017. – Вып. 7(27). – С. 83–93.

Grekov A.N., Kuzmin K.A., Mishurov V.Z. Automated Early Warning System for Water Environment Based on Behavioral Reactions of Bivalves // International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – 2019. – P. 1–5.



**ПРОГРАММА ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ И ВИДЕО QAVIS:  
ПРИМЕНЕНИЕ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ**

*Фищенко В.К., Гончарова А.А., Зимин П.С., Голик А.В.*

ФГБНУ «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН»,  
г. Владивосток, Россия  
fischenko@poi.dvo.ru

В ТОИ ДВО РАН разработана и применяется в исследованиях программа экспресс анализа изображений и видео QAVIS (Quick Analysis of Video and Images for Scientists). Программа предоставляет пользователю набор инструментов, с помощью которых он в режиме реального времени может количественно оценивать пространственные либо временные закономерности в изображениях и видео, наблюдаемых на экране компьютера. В институте программа применяется в задачах оценивания гидрологических и биологических параметров состояния прибрежных акваторий на основе анализе видеотрансляций с нескольких надводных и подводных IP-камер, установленных в заливе Петра Великого (Японское море).

Для задач оценивания характеристик поверхностного волнения наиболее эффективны два инструмента. Инструмент Яркость измеряет среднюю яркость в локальной области экрана, указанной пользователем. Если инструмент установлен на морской сцене в область, через которую проходит волновой процесс, то сигнал изменения яркости отраженного от воды в сторону камеры света  $b(t)$ , обусловленный периодическим изменением наклона проходящих через инструмент волн, несет информацию о частотных свойствах реального сигнала волнения  $h(t)$ , и поэтому может считаться его оценкой. Инструмент Корреляция рассчитывает и отображает взаимную корреляционную функцию между парами кадров видео - начальным и текущим, в заданной пользователем области. Если в области анализа находится маркерный объект, например, буй на поверхности воды, то максимум корреляции отслеживает смещение объекта в поле зрения кадра относительно его начального положения. Программа сохраняет последовательность этих смещений в выходной файл в виде временного сигнала перемещений маркера. В ситуации с бумом вертикальную компоненту его движений можно рассматривать как прямую оценку сигнала волнения  $h(t)$ . В процессе работы с данными развернутой нами системы научного видеонаблюдения залива Петра Великого применялись еще несколько методик оценивания сигналов волнения и колебаний уровня моря. Наиболее точной из них является методика с использованием т.н. видеоволномеров, в которых жестко ограничиваются горизонтальные движения маркеров, способные вносить неконтролируемую добавку в сигнал вертикальных смещений. В зимнее время регулярно выполняются наблюдения за вертикальными движениями ледовой поверхности. В них практически всегда воспроизводятся компоненты сейшевых колебаний бухт, фиксируемые летом. Разработан и используется ряд методик оценивания вариаций подводных течений на основе отслеживания движений искусственных и естественных маркеров на трансляциях с подводных камер. Сигналы горизонтальных движений оказались существенно коррелированными с сигналами поверхностного волнения, синхронно регистрируемыми с помощью надводных камер.

Одной из задач систем подводного видеонаблюдения является мониторинг состояния морского биоразнообразия. Программа QAVIS применялась для регистрации дыхательных ритмов малоподвижных рыб и периодических движений конечностей баянусов по закачиванию в свои раковины свежей воды с кислородом и питательными веществами.

Программа компактна, проста в развертывании и использовании. С ее помощью пользователи прямо на своих рабочих местах могут организовать долговременный непрерывный мониторинг морских процессов в прибрежных зонах Мирового океана, если там кем-либо установлены видеокamеры, ведущие непрерывную трансляцию в сеть Интернет. В докладе будут обсуждены несколько примеров таких наблюдений.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ LORA**

*Чачиев Д.Р., Сосновский Ю.В., Милюков В.В.*

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

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

Значимое направление развития систем контроля окружающей среды – текущий мониторинг агрометеорологических показателей, а также событий, связанных с безопасностью объекта мониторинга.

В работе рассматривается практическая реализация мониторинга аварийных ситуаций распределенных сельскохозяйственных объектов с помощью беспроводных решений. Разработчикам была поставлена задача создать систему мониторинга для оповещения об аварийных состояниях распределенных сельскохозяйственных объектов. Практическая задача состоит в организации передачи сигналов оповещения в локальный пункт мониторинга группы сельскохозяйственных объектов, а также в передаче сигнала на центральный диспетчерский пункт (ЦДП) от более чем 10 групп в режиме реального времени. Также условиями технического задания было запрещено вмешиваться в существующую локальную систему управления, размещенную отдельно на каждом объекте.

Расстояния между объектами в группе не превышают 400 м., а между группами – до 1500 м. При этом ЦДП удален от групп таким образом, что среднее расстояние от групп до ЦДП составляет 2300м.

Выполнен анализ вариантов применения проводных решений, требующих работ по кабельной сети, а также доступных технологий и аппаратных модулей, в том числе ZigBee, GSM, Wi-Fi с рядом дополнений. Одним из наиболее эффективных решений в данном случае может являться технология передачи данных с расширением спектра, примером реализации которой является LoRa (Augustin et al., 2016). Аппаратно-программные решения (модули) LoRa имеют скорость передачи данных 0.3-50кб/с, дальность работы в реальных условиях – до 15км в зависимости от настроек.

Рассчитаны требуемые параметры настройки беспроводных модулей Semtech SX 127x (S. Corporation..., 2017) для заданной дальности на основе формулы потерь сигнала, скорректированной под реальные условия города (Linka et al., 2018). С учетом расстояний на объекте, на приемной стороне остается запас в 7 dBm при условии использования стандартных антенн, коэффициент усиления которых принимается за 0 dBm.

Для оценки времени реакции, а также уровня принимаемого сигнала в реальных полевых условиях были собраны мобильные стенды, состоящие из модулей Lora RA-01 (SX1278), стандартных антенн, подсистемы питания и управляющего компьютера. Измерения проводились во время выезда на объект. По результатам эксперимента время реакции системы на событие в худшем случае, при условии моделирования коллизий пакетов, не превышает 10 секунд, а уровень сигнала в худшем измерении на максимально удаленном объекте составил – 114 dBm, что несколько лучше теоретических расчетов и полностью соответствует требованиям к системе.

### Список использованной литературы:

Augustin A., Yi J., Clausen T., Townsley W.M. A study of LoRa: Long range & low power networks for the internet of things // *Sensors*. – 2016. – Vol. 16, No. 9. – P. 1466.

S. Corporation, “Sx1272/73 datasheet, rev 3.1, march 2017,” [Электронный ресурс]: URL: <http://www.semtech.com/images/datasheet/sx1272.pdf>, 2017.

Linka H., Rademacher M., Jonas K., Glenn Aliu O. Path Loss Models for Low-Power Wide-Area Networks: Experimental Results using LoRa // *VDE ITG-Fachbericht Mobilkommunikation*, 2018.

## РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УСЛОВНО-РАЗОВОГО ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОГО ЗОНДА

Шановалов О.Ю.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем» (ИПТС), 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 (Архипкин, 2009). Эти зонды должны быть недорогими и иметь оперативный канал связи с базовой станцией. В исследовании представлено описание разработки модуля навигационной системы для условно-разового океанографического зонда. Структурная схема 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 критически важных параметров морской среды, исследования климата, обнаружения загрязнений и других важных задач. Для эффективной реализации таких зондов требуется разработка надежной навигационной системы, обеспечивающей точное определение местоположения зондов и привязку их положения к точкам пространства морской акватории.

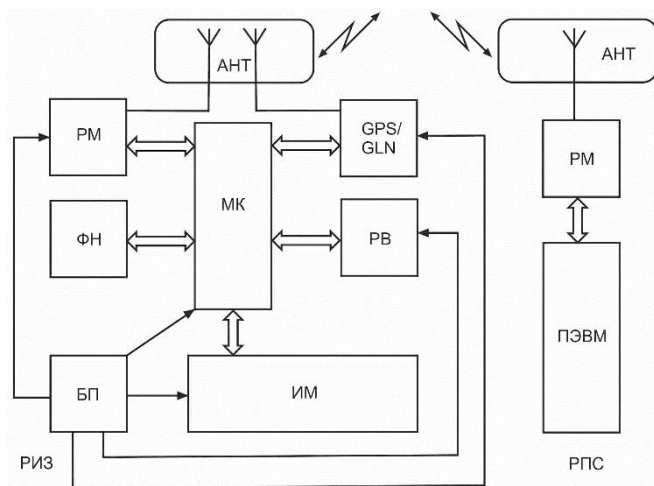


Рисунок 1 – Структурная схема построения системы на основе условно-разового измерительного зонда

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

В состав РПС входят: радиомодем, предназначенный для обеспечения двухсторонней связи с РИЗ; персональное вычислительное устройство (ПЭВМ) управления системой измерения для регистрации поступающих данных и их последующей обработки.

В состав электроники РИЗ входят следующие узлы: микроконтроллер (МК), предназначенный для управления работой электронного блока РИЗ по заданной программе; радиомодем (PM), 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 PM и GPS/ GLONASS модуля.

*Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 121122300070-9.*

Список использованной литературы:

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

Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: Эко-Трендз, 2000. – 267 с.

## КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ЛОКАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ НА МАЛЫХ ГЛУБИНАХ

Шишкин Ю.Е.

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

iurii.e.shishkin@gmail.com

Разработка средств экспресс-анализа локальной плотности морской воды играет важную роль в решении задач обнаружения аномальностей и выявления значимых динамических изменений физико-химических параметров в морях и океанах (Показеев, 2010). Предлагается концепция использования пары комплиментарных измерительных каналов, которые измеряют абсолютное давление  $P_r$  внутри резервуара с эталонной жидкостью плотностью  $\rho_r$ , отделенного гибкой мембраной и давления снаружи него  $P_e$  в морской воде соответственно. Схематическое изображение структуры такого измерителя представлено на рисунке 1. Поскольку давление зависит от плотности воды, разность измеренных значений давления этих двух каналов может быть использована для расчета локальной плотности  $\rho = \rho_r - (P_r - P_e)/(g_z \cdot h)$ , где  $g_z$  – ускорение свободного падения на глубине  $z$ ,  $h$  – высота резервуара с эталонной жидкостью. Такой подход основан на использовании датчиков абсолютного давления узкого рабочего диапазона (близкого к атмосферному) что позволяет быстро и эффективно осуществлять экспресс-анализ плотности морской воды на малых глубинах.

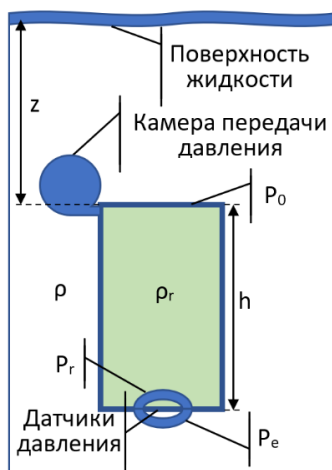


Рисунок 1 – Схематическое изображение структуры измерителя локальной плотности жидкости

Измерительные средства на базе предложенной концепции направлены на применение в океанографии для изучения процессов, связанных с изменениями плотности воды, могут помочь в изучении влияния изменений плотности на экосистемы моря, что особенно важно при изучении влияния антропогенных факторов, таких как загрязнение и изменение солевого состава на морскую биоту. Эффективно решат задачу определения предикторов миграций рыб и других морских организмов, а также в разработки стратегий для аквакультуры и устойчивого рыболовства. Также предложенные измерительные каналы могут быть использованы для измерения и контроля плотности морской воды вблизи структур морских сооружений, таких как маяки, нефтяные платформы и ветрогенераторы, что позволит осуществлять контроль и обеспечить безопасную эксплуатацию таких сооружений. Простота и технологичность изготовления подобного класса приборов значительно снижают их стоимость что позволяет осуществлять установку таких измерительных систем на некотором количестве точек в выбранной морской акватории для получения более полной информации о распределении полей плотности воды.

*Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 121122300070-9.*

Список использованной литературы:

Показеев К.В., Чаплина Т.О., Чашечкин Ю.Д. Оптика океана: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 216 с.

**РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И  
АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ  
АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРОФИЛЕЙ МОРСКОЙ СРЕДЫ**

*Шишкин Ю.Е.*

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

[iurii.e.shishkin@gmail.com](mailto:iurii.e.shishkin@gmail.com)

Современные технологии автоматизации визуального анализа данных играют все более важную роль в сфере морских исследований (Shishkin, 2016). Структурирование и анализ больших объемов пространственно-распределенных данных измерений профилей морской среды являются одними из ключевых задач в этой области. В данном исследовании предлагается вариант развития информационной технологии и реализующего ее алгоритмического обеспечения, направленный на автоматизацию процессов анализа данных измерений профилей морской среды за счет внедрения средств визуализации данных мониторинга и отображения корреляционных связей между ними.

Объективными сложностями при анализе данных профилей морской среды являются: во-первых, объем и сложность данных – мониторинг морской среды предполагает сбор большого объема данных, включая информацию о различных физических, химических и биологических параметрах, и обработка с последующим анализом такого объема данных требует мощных вычислительных ресурсов и эффективных алгоритмов. Во-вторых, морская среда имеет высокую степень неопределенности и изменчивости, и такие факторы как воздействие течений, ветра и климатических изменений, могут приводить к значительным искажениям наблюдаемых полей параметров среды, что создает сложности в понимании и интерпретации данных при попытках выявления трендов и паттернов. И третьим фактором является комплексность изучения параметров – морская среда является сложной системой с множеством взаимосвязанных параметров, понимание этих взаимосвязей является нетривиальной задачей, особенно в случае с нелинейными и неоднородными системами.

Предлагаемым решением вышеуказанных задач является комплексное использование наглядных визуальных средств, которые включают четыре системообразующих блока. Интерактивные карты: создание интерактивных карт, отображающих поля требуемых физико-химических полей морской среды, позволяет адресно анализировать данные, выбирая интересные параметры и масштабировать их для получения детальной информации. Визуализация данных в виде графиков и диаграмм позволяет визуализировать корреляции и временные тренды между ключевыми параметрами морской среды, статистические показатели и динамику распределения параметров во времени и по глубине. Анимации позволяют естественным для пользователя образом визуализировать хронологию изменений параметров во времени и пространстве. Использование 3D-визуализации позволяет отображать сложные трехмерные данные, такие как топография морского дна или распределение планктона в пространстве, что предоставляет новые возможности для анализа и понимания морской среды.

Таким образом предложенная информационная технология при разработке алгоритмического обеспечения, одновременно обладающего такими средствами визуализации как: интерактивные карты, графики и диаграммы, анимации и 3d-визуализация обладает функциональной полнотой при решении задач анализа, играет ключевую роль в автоматизации процессов исследования данных профилей морской среды и выявления в них закономерностей и аномалий, позволяет получить более релевантные цели результаты, облегчает интерпретацию полученных данных и повышает обоснованность выводов, осуществляемых на их основе, позволяют исследователям более предметно изучать внутренние процессы морской среды и лучше понимать динамику изменений, происходящих ней. Автоматизация таких процессов за счет средств визуализации открывает новые возможности для океанографии, климатологии и прикладных областей, связанных с рационализацией морского природопользования.

*Работа выполнена в рамках Госзадания ИПТС № госрегистрации 121122300070-9.*

Список использованной литературы:

Shishkin Y.E. Big Data visualization in decision making // Science in Progress. – Новосибирск: НГТУ, 2016. – С. 203–205.

## **СЕКЦИЯ 2**

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



**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВОСТОЧНО-АТЛАНТИЧЕСКОГО/ЗАПАДНО-РОССИЙСКОГО И СКАНДИНАВСКОГО КОЛЕБАНИЙ НА ЗАВИХРЕННОСТЬ КАСАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ТРЕНИЯ ВЕТРА НАД ЧЕРНОМОРСКИМ РЕГИОНОМ**

*Аверьянова Е.А.<sup>1,2</sup>, Губарев А.В.<sup>1</sup>, Полонский А.Б.<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup>Филиал Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе

eisal@mail.ru, alexgub@inbox.ru, apolonsky5@mail.ru

Скандинавское и Восточно-Атлантическое/Западно-Российское колебания (СК и ВАЗРК) являются важнейшими крупномасштабными осциллирующими модами, оказывающими влияние на формирование климатических условий в Евразии. В литературе опубликованы различные точки зрения относительно влияния СК и ВАЗРК на изменчивость различных гидрометеорологических характеристик над Черным морем, а их влияние на формирование завихренности касательного напряжения трения ветра (ЗКНТВ) над Черным морем подробно не исследовано (Бардин, 2015; Полонский, 2020; Дьяков, 2016). Изменчивость завихренности поля ветра оказывает значительное влияние на циркуляцию в Черном море, поэтому в нашей работе мы исследовали влияние СК и ВАЗРК на ЗКНТВ над его акваторией. В качестве исходных данных использовались срочные массивы поля ветра из ре-анализа MERRA2 и значения индексов СК и ВАЗРК за период 1980–2019 гг. Методика анализа и обработки данных подробно описана в работе (Аверьянова, 2022). Показано, что в течение большей части года в положительную фазу СК происходит значимое усиление циклонической ЗКНТВ в разных частях моря. В сентябре-октябре и в среднем для зимы в положительную фазу ВАЗРК над Черным морем получено значимое усиление антициклонической завихренности. Полученные результаты свидетельствуют о том, что СК влияет на формирование пространственно-временной структуры ЗКНТВ сильнее, чем ВАЗРК.

*Работа выполнена в рамках темы госзадания № 0012-2021-0003 «Фундаментальные исследования процессов в климатической системе, определяющих пространственно-временную изменчивость природной среды глобального и регионального масштабов» (№ госрегистрации 121122300074-7). Полная версия работы планируется к печати в журнале «Метеорология и гидрология».*

Список использованной литературы:

Бардин М. Ю., Платова Т. В., Самохина О. Ф. Особенности изменчивости циклонической активности в умеренных широтах Северного полушария, связанные с ведущими модами атмосферной циркуляции в Атлантико-Европейском секторе // *Фундаментальная и прикладная климатология*. – 2015. – Т. 2. – С. 14–40.

Дьяков, Н. Н., Липченко А. Е., Рябинин А. И. Современные гидрометеорологические условия в Черном и Азовском морях // *Труды Государственного океанографического института*. – 2016. – № 217. – С. 222–240.

Полонский А.Б., Сухонос П.А. Анализ влияния Атлантико-Европейских крупномасштабных атмосферных мод на зимние аномалии температуры воздуха приземного слоя в Черноморско-Каспийском регионе // *Системы контроля окружающей среды*. – 2020. – Т. 42, № 4. – С. 13–19.

Аверьянова Е.А., Губарев А.В., Полонский А.Б. Влияние Североатлантического и Восточно-Атлантического колебаний на завихренность касательного напряжения трения ветра над Черным морем // *Метеорология и гидрология*. – 2022. – №1. – С. 24–35.



**СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ  
КЛИМАТИЧЕСКИХ АРЕАЛОВ ВИДОВ**

*Богданович А.Ю.*

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

Математическое моделирование климатических ареалов биологических видов является важным инструментом для оценки последствий изменения климата. В работе описывается система RANGES, которая на основе фактических данных о климате или данных моделирования климата, а также значений климатических предикторов оценивает уверенность в том, принадлежит ли заданная точка географического пространства к климатическому ареалу определенного вида. Данный подход выполняет проверку ограничений климатических предикторов для каждого года рассматриваемого периода времени, а не для их средних значений (Семенов и др., 2020).

В докладе будут представлены результаты расчета климатических ареалов средиземноморской плодовой мухи и непарного шелкопряда для климатов 1990–1999 гг., 2030–2039 гг. и 2050–2059 гг. в условиях различных сценариев (Богданович и др., 2023; Bogdanovich et al., 2023). 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:

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.

Семенов С.М., Попов И.О., Ясюкевич В.В. Статистическая модель для оценки формирования климатогенных угроз по данным мониторинга климата // *Метеорология и гидрология*. – 2020. – № 5. – С. 59–65.

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.

## ОБ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ОБЛАСТИ ХОЛОДНОГО ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ ВОД ЧЕРНОГО МОРЯ

Валле А.А., Полонский А.Б.

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

Как известно Черное море является наиболее изученным морем Мирового океана. Это уникальный бассейн с сильной вертикальной стратификацией, которая делит море на два слоя. Первый – кислородный слой, второй – бескислородный слой в котором присутствует сероводород, метан и аммоний. Верхний кислородный слой сильно распреснен благодаря речному стоку и в меньшей степени осадкам. Нижний слой имеет более высокую соленость из-за поступления мраморноморских вод средиземноморского происхождения через пролив Босфор. Возрастание солености с глубиной препятствует перемешиванию и насыщению нижних слоев кислородом (Сорокин, 1982). Формирующаяся вертикальная плотностная стратификация препятствует конвективному перемешиванию и поступлению растворенного кислорода в область промежуточных и глубинных вод, что и вызывает отсутствие кислорода (аноксические условия) основной толщи вод моря. Начало аноксии наблюдается на глубинах порядка 100 м. В большинстве опубликованных работ для анализа долгопериодных тенденций гидролого-гидрохимических характеристик Черного моря использовались данные наблюдений, полученные в разных частях моря и в разные периоды, а также обладающие отличным друг от друга пространственно-временным разрешением. Это не позволяет получить надежное описание изменчивости концентрации растворенного кислорода и солености на временных масштабах, превышающих несколько десятилетий (Добржанская, 1967; Stanev et al., 2013; Capet et al., 2016).

Целью данной работы является проанализировать долгопериодную изменчивость солености и концентрации растворенного кислорода на горизонтах 50, 75 и 100 м в районе западного и восточного круговоротов Черного моря, а также в области свала глубин у северо-западного шельфа за ~70–100-летний период с использованием архивного массива данных и выявить наиболее вероятную причину изменений таких временных масштабов.

Основной результат настоящей работы заключается в следующем. Анализ трендов, выделенных на основе обновленных архивных данных с 1923 по 2020 гг. выявил увеличение солености, а также уменьшение концентрации растворенного кислорода в верхней части основного пикноклина в центрах западного и восточного циклонических круговоротов. На периферии отмечены противоположные тенденции. Вероятная причина такого различия – усиление завихренности поля ветра, которое приводит к интенсификации циркуляции и увеличению скорости вертикального подъема вод в центрах циклонических круговоротов и их опускания на периферии этих круговоротов.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Фундаментальные исследования процессов в климатической системе, определяющих пространственно-временную изменчивость природной среды глобального и регионального масштабов (№ госрегистрации 121122300074-7).*

Список использованной литературы:

Сорокин Ю. И. Черное море: Природа, ресурсы. – Наука, 1982. – 218 с

Добржанская М.А. Закономерности пространственного распределения кислорода на различных глубинах Черного моря. // Океанографические исследования Черного моря. – К.: Наук. думка. – 1967. – С. 154–169.

Stanev E.V., He Y., Grayek S., Boetius A.. Oxygen dynamics in the Black Sea as seen by Argo profiling floats // Geophysical Research Letters. – 2013. – Vol. 40, №. 12. – P. 3085–3090.

Capet A., Stanev E.V., Beckers J-M., Murray J.W., Grégoire M. Decline of the Black Sea oxygen inventory // Biogeosciences. – 2016. – Vol. 13. – P. 1287–1297.

## **ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОЛЕННОСТИ В ДЕЯТЕЛЬНОМ СЛОЕ ЧЕРНОГО МОРЯ**

*Воронцов А.А., Булыгин А.М.*

ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» г. Обнинск, Россия

*vorv10921@gmail.com*

Тёплые зимы последнего десятилетия в Черноморском регионе фактически становятся новой климатической нормой. Глобальное потепление климата, перестройка атмосферной циркуляции, что сопровождается изменениями, как режима ветра, так и осадков, ведут к изменению процессов формирования термохалинной структуры деятельного слоя моря.

В условиях глобального потепления последних десятилетий, актуальность исследования изменений режима моря и его прибрежных территорий значительно возросла, особенно в части выявления основных проблемных процессов, мониторинг которых должен осуществляться с особым вниманием.

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 2017–2022 гг. (Бюллетень..., 2022), с привлечением данных по современным климатическим периодам 1981–2010 и 1991–2020 гг.

На основе анализа полученных результатов сформулированы основные выводы о текущем состоянии температуры и солености деятельного слоя Чёрного моря.

В глубоководной части моря разность средних значений температуры воды за последние 5 лет и средних значений современного климатического периода составляет от 0,0 до 3,8°C зимой и от 0,7 до 6,6°C летом.

В прибрежной зоне российского сектора Черного моря наблюдается увеличение температуры воды зимой 1,1–3,1°C, летом 0,8–1,7°C.

Положительный тренд также подтверждается данными спутниковых наблюдений: за последние 39 лет температура поверхностного слоя моря повысилась на 1,8–3,4°C (Булыгин и др., 2023).

Многолетний положительный тренд увеличения солёности прослеживается как по данным глубоководных судовых наблюдений в глубоководной части Чёрного моря, так и по измерениям, выполненным на морских прибрежных станциях и постах.

В глубоководной части моря разность средних значений солёности морской воды за последние 5 лет и средних значений современного климатического периода составляет от 0,1 до 0,8‰.

В прибрежной зоне российского сектора Черного моря наблюдается увеличение солёности в пределах 0,1–0,9‰ (исключение представляет собой район Феодосии, зафиксирована разность в 2,7‰).

Потепление климата привело к существенным и продолжающимся до настоящего времени изменениям состояния Чёрного моря.

В первую очередь – потепление деятельного слоя. Во-вторых, факт осолонения поверхностного слоя воды.

Список использованной литературы:

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

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

## РОЛЬ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА В РАЗРУШЕНИИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Вышкваркова Е.В., Сухонос О.Ю.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
aveiro\_7@mail.ru

Прогрессирующую утрату исторических и археологических памятников из-за изменения климата часто упускают из виду. Наблюдаемые и прогнозируемые тенденции ключевых метеорологических параметров оказывают и будут оказывать разрушительное воздействие на объекты культурного наследия. Цель работы – изучить влияние изменения климата на объекты культурного наследия на Европейской территории России.

На территории Европейской территории России расположено 20 объектов культурного наследия ЮНЕСКО (World Heritage List). Объекты культурного наследия расположены в контрастных климатических зонах.

В работе использованы данные об основных метеорологических параметрах (приземная температура воздуха, осадки, точка росы для расчета относительной влажности) из реанализа ERA5 за период 1960–2020 гг. Для оценки возможного ущерба от мороза использованы два индекса – циклы заморозания-оттаивания и влажно-морозный индекс. Солевое выветривание оценивается путем подсчета переходов растворения/кристаллизации различных солей, в нашем случае хлорида натрия и сульфата кальция.

Для территории Европейской части России получены положительные тенденции циклов заморозания-оттаивания практически для всех объектов культурного наследия, кроме южного региона (цитадель Нарын-Кала в Дербенте, Дагестан) (рис. 1). Наши результаты показали увеличение гипсообразования в северных регионах и статистически значимое снижение в южных регионах (Vyshkvarkova, Sukhonos, 2023).

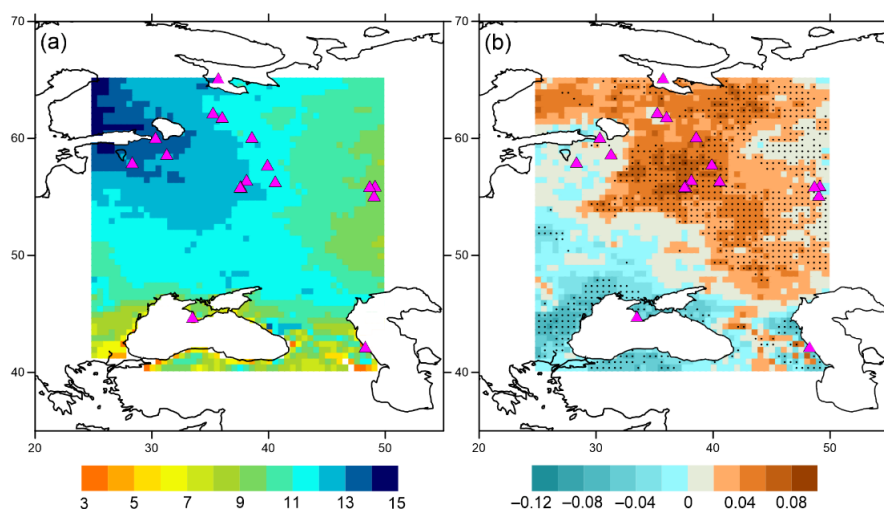


Рисунок 1 – Количество циклов заморозания-оттаивания (a) и тренды (b) за период 1960–2020 гг. Статистически значимые тренды ( $p < 0,05$ ) отмечены черными точками. Фиолетовыми треугольниками отмечены объекты культурного наследия.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института природно-технических систем (№ госрегистрации 121122300072-3).*

Список использованной литературы:

World Heritage List. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/> (дата обращения 08.12.2022)

Vyshkvarkova E., Sukhonos O. Climate Change Impact on the Cultural Heritage Sites in the European Part of Russia over the Past 60 Years // Climate. – 2023. – Vol. – No. 11. – e50. DOI: 10.3390/cli11030050.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВДОЛЬ ПОБЕРЕЖЬЯ ПРИМОРЬЯ

Гайко Л.А.

ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН;  
ФГБОУ ВО Дальневосточный государственный технический  
рыбохозяйственный университет; г. Владивосток, Россия  
gayko@yandex.ru

При решении многих народно-хозяйственных задач очень важным является знание изменчивости гидрометеорологических параметров как от месяца к месяцу, так и от года к году. Одним из показателей климатической изменчивости является изменение климатических норм – 30-летних периодов усреднения климатических показателей, утверждённых Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО). В связи с происходящими значительными изменениями климата ВМО приняла новый двухуровневый подход к 30-летним базовым нормам: об их обновлении не каждые 30, а каждые 10 лет. Так, в 2014 г. для оперативного анализа был дополнительно выбран ряд 1981–2010 гг., а с 1 июля 2022 г. – 1991–2020 гг. Однако период с 1961 по 1990 гг. был сохранен как базовый период для долгосрочной оценки изменения климата (<https://www.meteorf.gov.ru/press/news/28963/> от 07.10.2023).

Район представляемого исследования – побережье Приморского края, вдоль которого расположены пять гидрометеорологических станций (ГМС) Приморского УГКС: Посыет; Владивосток и Находка (южная группа станций); Рудная Пристань и Сосуново (восточное побережье), освещающих прибрежный режим СЗ Японского моря и ЮЗ Татарского пролива. По данным наблюдений на ГМС были рассчитаны для каждой станции среднегодовые (табл. 1) и для каждого месяца среднемесячные нормы температуры воды и воздуха, и проведено их сопоставление между собой.

Таблица 1 – Среднегодовые нормы температуры воды и воздуха, рассчитанные за периоды: 1961–1990 (I), 1981–2010 (II) и 1991–2020 гг. (III), на ГМС Приморья

| ГМС             | Температура воды, °С |     |     | Температура воздуха, °С |     |     |
|-----------------|----------------------|-----|-----|-------------------------|-----|-----|
|                 | I                    | II  | III | I                       | II  | III |
| Посыет          | 8,9                  | 9,3 | 9,5 | 6,0                     | 6,5 | 6,8 |
| Владивосток     | 8,4                  | 9,0 | 9,4 | 5,7                     | 6,6 | 6,7 |
| Находка         | 7,0                  | 7,5 | 7,8 | 5,3                     | 6,1 | 6,4 |
| Рудная Пристань | 6,1                  | 6,5 | 6,5 | 3,8                     | 4,4 | 4,6 |
| Сосуново        | 4,8                  | 5,4 | 5,6 | 2,0                     | 2,5 | 2,8 |

При анализе табл. 1 очевидно, что величина среднегодовых норм для температуры как воды, так и воздуха, увеличивается от периода к периоду. Далее был проведён анализ среднемесячных норм по станциям, но здесь не всё так однозначно. При сравнении III и II норм с I на станциях можно отметить преобладание положительных аномалий. Так, в период с апреля по август для III и II норм наблюдается довольно значительное повышение температуры воды (до 2,2°C), но на общем фоне потепления на станциях восточного побережья в сентябре, ноябре и декабре отмечены даже отрицательные аномалии температуры воды относительно III и II нормы (до -0,6°C). Температура воздуха более стабильна, в основном отмечено превышение III и II норм над I, за исключением декабря, когда температура II нормы превысила температуру III. В годовом аспекте для обеих сред преобладает превышение III нормы над I.

Таким образом, при сравнении климатических норм между собой очевидно, что величина норм, следующих друг за другом во временном интервале 20 и 10 лет, увеличивается, следовательно, повышается общий температурный фон данного района, т.е. процесс потепления климата и в южной, и в восточной частях региона продолжается.

## МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА И ТРЕНДЫ ВЫПАДЕНИЙ ОКИСЛЕННОЙ СЕРЫ И АЗОТА С ОСАДКАМИ В РАЙОНАХ СТАНЦИЙ ЕМЕП

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

<sup>1</sup>Институт Глобального Климата и Экологии им. ак. Ю.А. Израэля, г. Москва, Россия.

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

Перенос загрязняющих веществ – в частности, оксидов серы и азота – является ключевым в формировании трансграничного загрязнения воздуха. За счет химических превращений в атмосфере эти загрязнения выпадают в виде кислотных осадков и сухого осаждения кислотообразующих соединений на территории соседних стран (Брускина и др., 2023).

Целью работы является анализ многолетней динамики и трендов влажного выпадения окисленной серы и азота (с осадками) на станциях ЕМЕП за период 2000–2020 и сравнение с 2021 г. по результатам моделирования программы ЕМЕП.

Для работы использованы значения рассчитанных выпадений, окисленных серы и азота по ячейкам  $0,1 \times 0,1^\circ$  для области моделирования ЕМЕП. Для ячеек локализации станций мониторинга ЕМЕП нами были выбраны и проанализированы данные за 2000–2021 гг. (рис. 1).

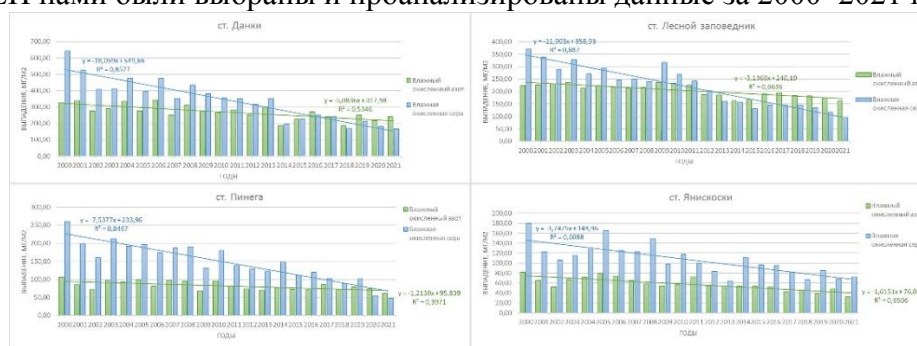


Рисунок 1 – Выпадения соединений окисленной серы и азота с атмосферными осадками на ст. Данки, Лесной заповедник, Пинега, Янискоски за период с 2000 по 2021 гг.

Анализ результатов модельных расчетов показывает, что в 2021 г. продолжало наблюдаться снижение выпадения окисленной серы на всех станциях, за исключением ст. Янискоски. Здесь, по сравнению с предыдущим годом, выпадения увеличились на  $4,74 \text{ мг/м}^2$  и достигли  $72,25 \text{ мг/м}^2$  в год. Однако линия тренда демонстрирует общее плавное снижение (от года к году) выпадений окисленной серы и в данном пункте.

Результаты моделирования выпадения окисленного азота на станциях ЕМЕП также показывают снижение выпадений за весь период, но с значительно меньшей интенсивностью. На станции Данки (на юге Московской области) наблюдается периодически незначительный рост влажных выпадений за год, особенно после 2013 г. (до  $240,55 \text{ мг/м}^2$  в 2021 г.).

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 государственному заданию Института географии РАН АААА-А19-119022190168-8 (FMGE-2019-0010)".

Список использованной литературы:

Брускина И.М., Громов С.А., Александрова М.С. и др. Загрязнение воздуха и осадков по данным станций ЕМЕП // Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2022 год. – М.: ФГБУ «ИГКЭ», 2023. – С.64–66.

## ОПЫТ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТОКА РЕК И КАРСТОВЫХ ВОДОНОСНЫХ СИСТЕМ КРЫМА

Гарцман Б.И.<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>ФГБУН «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
gartsman@inbox.ru

Эксперименты по имитационному моделированию стока рек и карстовых водоносных систем (КВС) Крыма впервые проводились с использованием модели FCM. Модель паводкового цикла (Flood Cycle Model, FCM) – концептуальная воднобалансовая модель с сосредоточенными параметрами, разработанная для имитации дождевого стока теплого периода года в масштабе малого речного бассейна. Разработка модели FCM включает описание динамики основных составляющих общего влагозапаса бассейна и воспроизводит эффект пространственной экспансии дренажной сети за счет временных поверхностных и подповерхностных водотоков при экстраординарных паводках. Принятые концептуальные допущения модели, согласующиеся с рациональными гидрологическими соображениями, приводят к трем режимам формирования стока, называемым внутриобъемным, поверхностным и “прорывным”.

Модель FCM характеризуется малым числом параметров, для большинства из них разработаны специфические процедуры независимой (без калибровки) параметризации на основе стандартных данных гидрометеорологических наблюдений. Верификации и тестирование модели проводилось в различных регионах с преобладанием дождевых паводков в режиме рек, на основе как стандартных сетевых, так и оригинальных авторских натуральных наблюдений. Среди наиболее важных результатов разработки модели FCM – т.н. эффект бассейнового контррегулирования - наиболее яркое проявление сильной нелинейности экстремального стокоформирования.

Имитационное моделирование выполнено для двух пар объектов, в каждую из которых включены один малый речной бассейн и одна КВС. Исследуемыми объектами выступают р. Кучук-Узенбаш - с.Многоречье и источник Карстовый – с. Многоречье, а также р. Ангара – с. Перевальная и источник Красной пещеры (р.Краснопещерная) – Кизил-Коба. Задачами исследования является: а) подтверждение концептуальной состоятельности модели применительно к региональным особенностям гидрологического режима рек Горного Крыма; б) сопоставление особенностей формирования стока в речных бассейнах и КВС, сопоставимых по размерам и расположенных в сходных физико-географических условиях.

Выполненные численные эксперименты по имитационному моделированию стока перечисленных выше объектов позволяют сделать следующие предварительные выводы. Концептуальные основы и расчетные алгоритмы модели достаточно адекватны условиям формирования стока в Горном Крыму, причем это относится как к стоку малых рек, так и КВС (источников). Оценки результатов за многолетний период показывают удовлетворительное, иногда хорошее, качество имитационного моделирования гидрографа стока по всем исследованным объектам. Эта закономерность нарушается преимущественно при наличии явных грубых ошибок в данных наблюдений за стоком. Специфической чертой результатов моделирования стала погодичная неустойчивость таких параметров модели, как критический расход и показатель истощения стока. В Горном Крыму есть необходимость их калибровки, в отличие от других регионов, где они отличаются большой устойчивостью. Это явно связано с развитием карстовых процессов на всех исследуемых водосборах, и проявляется значительно сильнее в режиме стока КВС, чем речных бассейнов.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института природно-технических систем (№ госрегистрации 121122300072-3).*

**РОЛЬ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В  
ФОРМИРОВАНИИ АНОМАЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН pH ВЕРХНЕГО СЛОЯ ВОД  
ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ**

*Гребнева Е.А., Полонский А.Б.*

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

Lenagrebneva12@gmail.com

На климат Средиземноморско-Черноморского региона существенное влияние оказывают циркуляционные процессы в Северной Атлантике (Rogers, 1997). Изменение режима циклогенеза и антициклонического блокирования проявляется в аномалиях полей давления, температуры и осадков, касательного напряжения трения ветра на поверхности моря и других характеристик. Вследствие этого происходит изменение стратификации водной толщи, интенсивности вертикального перемешивания, скорости апвеллинга и даунвеллинга и других параметров морской среды. Такие вариации региональных гидрометеорологических условий оказывают существенное влияние на гидрохимический состав вод Черного моря (Oguz, 2005). Одной из важнейших гидрохимических характеристик, выражающих направленность биогеохимических процессов в морской воде, является величина pH. В поверхностном слое глубоководной части Черного моря во временном ходе величины pH определяются квазипериодические колебания с периодом ~ 10 лет (Полонский, 2022). Наиболее вероятно, что основная причина такой изменчивости величины pH связана с вариациями региональных гидрометеорологических характеристик, в том числе, обусловленных изменениями циклонической активности в Атлантико-Европейском секторе (включая Черноморский регион). В связи с этим в работе выполнен анализ влияния четырех основных пространственно-временных мод в системе океан – атмосфера Северного полушария – это Североатлантическое и Восточно-Атлантическое колебания (ВАК), Скандинавское и Восточно-Атлантическое – Западнороссийское колебания на аномалии водородного показателя в поверхностных водах открытой части Черного моря.

С применением методики разностных композитов получено, что в зимний период ВАК оказывает наибольшее влияние на аномалии величины pH. С ноября по февраль в отрицательную фазу ВАК получена положительная среднесезонная аномалия величины pH (в среднем по внутренней акватории моря около 0,09 ед. pH). При положительной фазе ВАК (ВАК+) аномалия pH отрицательна и в среднем по акватории превышает (по абсолютной величине) –0,08 ед. pH. Таким образом, разность между аномалиями величины pH на поверхности моря с ноября по февраль в положительную и отрицательную фазы ВАК составляет около –0,17 ед. pH. Причем при положительной фазе ВАК в поле пространственного композита отрицательные величины pH преобладают практически по всей акватории, а значимые области выделяются в восточной и западной частях моря, там, где выполнено достаточное количество измерений. Полученные закономерности пространственно-временной изменчивости pH обусловлены особенностями региональных гидрометеорологических условий в Черноморском регионе в различные фазы ВАК (в частности, увеличением повторяемости атмосферных циклонов здесь при ВАК–), сопутствующей интенсификацией перемешивания верхнего слоя моря и биогеохимическими процессами.

Список использованной литературы:

Rogers J.C. North Atlantic Storm Track Variability and Its Association to the North Atlantic Oscillation and Climate Variability of Northern Europe // *Journal Climate*. – 1997. – Vol. 7. – P. 1635–1647.

Oguz T. Black Sea Ecosystem Response to Climatic Teleconnections // *Oceanography*. – 2005. – Vol.18, No. 2. – P. 122–133.

Полонский А.Б., Гребнева Е.А. О межгодовой изменчивости величины pH в поверхностном слое глубоководной части Черного моря // *Системы контроля окружающей среды*. – 2022. – № 2(48). – С. 12–21. DOI: 10.33075/2220-5861-2022-2- 12-21.



## ЭФФЕКТЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В ДИНАМИКЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОВ ДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРЫ В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ

Гуревич Д.А.<sup>1</sup>, Чередыко Н.Н.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>НИИ «Томский государственный университет», г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия  
darya.volguntzova@yandex.ru

Проведена оценка эффектов солнечной активности (СА) в динамике характеристик центров действия атмосферы в Северной Атлантике: Исландского минимума и Азорского максимума. Они относятся к энергоактивным зонам Мирового океана. В них чувствительность к разного рода внешним воздействиям повышена. Возмущения этой зоны этими воздействиями запускают довольно быстрые изменения разного временного масштаба в зоне их наибольшего влияния и, далее, и во всей системе взаимодействия океан-атмосфера. Период исследования – 1954–2021 гг., соответствует ветви спада векового цикла СА.

Впервые для данного периода исследования показано, что Исландский циклон усиливался в четные циклы СА (давление в центре было ниже), а в нечетные – он был более слаб (рис.1). Такая динамика выявлена и по средним годовым значениям давления, и по средним для зимы и холодного периода, когда Исландский минимум наиболее проявлен.

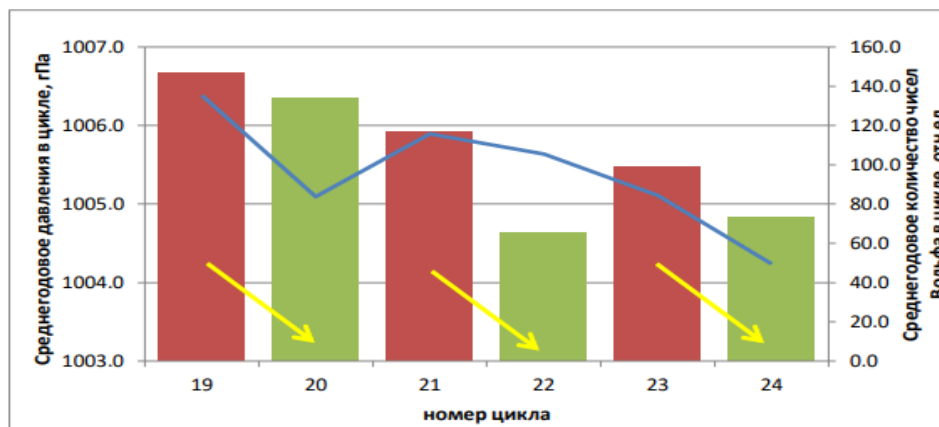


Рисунок 1 – Изменение среднегодового давления в Исландском минимуме и среднего количества чисел Вольфа с 19 по 24 солнечный цикл

В Азорском антициклоне такой однозначности изменения давления не выявлено, хотя в последних четырех циклах он был более силен в нечетные циклы, а в четные – более слаб.

Экстремумы давления в центрах действия атмосферы Северной Атлантики за рассмотренный период лет отмечаются не в сами годы экстремумов СА, а сдвигаются. Исландский минимум был усилен, чаще всего, в зоне максимума СА, а ослаблен в годы сниженной СА. Похожая закономерность наблюдалась и в Азорском антициклоне.

В большей степени динамика индекса NAO определяется изменениями интенсивности Исландского минимума (коэффициент связи равен 0,81). Большая часть минимальных значений NAO наблюдалась в годы минимума СА и вблизи него. Повышенные значения индекса отмечались чаще всего в годы повышенной СА. В четные циклы СА значения индекса гораздо выше, чем в нечетные.

В колебаниях зимних значений давления в центре Исландского минимума и зимнего NAO наиболее значимы циклы с периодами около 8–9 и 20–22 лет.

Наибольшие отклонения давления от среднего в зимний период наблюдались в четном солнечном цикле 2009–2019 гг., наиболее слабом из всех рассмотренных, и совпадающим с минимумом векового цикла СА.

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЗОННОСТИ В ГОДОВОМ ХОДЕ СРЕДНЕМЕСЯЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ПРИПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ

Добролюбов Н.Ю.

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля,  
г. Москва, Россия  
dobronik@yandex.ru

В докладе описано преобразование типов годового хода среднемесячной температуры при перемещении в географическом пространстве.

Источник данных: реанализ NOAA-CIRES-DOE 20th Century Reanalysis V3.

Временной охват: климатический, т.е. три десятилетия, а именно 1981–2010.

Пространственный охват: глобальный.

Пространственное разрешение:  $1^\circ \times 1^\circ$ .

Предмет исследования: годовой ход среднемесячной температуры воздуха в приповерхностном слое.

Задача: классификация типов годового хода.

Годовой ход характеризовался простейшим образом – холодным и теплым периодами года (относительно среднегодового значения). Обозначим  $X_{ij}$  среднемесячное значение температуры в  $j$ -й месяц  $i$ -го года. Исходя из совокупности данных  $\{X_{ij}\}$  вычисляются оценки параметров годового хода  $\{\hat{b}_j\}$  и их среднеквадратические отклонения  $\{s_j\}$ . Далее составляется последовательность  $\{R_j\}$  чисел (-1), 0 или 1 по следующему правилу:  $R_j = -1$ , если  $\hat{b}_j < -1,645s_j$ ;  $R_j = 1$ , если  $\hat{b}_j > 1,645s_j$ ;  $R_j = 0$  в остальных случаях (1,645 – 95-я односторонняя квантиль нормального распределения).

Классификация: годовой ход в двух элементах пространственной сетки имеет одинаковый класс, если соответствующие  $R$ -последовательности совмещаются циклической перестановкой. Такая классификация соответствует «физическому» представлению о теплом и холодном сезонах – среднемесячная температура больше или же меньше среднегодовой соответственно.

Результат классификации приведен на рисунке.

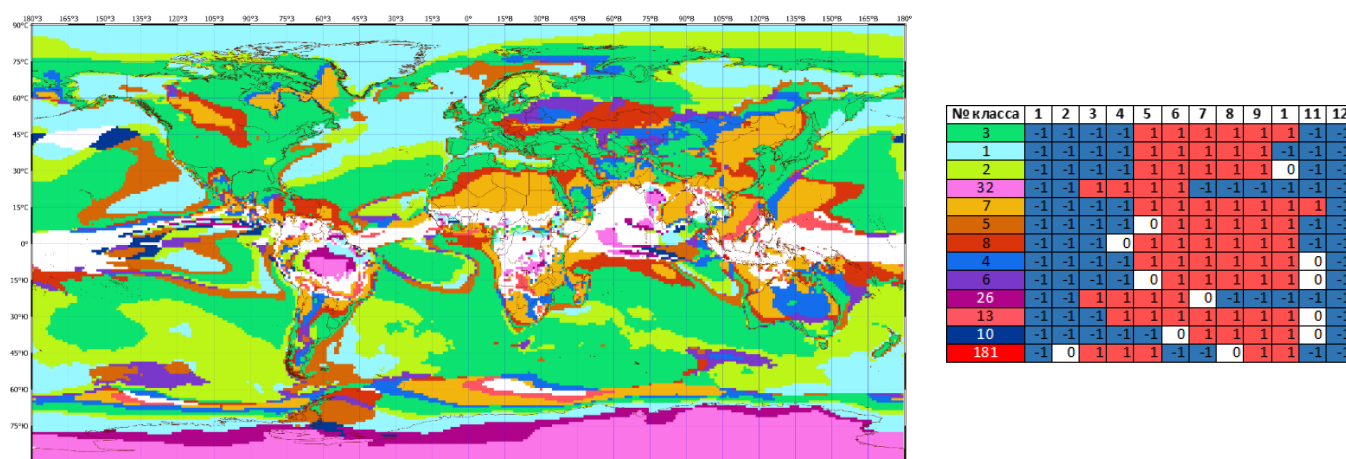


Рисунок 1 – Представлены 12 самых многочисленных классов (слева) и соответствующие им  $R$ -последовательности (справа)

## СОПОСТАВЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ЭНЮК С ОСОБЕННОСТЯМИ ВО ВРАЩЕНИИ ЗЕМЛИ

Зотов Л.В.<sup>1,2</sup>, Марчукова О.В.<sup>3</sup>, Сидоренков Н.С.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ГАИШ МГУ, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>МИЭМ НИУ ВШЭ г. Москва, Россия

<sup>3</sup>Тюменский Государственный Университет, г. Тюмень, Россия

<sup>4</sup>Гидрометцентр РФ, г. Москва, Россия

В последнее десятилетие наблюдаются аномалии во вращении Земли: ускорение ее вращения с 2016 года, практически полное затухание чандлеровского движения полюса (ЧДП) в 2019–2021 гг., ослабление сигнала свободной нутации ядра FCN. Известно, что сильные события El Niño сказываются на западном переносе в атмосфере и замедляют вращение Земли. Так было в 1983, 1997 и 2016 гг. Последнее сильное El Niño ознаменовало максимум продолжительности суток LOD, после чего начался спад, продолжавшийся до 2022 года, когда скорость вращения Земли достигла беспрецедентного за последние 70 лет максимума (LOD – минимума, рис. 1). Одновременно с этим полностью затухло ЧДП. Этим аномалиям сопутствовало тройное событие La Niña. В 2023 г. ЧДП стало просматриваться в данных, LOD также начала медленно возрастать. Вполне вероятно, что в 2024 году последует El Niño.

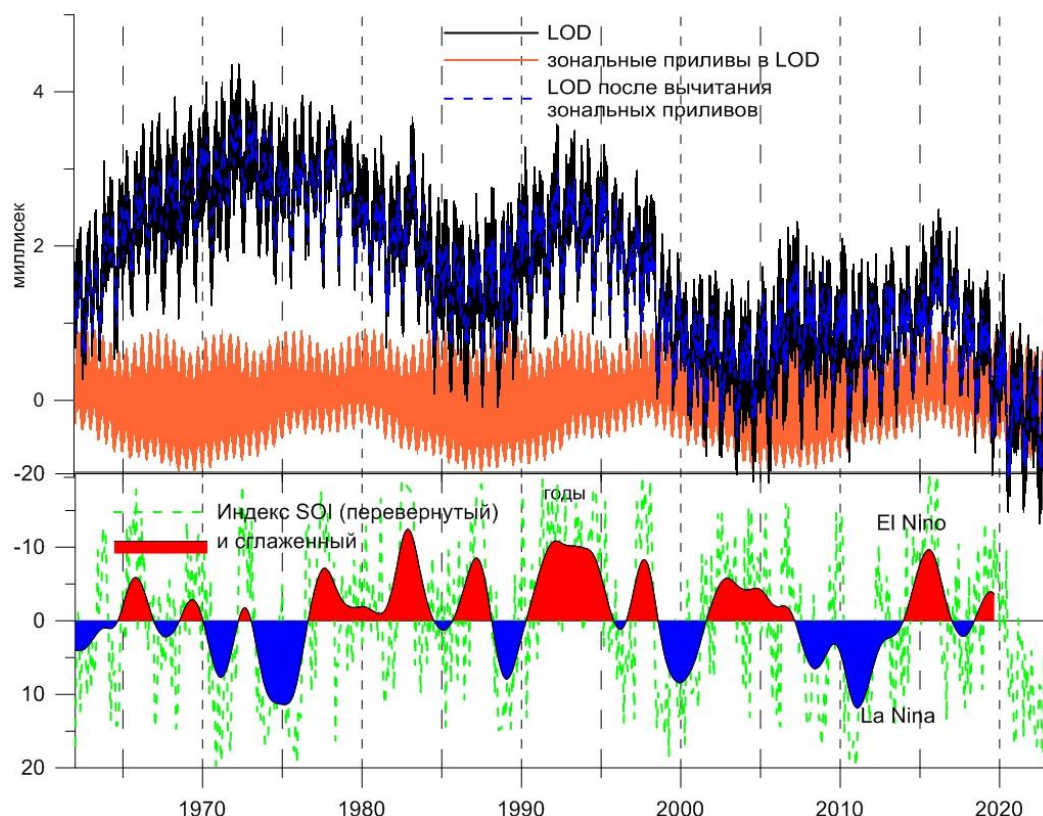


Рисунок 1 – Вариации в длительности суток LOD по данным EOP C04. Приливная модель вариаций LOD. Индекс SOI (инвертированный) отражающий ЭНЮК

В работах Н.С. Сидоренкова, Б. Чао, Ж. Дике, И. Серых, Д. Сонечкина, Я. Вилсона ранее поднимался вопрос о возможной связи Эль Ниньо Южного Колебания (ЭНЮК) с особенностями во вращении Земли. В частности, на основе сходства спектров выдвигались идеи об их обусловленности каким-то общим фактором. В работе будут представлены аргументы за и против этих, до сих пор не доказанных, гипотез. Также будут сопоставлены особенностей в движении Луны, модулирующие приливное воздействие на Землю с квазициклическими LOD, ЧДП, ЭНЮК.

## БУДУЩЕЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА ПО ДАННЫМ ПРОЕКТА РЕГИОНАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ CORDEX

Лубков А.С.

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

В исследовании с помощью 14 связей региональных климатических моделей и глобальных моделей циркуляции атмосферы и океана (РКМ-МОЦ) и 3 связей РКМ с реанализом ERA-Interim проекта CORDEX были подробно исследованы пространственно-временные особенности ветрогенерации Крымского полуострова в настоящем и будущем по сценарию высоких выбросов 8,5 МВт/м<sup>2</sup>. Среди наиболее эффективных районов для ветрогенерации отмечены Керченский полуостров, Тарханкутский полуостров и залив Сиваш (рис. 1). В этих районах отмечена возможность реализации КПД ветроэнергетической установки (ВЭУ) более чем на 60% относительно номинального. Результаты исследования показали, что вклад внутригодовой и внутрисуточной изменчивости на порядок превышает вклад многолетних изменений. Летом в Крыму способность к ветрогенерации меньше на 27% относительно зимы, а ночью меньше на 38% чем днем. Среднегодовые изменения вырабатываемой ветроэнергии к концу XXI века в целом не превысили 3%. Обнаружена выраженная пространственная неравномерность изменений ветрогенерации в XXI веке, которая подробно рассмотрена для летнего и зимнего сезонов в дневное и ночное время суток. Наиболее существенные изменения относятся к летнему сезону. В этот сезон к концу 21 века наблюдается значимое уменьшение ветрогенерации в районах предгорья, гор, центрального Крыма и залива Сиваш и небольшое увеличение в районе Тарханкутского полуострова. Так же в работе была проанализирована внутрисуточная, внутригодовая и многолетняя изменчивость. Будущие изменения изменчивости этих масштабов лежат в пределах 5%.

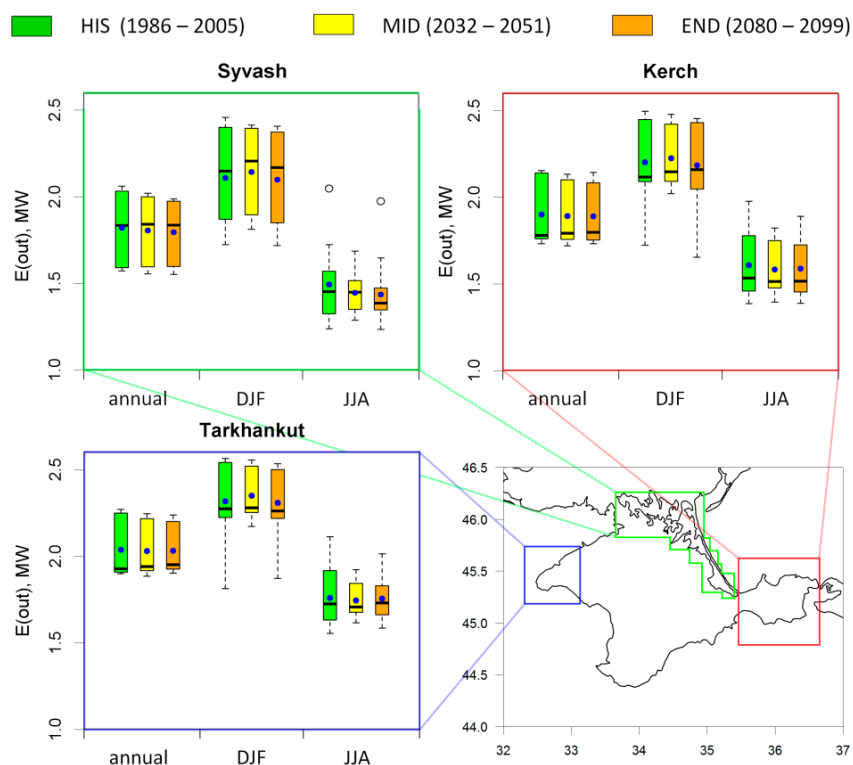


Рисунок 1 – Диаграммы межквартильного диапазона для 14 связей моделей РКМ-МОЦ: настоящее состояние (HIS) и будущие изменения (MID и END) ветроэнергетического потенциала в районе Керченского полуострова, Тарханкутского полуострова и залива Сиваш на примере ветрогенератора Vestas V-126-3.45



## ОБ ОПЫТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЯ ОКЕАНА В ВЕРХНЕМ 300-МЕТРОВОМ СЛОЕ В КАЧЕСТВЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРЕДИКТОРА НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗА ЭНЮК

Лубков А.С., Воскресенская Е.Н.

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

Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК) – глобальный квазипериодический (2–7 лет) процесс системы океан-атмосфера, имеющий два противоположных экстремальных состояния: Эль-Ниньо и Ла-Нинья с характерными климатическими откликами по всему Земному шару. Традиционно фаза ЭНЮК определяется с помощью индекса Niño 3.4. Ранее авторами работы для прогноза состояния ЭНЮК была предложена модель на основе искусственных нейронных сетей (НС) (Лубков, 2020). Особенностью этой модели является детальный отбор предикторов - аномалий в глобальной системе океан-атмосфера, для прогнозирования индекса Niño 3.4. В настоящей работе предложена возможность включения поля теплосодержания океана (ТСО) в верхнем 300-метровом слое в качестве вектора предикторов в модель на основе НС. Сложностью добавления такого вектора предикторов является ограниченность по времени ряда данных о ТСО в 300-метровом слое.

Оценка качества воспроизведения моделью НС индекса Niño 3.4 в сравнении с динамическими моделями Североамериканского мультимодельного ансамбля приведена на рисунке. Можно отметить, что модель НС с участием предикторов ТСО стала лучше воспроизводить индекс Niño 3.4 с заблаговременностью до 5 месяцев. В то же время, способность прогнозирования уменьшилась, начиная с заблаговременности 6 месяцев. Это может быть следствием более короткого ряда обучения. Массивы данных океанических реанализов обычно короче, чем данные атмосферных реанализов. Используемый массив ORAS5 доступен с 1958 года, в результате чего обучающая выборка уменьшилась на 10 лет по сравнению с предыдущим исследованием, что могло сказаться на способности модели к прогнозу с более высокой заблаговременностью.

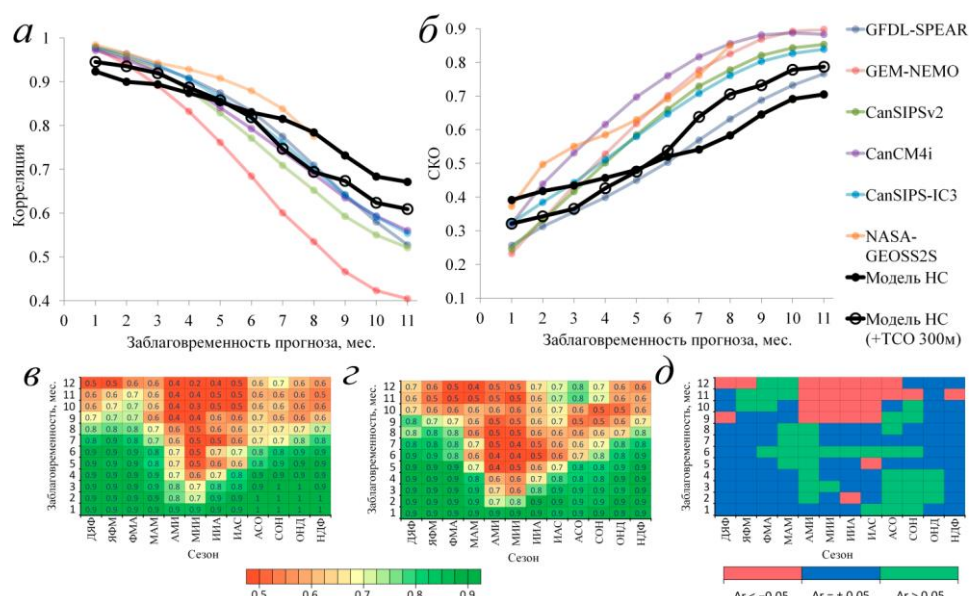


Рисунок 1 – Всесезонная корреляция (а) и среднеквадратическое отклонение относительно индекса Niño3.4 (б); сезонная корреляция для НС из (Лубков, 2020) (в), НС с использованием дополнительных предикторов ТСО (г) и разница коэффициентов корреляции (д)

Список использованной литературы:

Лубков А.С., Воскресенская Е.Н., Марчукова О.В. Применение нейронных сетей для модельного прогноза Эль-Ниньо и Ла-Нинья, включая их типы // Метеорология и гидрология. – 2020. – №11. – С. 111–121.

## **СОСТАВ ВЫБРОСОВ ФЛЮИДОВ СИПОВ БУХТЫ ЛАСПИ В АТМОСФЕРУ И ГИДРОСФЕРУ (ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА)**

*Лысенко В.И.*

Филиал Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова в  
г. Севастополь, Россия  
*niagara\_sev@mail.ru*

В наши дни большое внимание уделяется исследованию углеводородной дегазации на дне морей и океанов. Их выбросы оказывают влияние на парниковый эффект разогрева атмосферы. Значительное влияние на эти процессы оказывают пузырьки газа углеводородов в мелководной прибрежной зоне. Они целиком попадают в атмосферу, поэтому их исследованию уделяется большое внимание. Прибрежные сипы в бухте Ласпи являются полигоном, где легко можно взять пробы на состав флюидов.

Целью наших исследований являлось изучение особенностей флюидов в бухте Ласпи.

Выходы газа в бухте Ласпи приурочены к местам пересечения Ласпинского и Берегового разломов. Сипы находятся на расстоянии от 10 до 60 метров от уреза воды береговой линии на поверхности пляжных бактериальных построек.

Для отбора проб газа был выбран сип с постоянным выделением пузырьков. Пробы отбирались в 2022 и 2023 годах в емкости объемом 100 мл. Они закрывались двумя пробками в подводном положении. Материал для анализов отбирался через час. Время отбора пробы газа составляло от 8 до 15 минут. Пробы газа изучались в лаборатории МГУ.

По результатам анализов во флюидах кроме углеводородов содержался кислород, азот, углекислый газ и гелий. Наличие сероводорода фиксировалось органолептическим методом. Концентрации углеводородных газов в пробах изменялось от 57,56 до 61,48 %. В основном это метан. Содержание этилена составляло от 0,96 до 1,03, а пропана от 0,0019 до 0,002 %. В пробах присутствовали этан, пропилен, бутан и пентан, но их общее концентрации не превышали 0,004 %. Углерод в углеводородах флюидов характеризовался тяжелым изотопным составом ( $-\delta^{13}\text{C} - 35,22\text{‰}$ ).

Из не углеродных газов флюиды содержали кислород (4,76–8,96 %), азот (9,62–23,61 %), углекислый газ (0,23 до 0,34 %) и гелий (0,43–1,19 %).

Дополнительные данные о составе флюидов были получены в ходе гидрохимической съемки солености у выходов сипов. Для этой цели вода отбиралась из воронок сипов в моменты выбросов газа. За два года было отобрано двенадцать пять проб. Соленость в них изменялась от 6,8 до 14,7‰. Для сравнения были взяты девять пробы воды со дна бухты на удалении от сипов. Показатель солености в них изменялся от 18,3 до 18,9‰, что соответствует солености в данном секторе Черного моря. Приведенные результаты доказали, что многокомпонентные газовые флюиды сопровождалась «гидротермальными растворами», которые визуалью не фиксировались. Выбросы опресненных вод имели незначительные объемы и некоторую периодичность.

Результаты наших исследований подтвердили, что современные флюиды бухты Ласпи имеют эндогенную природу образования. На это указывают следующие признаки: приуроченность выходов газовых струй к зоне пересечения разломов; контроль выбросов тектоникой региона; геохимия карбонатного цемента пляжных построек; присутствие азота, углекислого газа, гелия, сероводорода, метана, этана, пропана, этилена, пропилена, бутана, пентана; тяжёлый изотопный состав углерода; периодичность и пульсирующий характер извержений; непостоянство объёмов выбросов и состава газов; геохимия карбонатного цемента и отсутствие мощного чехла аллювиальных отложений на подводном береговом склоне.

В результате наших исследований было установлено, что флюиды кроме метана содержат другие газы и водные растворы. Все эти продукты попадают в атмосферу и гидросферу. Возможно, в наши дни глубинные поступления из недр являются главными контролерами состава атмосферы и гидросферы.

## ГЛОБАЛЬНЫЕ ОТКЛИКИ ЯВЛЕНИЯ ЛА-НИНЬЯ ПО ДАННЫМ ERA5 И ЕГО ТРОЙНОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ В 2020-2023 ГОДАХ

Марчукова О.В.<sup>1</sup>, Воскресенская Е.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

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

Всемирная метеорологическая организация (ВМО) осенью 2020 на своем официальном сайте объявила о развитии условий формирования Ла-Нинья, которое, как ожидалось с вероятностью 90% по данным Global Producing Centers of Long-Range Forecasts, должно было продлиться до следующего года и повлиять на климатические условия разных регионов Земли. Летом 2022 ВМО предоставила очередной прогноз, что впервые в XXI веке явление Ла-Нинья охватит три последовательных зимних сезона северного полушария. Эти три последовательных холодных явления в экваториальной зоне Тихого океана получили название «triple-dip La Niña», что в переводе с английского означает «трио Ла-Нинья» или «тройное» Ла-Нинья.

Само событие Ла-Нинья является отрицательной фазой глобальной климатической осцилляции – Эль-Ниньо–Южное Колебание (ЭНЮК). В свою очередь ЭНЮК – это квазидвух- и восьмилетнее колебание климата Земли и первая мода разложения среднемесячных аномалии температуры поверхности океана (ТПО). В более узком смысле, Ла-Нинья характеризуются экстремальным понижением ТПО в экваториальной полосе Тихого океана с продолжительностью существования от 5 месяцев. В среднем эти события длятся 12 месяцев, но их существование может охватить две бореальные зимы.

В данной работе выполнен перерасчет композитов температуры воздуха, осадков и приземного давления реанализа ERA5 (шаг сетки 0,25°) в годы разных типов Ла-Нинья (Восточно- и Центрально-Тихоокеанского) за период с 1940 по 2022 гг. Кроме этого сделан анализ последних событий Ла-Нинья 2020–2022 гг. по данным океанического реанализа NCEP/GODAS. Было выявлено, что первое явление Ла-Нинья из трио последующих событий относится к Центрально-Тихоокеанскому (ЦТ) типу, а два других – к Восточно-Тихоокеанскому (ВТ).

Анализ откликов в температуре воздуха в годы разных типов Ла-Нинья выявил, что наиболее максимальные по модулю и значимые аномалии относительно среднего климата (1981-2010 гг) формируются с декабря «0» года по март «+1» года (рис.1).

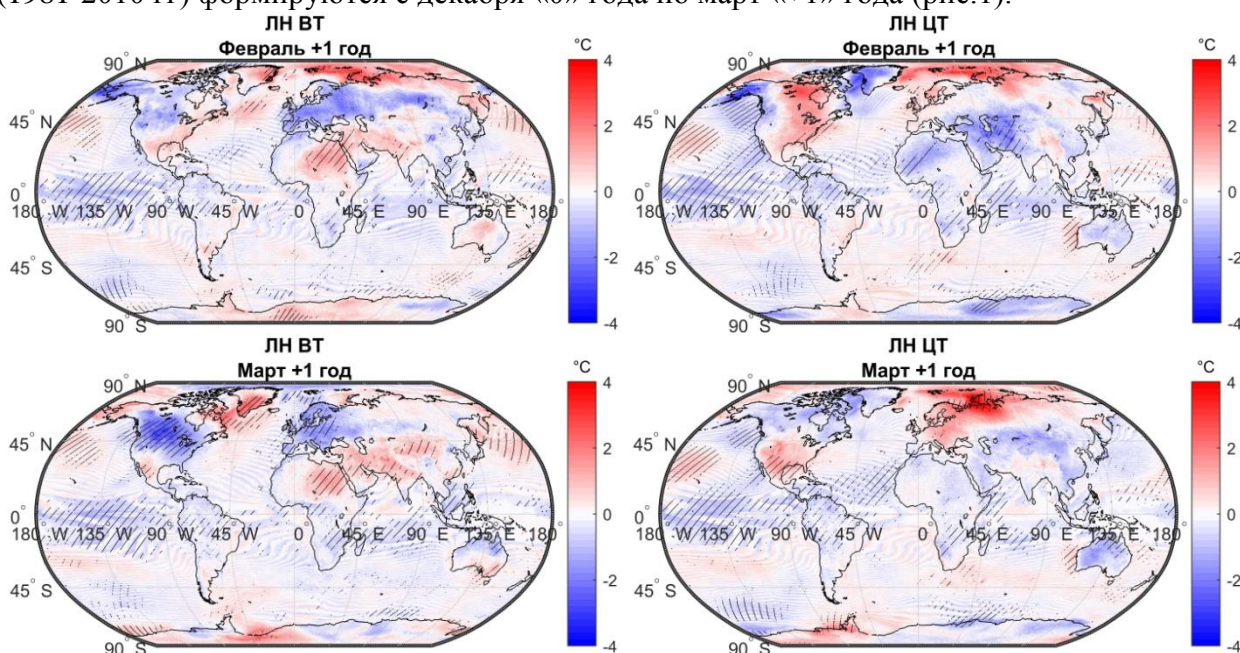


Рисунок 1 – Композиты аномалий температуры воздуха для ВТ (9 событий) и ЦТ (11 событий) типов Ла-Нинья по данным Era5

## ОТБОР И ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ СМIP6 ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПАССАТНЫХ ВЕТРОВ

Марчукова О.В.<sup>1</sup>, Воскресенская Е.Н.<sup>2</sup>, Афанасьева В.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

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

<sup>3</sup>Московский государственный университет, г. Москва, Россия

olesjath@mail.ru

Пассаты (восточные ветры) – это постоянно-преобладающие ветры, дующие с востока на запад, в экваториальной зоне Земли. Усиление пассатов приводит к активизации дрейфовых течений в тропических акваториях Тихого океана. В области усиленных пассатов создаются условия дивергенции теплых поверхностных вод и подъема глубинных холодных вод на поверхность, что приводит к формированию явления Ла-Нинья. При ослаблении пассатных ветров создаются условия Эль-Ниньо.

Положительные тенденции изменения давления над уровнем моря в восточной части Тихого океана, и в тоже время отрицательные тренды давления в индонезийском регионе за последние сорок лет, приводят к сдвигу в сторону с усиления тихоокеанских пассатов (Sohn et al., 2016; Zhao and Allen, 2019). Этот сдвиг хорошо прослеживается при расчетах линейных трендов пассатных индексов EP TWI (восточный), CP TWI (центральный), WP TWI (западный) по данным реанализа NCEP/NCAR с 1979 по настоящее время. Индексы WP TWI и CP TWI, рассчитываемые не восточнее 140°з.д., имеют отрицательные значения первых коэффициентов уравнения линейного тренда, одновременно с тем, как индекс EP TWI наоборот имеет положительную тенденцию.

Цель настоящей работы заключается в том, чтобы отобрать климатические модели проекта СМIP6, которые правильно воспроизводят тенденции пассатов в трех регионах экваториально-тихоокеанского сектора для исторического периода с 1979 по 2014 гг. Прогностические сценарии для шестого поколения СМIP начинаются с 2015 г. К анализу были привлечены все модели (в количестве 47), которые имели расчетные значения зональной компоненты ветра (U) за исторический период. Данные получены с официального сайта климатического проекта «Copernicus».

По результатам анализа проведенной верификации в работе отобрано 11 моделей, которые правильно воспроизводят показатели линейных трендов для всех трех индексов пассатных ветров, имеют наибольшую корреляцию и близкие по значениям дисперсию и среднеквадратические отклонения с данными реанализа NCEP/NCAR. Этими моделями стали HadGEM3-GC31-LL, INM-CM4-8, NorESM2-MM, FGOALS-f3-L, CMCC-ESM2, CanESM5-CanOE, CESM2-WACCM, CESM2, AWI-ESM-1-1-LR, HadGEM3-GC31-MM. В дальнейшем из них будут созданы ансамбли индексов пассатных ветров для проведения расчетов по двум сценариям развития: оптимального (SSP2-4.5) и крайне неблагоприятного (SSP5-8.5). На этой основе будут сделаны выводы об изменениях пассатных условий к концу XXI века.

Список использованной литературы:

Sohn B.J., Lee S., Chung E.S., Song H.J. The role of the dry static stability for the recent change in the Pacific Walker circulation // *Journal of Climate*. – 2016. – № 29(8). – P. 2765–2779. DOI:10.1175/jcli-d-15-0374.1.

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. – № 1(2). – 021003. DOI:10.1088/2515-7620/ab0dab.



## ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗИМНЕЙ ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В СРЕДИЗЕМНОМОРСКО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ В XXI ВЕКЕ НА ОСНОВЕ АНСАМБЛЯ МОДЕЛЕЙ СМIP6

Маслова В.Н., Журавский В. Ю., Лубков А.С.

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

Целью настоящей работы был анализ изменений зимней циклонической активности в Средиземноморско-Черноморском регионе, как части Североатлантически-Европейского сектора, в трех 15-летних периодах: начале, середине и конце XXI века. Наши прогнозы были основаны на ансамбле из семи моделей проекта взаимного сравнения связанных моделей (СМIP), фаза 6, которые показали наилучшее согласие с повторными анализами NCEP/NCAR и ERA5 в рамках промежуточного сценария SSP2-4,5 и сценария SSP5-8,5 с самым высоким уровнем выбросов. Результаты показали последовательное увеличение повторяемости циклонов над Центральной Европой и Британскими островами, что было связано со смещением траектории циклонов: к северу от западного Средиземноморья и к югу от региона Исландской низменности.

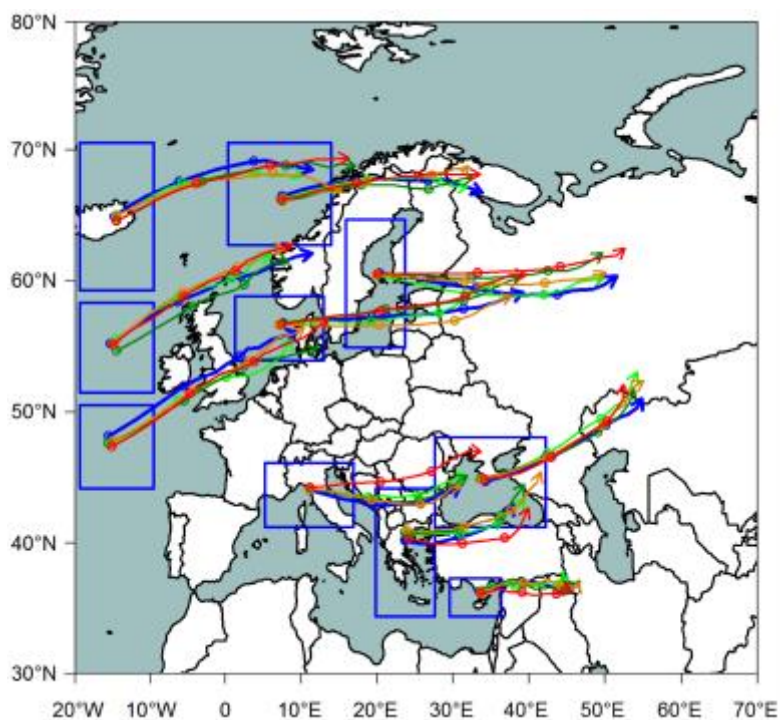


Рисунок 1 – Среднее положение треков циклонов, исходящих из областей циклогенеза, отмеченных синими прямоугольниками. Синий трек соответствует периоду начала века, светло-зеленый трек — середине XXI века по сценарию SSP2-4,5, зеленый трек — концу века по сценарию SSP2-4,5, оранжевый трек соответствует середине XXI века по сценарию SSP5-8,5, а красный трек соответствует концу столетия по сценарию SSP5-8,5.

Список использованной литературы:

Khromov S.P., Petrosyants M.A. Meteorology and Climatology, 5th ed. – MSU: Moscow, 2001. – 528 p.

Lionello P., Bhend J., Buzzi A., Della-Marta P., Krichak S., Jansa A., Maheras P., Sanna A., Trigo I., Trigo R. Cyclones in the Mediterranean region: Climatology and effects on the environment // In Mediterranean Climate Variability; Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R., Eds. – Elsevier: Amsterdam. The Netherlands, 2006. – Vol. 4. – P. 325–372.

## ИССЛЕДОВАНИЕ «ОСТРОВА ТЕПЛА» Г. МАГНИТОГОРСКА

Никишова В.Д., Короткова Н.В.

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия  
Nikishova.V@yandex.ru

Остров тепла – это явление, при котором определенная территория или область становится значительно теплее, чем окружающие ее районы. В настоящее время идет увеличение урбанизированных территорий, что может повлиять на температурное поле. Ведь, городах располагаются источники тепла, – это промышленные предприятия, транспорт и объекты, связанные с жилищно-коммунальным хозяйством (Балдина и др., 2015), также в городе наблюдаются небольшие площади растительного покрова.

Цель исследования: выявить «остров тепла» города Магнитогорск и оценить его температурный режим по данным спутникового мониторинга.

Метод работы выполнялся в несколько этапов. Первым этапом, были проанализированы среднемесячные значения температуры по метеорологической станции г. Магнитогорск за 2020 год (дневные и ночные часы).

Вторым этапом, из интернет-ресурса (Earthdata..., 2022) оценивалась среднемесячная температура. Для начала брался участок, совпадающий с местоположением метеостанции и затем высчитывалась температура по данному участку. Затем данные по наземному и спутниковому мониторингу сопоставлялись.

Третий этап – это деление города на сектора и анализ температур с каждого участка, и в результате составление карты-схемы температурного поля города. Результат работы представлен на рисунке 1.

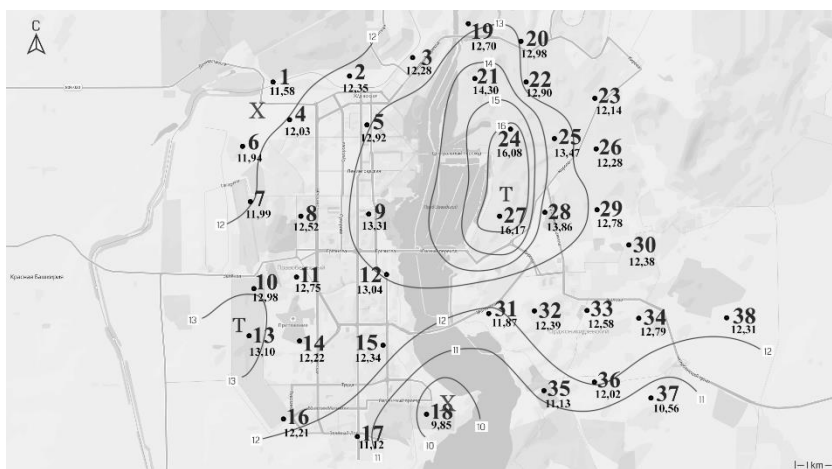


Рисунок 1 – Карта-схема среднегодовых значений температуры подстилающей поверхности за день, полученных с помощью спектрорадиометра MODIS

Исходя, из вышеперечисленного получается, человеческая деятельность вносит значительный вклад в температурное поле. Температура – это одна из важнейших характеристик, которая дает понять различные процессы, такие как: изменение климата, облакообразование, возможность возделывания сельскохозяйственных культур и др.

Список использованной литературы:

Балдина Е.А, Константинов П.И., Грищенко М.Ю. Исследование городских островов тепла с помощью данных дистанционного зондирования в инфракрасном диапазоне / Е.А. Балдина, П.И. Константинов, М.Ю. Грищенко, М.И. Варенцов // Земля из Космоса. – 2015. – Спецвыпуск. – С. 38–42.

EARTHDATA/ AppEEARS/ [Электронный ресурс]. URL: <https://appears.earthdatacloud.nasa.gov/> (дата обращения: 05.11.2022).

## СРАВНЕНИЕ ТЕРМОХАЛИННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА РАЗРЕЗЕ «КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН» С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИНДЕКСАМИ ДЛЯ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ

Новоселова Е.В.<sup>1</sup>, Белоненко Т.В.<sup>1</sup>, Гордеева С.М.<sup>2</sup>, Будянский М.В.<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Российский гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Тихоокеанский океанологический институт имени В. И. Ильичёва ДВО РАН,

г. Владивосток, Россия

novoselovaa.elena@gmail.com

«Кольский меридиан» – это вековой стандартный разрез, расположенный в Баренцевом море, а именно вдоль меридиана 33°30' в.д. от побережья Кольского залива до 77° с.ш. В настоящий момент разрез является одним из самых продолжительных в мире рядов океанографических данных: с учётом небольших перерывов общий период наблюдений на «Кольском меридиане» составляет 104 года (Карсаков и др., 2022). «Кольский меридиан» состоит из 16 станций и простирается на север до 77° с.ш., но наиболее регулярные наблюдения производятся на южных 10 станциях (до 74° с. ш.), которые располагаются в области распространения теплых атлантических вод. Область распространения основной массы атлантических вод в основном ограничивается именно параллелью 74° с. ш. (Лисицын, 2021).

Данные «Кольского меридиана» доступны на сайте Полярного филиала ФГБНУ "ВНИРО": <http://www.pinro.vniro.ru/ru/razrez-kolskij-meridian/ryady-nablyudenij>. Данные глобального вихреразрешающего реанализа GLORYS12V1 (Global Ocean Physics Reanalysis) доступны на портале CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring Service): [https://data.marine.copernicus.eu/product/GLOBAL\\_MULTIYEAR\\_PHY\\_001\\_030/description](https://data.marine.copernicus.eu/product/GLOBAL_MULTIYEAR_PHY_001_030/description).

Было установлено, что натурные измерения на Кольском меридиане (KS) и данные реанализа GLORYS12V1 (KS-GLORIS) очень хорошо согласованы и имеют высокие значения корреляции температуры в диапазоне 0,94–0,99 и несколько меньшие значения для солёности (0,70–0,80). Далее мы проследили взаимосвязь между аномалиями температуры воды на Кольском меридиане и индексами PC1, PC2, NAT, NAT1, NAT2, которые были разработаны и введены в статье (Gordeeva, Belonenko, 2022). Было выявлено, что связь температуры воды на всех станциях Кольского меридиана с сопряженными индексами определяется, прежде всего, трендами и длинноволновыми колебаниями. Высокая корреляция PC2 (NAT1 и NAT2) с температурой воды на всем Кольском разрезе в поверхностном 200-метровом слое в основной ветви Мурманского течения достигает 0,80 для натурных данных и 0,81 для данных GLORYS12V1. Это означает, что температура Северо-Европейского бассейна определяется транспортом тепла, поступающего с атлантическими водами.

Очевидно, что процессы, влияющие на температурный режим на Кольском меридиане, определяются многими факторами, которые неравнозначны во времени, и простые линейные связи, оцениваемые по всей длине временных рядов, не могут описать многие аспекты изменчивости этих процессов. Для этого требуются исследования, учитывающие, в том числе, региональные особенности. Однако с уверенностью можно утверждать, что на температурный режим в бассейне Баренцева моря влияет не непосредственно транспорт (адвекция) вод из Атлантического бассейна, а именно тепло, переносимое этими водами.

Публикация выполнена при финансовой поддержке гранта СПбГУ № 94033410.

Список использованной литературы:

Карсаков А.Л. Океанографические исследования на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море за период 1900–2008 гг. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2009. – 139 с.

Лисицын А.П. и др. Система Баренцева моря. – М.: ГЕОС, 2021. – 672 с.

Gordeeva S.M., Belonenko T.V. New indicators responsible for heat transfer from the Atlantic to the Arctic // ESDB repository, GCRAS. – 2022. DOI:2022ES000792-data.

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОСЕННЕГО ПЕРИОДА НА ТЕРРИТОРИИ  
САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Ормели Е.И., Солодовникова Ж.А.*

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», г. Саратов, Россия  
zhanna.solodovnikova.01@mail.ru

Саратовская область является одним из крупнейших сельскохозяйственных районов России, однако большая часть территории региона относится к зоне неустойчивого земледелия. В работе рассчитаны даты перехода температуры воздуха через пределы 10°C и 0°C в сторону ее понижения, продолжительность осеннего сезона, и проведена оценка гидротермических условий территории по данным пяти метеорологических станций (м/с Хвалынский, м/с Балашов, м/с Саратов, м/с Ершов, м/с Александров Гай). В основу исследований положен ежедневный метеорологический архивный материал официального сайта ВНИИГМИ-МЦД (Архив..., 2023). В условиях регионального потепления климата отмечается смещение дат перехода температуры воздуха через 10°C и 0°C на более поздние сроки. Продолжительность осеннего периода на территории Саратовской области составляет 40–44 дня (Пряхина, Ормели, 2018). В таблице 1 представлены значения средней месячной температуры воздуха и суммы осадков в сентябре и октябре за период с 2011 по 2020 гг. в сравнении с климатической нормой (Средние..., 2023).

Таблица 1 – Средние значения температуры воздуха, °С, и осадков, мм, по станциям Саратовской области за 2011–2020 гг. в сравнении с климатической нормой

| М/с        | Т, °С           |       |                 |       | R, мм           |       |                 |       |
|------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|            | IX              |       | X               |       | IX              |       | X               |       |
|            | T <sub>ср</sub> | Норма | T <sub>ср</sub> | Норма | R <sub>ср</sub> | Норма | R <sub>ср</sub> | Норма |
| Хвалынский | 14,9            | 14,9  | 7,1             | 7,4   | 42              | 47    | 37              | 40    |
| Балашов    | 14,3            | 14,0  | 7,4             | 6,8   | 52              | 46    | 36              | 42    |
| Саратов    | 14,8            | 14,8  | 8,0             | 6,6   | 43              | 39    | 30              | 33    |
| Ершов      | 14,8            | 14,5  | 7,2             | 6,7   | 56              | 42    | 27              | 36    |
| Ал. Гай    | 15,8            | 15,7  | 8,0             | 7,7   | 32              | 25    | 22              | 33    |

Примечание: T<sub>ср</sub> – средние многолетние значения температуры воздуха (°С) за период с 2011 по 2020 гг.; R<sub>ср</sub> – средняя многолетняя сумма осадков (мм) за период с 2011 по 2020 гг.; Норма – данные климатической нормы температуры и осадков за период с 1991 по 2020 гг.

Из табл. 1 видно, что в сентябре и октябре по всем метеостанциям показатели температуры воздуха близки к норме, в октябре наибольшее отклонение от нормы отмечается в Саратове и составляет 1,4°C. В сентябре осадки превышают норму в Балашове на 6 мм, в Саратове на 4 мм, в Ершове на 14 мм, в Александровом Гае на 7 мм, на севере региона – в Хвалынске отмечается уменьшение осадков на 5 мм. В октябре количество осадков ниже нормы по всем метеостанциям, с наибольшими отклонениями в Ершове (на 9 мм) и Александровом Гае (на 11 мм).

Список использованной литературы:

Архив среднемесячных значений температуры воздуха по станциям Саратовской области / Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации. – Мировой центр данных [Электронный ресурс]: URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения 05.01.2023).

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.

Средние многолетние значения температуры воздуха и осадков (климатическая норма) по станциям Саратовской области / Гидрометцентр России [Электронный ресурс]: URL: <https://meteoinfo.ru/climatcities/> (дата обращения 05.01.2023).

**НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНЫЙ СЦЕНАРИЙ ПРИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЕ  
ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ЗА АНТРОПОГЕННЫМИ  
ВЫБРОСАМИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ**

*Пекарникова М.Е.*

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

Вследствие глобального характера проблемы изменений климата и последствий таких изменений, эффективное ее решение возможно только путем объединения усилий всего мирового сообщества и согласования совместных действий по контролю над антропогенной эмиссией парниковых газов и аэрозолей, в том числе в сфере правового регулирования данной проблемы.

В докладе будет представлен анализ наиболее вероятного климатического сценария при реализации существующей системы правового регулирования и контроля за антропогенными выбросами парниковых газов основными странами-эмитентами, которые являются участниками Парижского соглашения (Парижское Соглашение, 2015).

На основе анализа существующей нормативно-правовой базы в основных странах-эмитентах (ответственных более, чем за 75% глобальной эмиссии парниковых газов) и данных по выбросам парниковых газов по 2022 год (включительно) сделан вывод, что при современном состоянии правового регулирования эмиссии ПГ в большей части стран, ответственных за основную долю глобальных выбросов парниковых газов, достижение декларируемой цели Парижского соглашения практически нереально (Пекарникова, Полонский, 2022).

Если даже большинство из декларативных высказываний стран-участниц Парижского соглашения, не подкрепленных соответствующими национальными правовыми актами, о приверженности его целям будет реализовано, то наилучший результат, который может быть достигнут, вероятно будет соответствовать сценарию SSP2-4.5 6-го Оценочного отчета IPCC (IPCC, 2021). При этом повышение глобальной приземной температуры к концу 21 века будет находиться в пределах 2,1-3,5 градусов по сравнению с доиндустриальным уровнем.

*Работа выполнена в рамках госзадания ИПТС № госрегистрации 121122300074-7.*

Список использованной литературы:

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.

Парижское Соглашение от 21.12.2015 [Электронный ресурс]: URL: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/rus/109r.pdf>.

Пекарникова М.Е., Полонский А.Б. Анализ реалистичности достижения 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.

## ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Переведенцев Ю.П.<sup>1</sup>, Мирсаева Н.А.<sup>1</sup>, Шанталинский К.М.<sup>1</sup>, Николаев А.А.<sup>1</sup>, Тагиров М.Ш.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, г. Казань, Россия  
upereved@kpfu.ru, marsel.tagirov2019@yandex.ru

В данной работе дается анализ климатических изменений в Среднем Поволжье с использованием длиннорядной станции Казань, университет в период 1828–2021 гг. Этот период является наиболее длинным, он выбран с целью сравнения региональных климатических колебаний с колебаниями приповерхностной температуры воздуха, осредненной по территории всего Северного полушария начиная с 1850 г., что позволило оценить вклад глобальных процессов в региональные.

В качестве исходных данных использовались данные приземной температуры воздуха по всему земному шару (1850–2021 гг.) Университета Восточной Англии (CRU) (<https://www.uea.ac.uk/groups-and-centres/climatic-research-unit/data>, дата доступа 28.12.2022 г.), данные метеонаблюдений 183 метеостанций на территории Приволжского федерального округа из фонда ВНИИГМИ-МЦД за 1955–2021 гг., а также данные многолетних наблюдений в метеорологической обсерватории Казанского университета в период 1828–2021 гг.

К числу основных выводов следует отнести:

1. В период 1828–2021 гг. в Казани и в целом в Среднем Поволжье во всех месяцах обнаружена тенденция повышения температуры воздуха. При этом скорость потепления достигает наибольших значений в зимне-весенний период (в декабре величина КНЛТ=0,283°C/10 лет, в марте 0,246°C/10 лет).

2. Анализ тридцатилетних норм температур воздуха в период 1841–2020 гг. показал, что в последние 30-летние (1991–2020 гг.) во все месяцы года температура выше, чем в предыдущие 30-летия. Наибольшие тренды температуры обнаружены в 1970–2021 годах. При этом в зимне-весенние месяцы потепление происходит более высокими темпами, чем в остальные.

3. С использованием низкочастотного анализа временных рядов температуры в Казани и по всему северному полушарию в период 1850–2021 гг. выделены периоды повышения (понижения) температуры различной интенсивности. Показано, что периоды потепления более продолжительны и интенсивны, чем периоды похолодания. Низкочастотная компонента выделила квази 60-летние колебания годовой амплитуды температуры воздуха, что объясняется достаточно близкой цикличностью ряда геофизических факторов.

4. Анализ показателей температурного режима двух периодов 1828–1945 и 1946–2021 гг. позволил установить в Среднем Поволжье климатически-обусловленное начало антропоцена (с 1946 г.), что привело к значительному повышению температуры (потеплению).

5. Выявлена корреляционная зависимость колебаний ТВ в Казани от климатических процессов северного полушария: по годовым показателям коэффициент корреляции достигает значения 0,79; летом 0,52; зимой 0,66, что позволило оценить вклад глобального процесса в региональный: зимой ~43% изменений объясняется глобальным фактором, летом ~27%.

6. Показана зависимость температурного режима в Казани и в целом в Среднем Поволжье от колебаний циркуляции атмосферы: тесные связи с индексами NAO, AO, SCAND; летом с EAWR.

7. Дана оценка изменения температуры в Казани до конца 21 века с использованием моделей CMIP6.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РНФ (проект № 22-27-20080).*

**ПРОЕКЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЗИМНИХ  
АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ В XXI СТОЛЕТИИ**

*Полонский А.Б., Сухонос П.А.*

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

Анализ возможных климатических изменений в XXI веке под влиянием антропогенных факторов на региональном масштабе представляет собой актуальную задачу. Как известно, Черноморский регион характеризуется неопределённостью тенденций климатических изменений в историческом периоде. Для этого региона получены проекции изменений количества атмосферных осадков (АО), которые зачастую противоречат друг другу (Полонский, 2023). В связи с этим тенденции изменения количества АО в XXI веке в указанном регионе требуют уточнения. Целью работы является оценка проекций изменения количества зимних АО в Черноморском регионе в краткосрочной (2021–2050 гг.) и среднесрочной (2051–2080 гг.) перспективе по отношению к историческому периоду (1976–2005 гг.) для нескольких сценариев изменения концентрации парниковых газов (RCP2.6, RCP4.5 и RCP8.5) по данным региональной климатической модели SMHI-RCA4.

Использованы среднемесячные величины количества АО в декабре по данным численной модели SMHI-RCA4, входящей в проект CORDEX (Jacob et al., 2014), с пространственным разрешением  $0,5 \times 0,5^\circ$  за период 1951–2099 гг. Выбор данной региональной климатической модели обусловлен её способностью адекватно воспроизводить средние величины и долгопериодные тенденции изменений зимних АО над Чёрным морем в исторический период (Полонский, 2023). Черноморский регион ограничен координатами  $40\text{--}48^\circ$  с. ш.,  $26\text{--}42^\circ$  в. д.

Получено, что при маловероятном сценарии RCP2.6 в краткосрочной перспективе медиана количества АО увеличивается на 25–50% вдоль Анатолийского побережья. В среднесрочной перспективе ожидается уменьшение медианы количества АО на северо-востоке Черноморского региона и увеличение изучаемого параметра над малыми по площади областями на юге, юго-западе и северо-западе Черноморского региона.

При более вероятном сценарии RCP4.5 в краткосрочной перспективе области увеличения (более 25%) медианы количества АО малы по площади. В среднесрочной перспективе ожидается рост медианы количества АО в центральной и южной части Черноморского региона. Наибольшее увеличение медианы количества АО (свыше 50%) обнаружено вдоль Анатолийского побережья. В северо-западной части Черноморского региона расположена область уменьшения (более 25%) медианы количества АО.

При пессимистичном (и менее вероятном) сценарии RCP8.5 в краткосрочной перспективе медиана количества АО увеличивается почти во всём Черноморском регионе, за исключением малых по площади областей в северо-западной и юго-западной частях Чёрного моря. Наибольший рост (свыше 50%) медианы количества АО отмечается в окрестности Керченского пролива, юго-восточной части Чёрного моря и вдоль Анатолийского побережья. В среднесрочной перспективе почти вся территория Черноморского региона характеризуется значимым ростом (свыше 50%) медианы количества АО.

*Работа выполнена в рамках госзадания ИПТС, № госрегистрации 121122300074-7.*

Список использованной литературы:

Полонский А.Б., Сухонос П.А. Расчёт климатических характеристик осадков над Чёрным морем по данным региональных климатических моделей // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2023. – № 3 (389). – С. 59–74.

Jacob D., Petersen J., Eggert B. et al. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research // Reg. environ. change. – 2014. – Vol. 14, No. 2. – P. 563–578.

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ РЕАНАЛИЗОМ ERA5  
ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРОВОГО РЕЖИМА В КРЫМСКОМ РЕГИОНЕ**

*Полонянкин Д.А., Лубков А.С.*

ФБГНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
p0l0nyank1n.denis@gmail.com

Изменения ветрового режима и повторяемости экстремальных ветров в течение нескольких последних десятилетий (Евстигнеев и др., 2017; Белокопытов, 2017), в том числе и в Крымском регионе, вызывают интерес не только в научном сообществе, но и среди круга лиц, принимающих стратегические решения. Это говорит об актуальности изучения изменений параметров ветра, для чего нужны данные проверенного качества.

Для проведения исследования предполагается использовать данные по ветру глобального реанализа ERA5 (Hersbach et al., 2020), из которого будут выбраны данные по Крыму. Чтобы выявить адекватность модели этого реанализа для данного региона, необходима проверка качества с привлечением данных наблюдения, что и является целью настоящего исследования. В работе был произведён такой анализ сразу путем сопоставления с данными метеонаблюдений.

Массив данных реанализа ERA5 представляет характеристики по  $u$  и  $v$  компонентам ветра на высоте 10 м на период с 1959 по 2022 гг. Высокое пространственное разрешение ( $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ ) этого массива данных позволяет учесть большинство географических особенностей Крымского полуострова. Для сравнения были выбраны данные наблюдений 22 метеостанций Крыма по скорости ветра на высоте 10 м за период 2005–2020 гг.

Анализ показал, что ERA5 в целом завышает значения скорости ветра для большинства станций. Наибольшие значения разности характерны в целом для зимних месяцев. Максимальные погрешности (от 2 до 3 м/с) отмечаются для Керчи, Красноперекопска, Опасного, Феодосии и Черноморского. Средние значения среднеквадратичной ошибки (RMSE) составляют 2,38 м/с, достигая 3–4 м/с в зимние месяцы на периферии. Коэффициент корреляции между рядами данных достигает 0,77 (Аэропорт Симферополь), хотя для Алушты он составил лишь 0,24.

В итоге получено, что реанализ ERA5 не отражает в полной мере особенности распределения скорости ветра для Крымского полуострова и нуждается во внесении некоторых поправок для работы с ним. Наименьшие погрешности реанализа в сочетании с высокими значениями корреляции характерны для центра Крыма. Наибольшие погрешности в сочетании с низкими значениями корреляции характерны для южного и северного побережий Крыма, а также для горных районов.

Список использованной литературы:

Белокопытов В.Н. О комплексных исследованиях опасных природных явлений в Азово-Черноморском бассейне / В. Н. Белокопытов, В. В. Фомин, А. В. Ингеров // Морской гидрофизический журнал. – 2017. – № 3(195). – С. 32–48.

Евстигнеев В.П., Наумова В.А., Воскресенская Е.Н., Евстигнеев М.П., Любарец Е.П. Ветро-волновые условия прибрежной зоны Азово-Черноморского региона. – Севастополь: ИПТС, 2017. – 319 с.

Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al. The ERA5 global reanalysis // Q. J. R. Meteorolog. Soc. – 2020. – No. 146 (730). – P. 1999–2049. DOI: 10.1002/qj.3803.



## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ

### ЛЕДНИКОВ ЭЛЬБРУСА В XXI ВЕКЕ

Постникова Т.Н.<sup>1</sup>, Рыбак О.О.<sup>1,2,3</sup>, Губанов А.С.<sup>4</sup>, Зеколлари Х.<sup>5,6</sup>, Хусс М.<sup>5,6,7</sup>

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

<sup>2</sup>ФИЦ СНЦ РАН, г. Сочи, Россия

<sup>3</sup>ФБГНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

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

<sup>4</sup>Earth System Science and Department of Geography, Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium

<sup>6</sup>Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology (VAW), ETH Zürich, Zürich, Switzerland

<sup>7</sup>Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), Birmensdorf, Switzerland

<sup>7</sup>Department of Geosciences, University of Fribourg, Fribourg, Switzerland

tasinidze@gmail.com

Эльбрус – высочайшая вершина Европы (5642 м), ныне спящий вулкан, покрытый тридцатью ледниками. При самых теплых сценариях изменения климата, почти все оставшиеся на Северном Кавказе ледники будут скоцентрированы на Эльбрусе (Postnikova et al., 2023). Нами рассмотрены 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. 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. Для проведения данного исследования была использована глобальная гляциологическая модель 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. Самое большое озеро на месте ледового плато Джикаугенкёз, 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:

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

Postnikova T., Rybak O., Gubanov A., Zekollari H., Huss M., Shahgedanova M. Debris cover effect on the evolution of Northern Caucasus glaciation in the 21st century // Frontiers in Earth Science. – 2023.

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.

## ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ОБЛАЧНОСТИ В ЭНЕРГОБАЛАНСОВЫХ МОДЕЛЯХ ГОРНЫХ ЛЕДНИКОВ

Рыбак О.О.<sup>1,2,3</sup>, Рыбак Е.А.<sup>2,3</sup>, Корнева И.А.<sup>3,4</sup>

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

<sup>2</sup>ФИЦ СНЦ РАН, г. Сочи, Россия

<sup>3</sup>ФБГНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия

<sup>4</sup>Институт географии РАН, г. Москва, Россия

o.o.rybak@gmail.com

Солнечная радиация вносит основной вклад в поверхностное таяние горных ледников. Два фактора регулируют эффективность воздействия солнечной радиации и режим таяния. Первый фактор, который определяет ослабление приходящей солнечной радиации на верхнюю границу атмосферы, это ее прозрачность. Ослабление потока радиации является следствием воздействия комплекса процессов, зависящих от состава атмосферы и присутствия разного рода примесей, и облачным покровом. Второй фактор определяется свойствами поверхности, на которую поступает и от которой частично отражается радиация (альбедо). Иногда в различных приложениях не разделяют прозрачность атмосферы, обусловленную особенностями ее состава, и облачность, а рассматривают их совместно, используя термин «интегральная пропускная способность».

Инструментальное измерение прозрачности атмосферы достаточно сложный процесс, однако прозрачность может быть косвенно оценена с использованием различных расчетных алгоритмов. Недостаток подобных расчетных методов заключается в том, что они, как правило, основаны на усредненных по времени параметрах состояния атмосферы, и не могут учесть короткопериодные вариации, обусловленные, например, сменой воздушных масс с различным содержанием примесей (пыли, аэрозоля и др.). В зависимости от типа облачности и высоты солнца, облака могут либо пропускать большую часть прямой солнечной радиации, либо не пропускать вовсе. Очевидно, что использование в расчетах общей облачности в соответствии с данными метеостанции без учета пропускающей способности облачного покрова, приведет к значительным искажениям в оценках энергетического баланса. Задерживая прямую радиацию, облачный покров, увеличивает долю рассеянной радиации в общем потоке, и при определенных обстоятельствах может усиливать поток длинноволновой радиации. Характеристики облачного покрова, определенные на сетевой метеостанции, и рассчитанные по данным наблюдений будут существенно различаться. Это обстоятельство обуславливает необходимость пересмотра некоторых устоявшихся общепринятых алгоритмов для расчета радиационных потоков в гляциологических моделях.

Проблема существенно осложняется в прогностических расчетах, когда необходимо прибегать к различного рода косвенным оценкам, «типичным значениям», стохастическим моделям и др. Это, естественно, приводит к росту неопределенности в результатах математического моделирования энергетического баланса на поверхности ледника, и, в конечном итоге, прогнозов его динамики и эволюции.

Для того чтобы модель адекватно воспроизводила энергообменные процессы на отдельно взятом леднике, необходима соответствующая настройка ключевых параметров по данным наблюдений. Это, естественно, снижает универсальность модельного подхода, и делает модель зависимой от конкретных физико-географических условий. Цель настоящего исследования заключается в том, чтобы по мере возможности сделать модельный подход более унифицированным. Для этого нами были проанализированы некоторые аспекты параметризации облачности в гляциологических моделях. В исследовании были использованы ряды наблюдений на автоматических метеостанциях на ледниках Джанкуат и Гарабаши на Центральном Кавказе и на сетевой метеостанции Терскол, которая находится в непосредственной близости от обоих ледников.

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

## АНОМАЛИИ ТЕРМИЧЕСКОГО ИНДЕКСА АПВЕЛЛИНГА В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

Серебренников А.Н., Полонский А.Б.

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

Аномалии термического индекса апвеллинга (ТИА) рассмотрены на примере тихоокеанских апвеллингов (Чилийского, Перуанского и Калифорнийского), входящих в восточную пограничную апвеллинговую систему (ВПАС). ТИА рассчитывается вычитанием среднего значения температуры поверхности океана (ТПО) в оффшорной (удаленной от берега) зоне из каждого значения в апвеллинговой зоне для каждой географической широты.

Каждая апвеллинговая система делилась на две части: северную и южную. ТПО и температурные аномалии рассчитывались за каждый день с 1982 по 2021 гг. с пространственным разрешением  $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ . Приповерхностный ветер (ПВ) рассчитывался за каждый день с 1988 по 2022 гг. с пространственным разрешением  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ . Ветер с модулем скорости меньшим 4 м/с в расчет не принимался.

Показано, что для северной и южной частей тихоокеанских апвеллингов максимальная площадь положительной аномалии ТПО в апвеллинговой зоне совпадает (с точностью до одного месяца) с максимальным по абсолютной величине ТИА. Утверждение справедливо и для отрицательной температурной аномалии за исключением северной части Чилийского апвеллинга, где подобное совпадение имеется только с минимальным значением ТИА. Положительные температурные аномалии по занимаемой площади в большинстве случаев существенно больше отрицательных. Поскольку в оффшорной зоне подобных аномалий не наблюдалось, то можно сделать вывод, что эти изменения обусловлены изменениями интенсивности апвеллингов, которые, в свою очередь, связаны с вариациями поля ПВ.

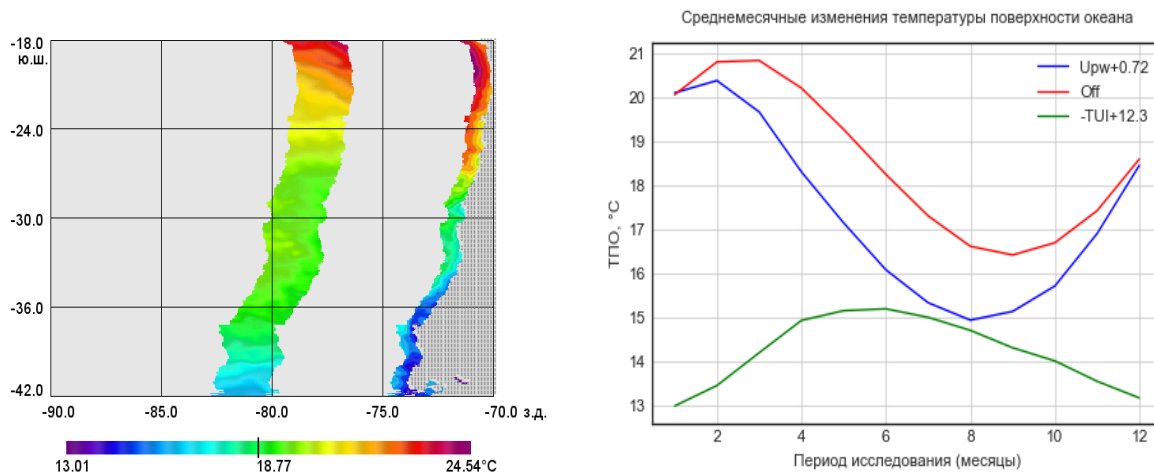


Рисунок 1 – Оффшорная и апвеллинговая зоны Чилийского апвеллинга (слева). Справа: сезонные изменения ТПО в оффшорной и апвеллинговой зонах (красная и синяя кривые) и ТИА для северной части Чилийского апвеллинга. Для наглядности к апвеллинговой кривой добавлена постоянная  $0,72^\circ\text{C}$ , кривая ТИА показана с обратным знаком и к ней добавлена постоянная  $12,3^\circ\text{C}$

**ТЕМПЕРАТУРА ПОВЕРХНОСТИ ОТКРЫТОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА,  
ВЕТЕР И ТЕРМИЧЕСКИЙ ИНДЕКС ВОСТОЧНЫХ ПОГРАНИЧНЫХ  
АПВЕЛЛИНГОВЫХ СИСТЕМ**

*Серебренников А.Н., Полонский А.Б.*

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

Рассматриваются тихоокеанские апвеллинги (Чилийский, Перуанский и Калифорнийский), входящие в восточную пограничную апвеллинговую систему (ВПАС). Анализируется влияние внешней (по отношению к апвеллингу и прилегающей к нему области) температуры поверхности океана (ТПО) на изменения термического индекса апвеллинга (ТИА), представляющего собой разность ТПО в прибрежной и оффшорной зонах. По данным о приповерхностном ветре рассмотрены тенденции межгодовых изменений суммы вертикальных скоростей экмановских транспорта и накачки.

ТПО и ТИА рассчитывались за каждый день с 1982 по 2021 гг. с пространственным разрешением  $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ . Приповерхностный ветер рассчитывался за каждый день с 1988 по 2022 гг. с пространственным разрешением  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ . Ветер с модулем скорости меньшим 4 м/с в расчет не принимался.

Климатические условия для апвеллинговой системы не могут быть одинаковыми в силу большой протяженности по широте. Поэтому каждая система делилась на две части: северную и южную. Например, Чилийская апвеллинговая система, имеющая протяженность  $24^\circ$  (более 2660 км), была разделена по южной широте  $30,0^\circ$ .

Для анализа влияния удаленной от апвеллинга ТПО на межгодовую изменчивость ТИА были выделены так называемые “внешние” районы. Они имеют протяженность по долготе  $5^\circ$ , удалены от зон апвеллинга и прилегающих районов на  $1^\circ$  и имеют такую же протяженность по широте, как и последние.

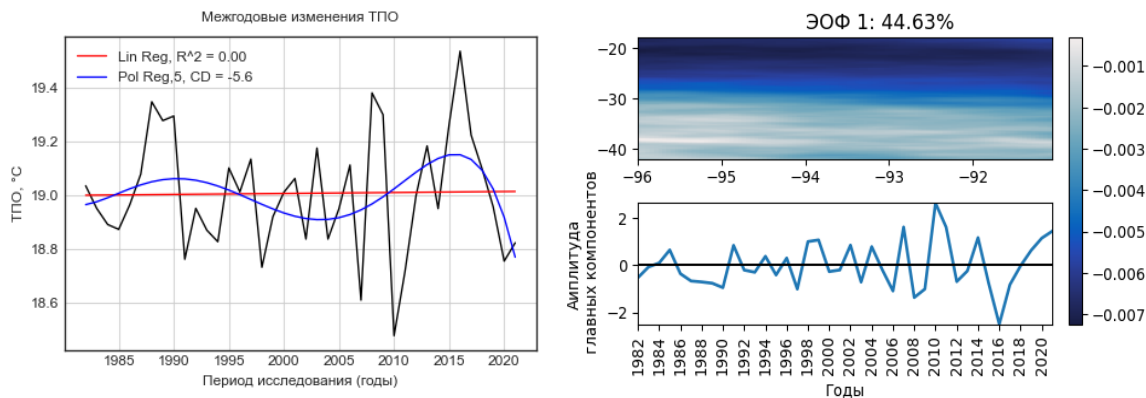


Рисунок 1 – Межгодовые изменения ТПО во “внешнем” районе Чилийского апвеллинга с координатами  $96,0^\circ - 91,0^\circ$  з.д. и  $42,0^\circ - 18,0^\circ$  ю.ш. (слева) и пространственная структура ЭОФ 1 (справа)

Согласно графикам межгодовых изменений ТПО (рис. 1, слева) и временного коэффициента главной компоненты (рис. 1, справа), температурный тренд во внешнем районе отсутствовал. Первая эмпирическая мода (ЭОФ 1), отвечающая за 44,6% суммарной дисперсии среднегодовых полей ТПО, показывает, что наибольшие межгодовые изменения отрицательных температурных аномалий пришлось на северную часть региона. Получено отсутствие интенсификации Чилийского апвеллинга по данным ТИА и установлена связь межгодовых изменений ТИА с вертикальными скоростями, обусловленными экмановским транспортом (ветровым сгоном) и накачки (связанной с горизонтальной неоднородностью поля ветра). Аналогичные результаты получены и для других ВПАС.

## ВЛИЯНИЕ СОБЫТИЙ ЭЛЬ-НИНЬО И ЛА-НИНЬЯ НА ЭКСТРЕМАЛЬНОСТЬ РЕКРЕАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМА

Стефанович А.А.<sup>1</sup>, Воскресенская Е.Н.<sup>1</sup>, Лубков А.С.<sup>1</sup>

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

Изменение климатических условий влияет на биоклиматическую комфортность и, соответственно, на характер рекреационной деятельности в Крыму. Среди крупномасштабных процессов в системе океан-атмосфера заметный вклад в изменчивость гидрометеорологических условий в Черноморско-Средиземноморском регионе вносит Южное Колебание, его две активных фазы – Эль-Ниньо (ЭН) и Ла-Нинья (ЛН).

Цель настоящей работы – выявить закономерности изменчивости биоклиматических показателей на территории Крыма в связи с межгодовыми процессами в системе океан-атмосфера – Эль-Ниньо и Ла-Нинья с учетом их типов. Информационной базой в работе послужили ежесуточные приземные данные реанализа ERA5 с пространственным разрешением  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  за период с 1950 по 2020 гг. для 22 метеостанций Крымского полуострова и доступные станционные наблюдения за 2005–2020 гг., которые использовались для нивелирования искажений применяемой базы данных. В качестве биоклиматических показателей рассматривались физиологически эквивалентная температура (PET), индекс духоты (E), индекс влажного ветрового охлаждения Хилла ( $H_w$ ). В качестве критериев экстремальных климатических условий вычислялись 5-й и 95-й процентиля среднесуточных аномалий биоклиматических индексов для каждого месяца. На этой основе рассматривалось число дней выше или ниже заданного относительного порога. С использованием метода композитов выявлены особенности и получены количественные оценки проявления откликов глобальных событий ЭН и ЛН с учетом наличия двух типов каждого из них в повторяемости экстремальных биоклиматических условий на территории Крыма.

Показано, что при разных типах событий ЭН и ЛН формируется особый характер экстремальных региональных откликов. Так, восточный тип ЛН характеризуется более холодными и ветреными зимой (январь-февраль) и весной (март-апрель) на всех станциях Крыма, и, соответственно, поздним началом весны. За счет увеличения количества теплых дней в сентябре увеличивается в целом продолжительность курортного сезона с комфортными условиями. Центральному типу ЛН соответствуют более ветреные и холодные дни в конце осени и начале зимы на всех станциях, а в теплый период года – более жаркое и душное лето и более комфортная по биоклиматическим условиям середина осени.

При восточном типе ЭН характер проявления откликов в холодный период года немного напоминает восточный тип ЛН, но увеличение холодных и ветреных дней начинается уже в ноябре и дискомфортные условия длятся по январь включительно. В такие годы ЭН март обычно более холодный и ветреный на станциях западного, юго-западного и северо-восточного Крыма. При этом регистрируется более позднее начало весны. В то же время, увеличение теплых дней в октябре на станциях северного, юго-западного и юго-восточного Крыма обеспечивает благоприятные рекреационные условия, удлиняя бархатный сезон. Центральному типу ЭН соответствует более холодный декабрь на станциях южного, юго-восточного и восточного Крыма, очень ветреные и холодные условия в конце зимы - середине весны на всех станциях. В то же время, при этом типе ЭН увеличивается количество теплых дней уже в мае, что позволяет начать купальный сезон в Крыму намного раньше.

Выявленные закономерности изменений биоклиматических показателей могут выступать регулирующим фактором при планировании и организации различных видов рекреационных мероприятий на территории Крыма и, таким образом, обеспечить более комфортные условия для отдыхающих и местных жителей, а также повлиять на продолжительность рекреационного периода.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института природно-технических систем (№ госрегистрации 121122300072-3).*

**ИЗМЕНЕНИЯ ВОЛН ТЕПЛА И КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ  $PM_{10}$   
В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ**

*Сухонос О.Ю., Воскресенская Е.Н., Егоркин А.А.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
kovalenko\_olga89@mail.ru

Согласно последним отчетам Межправительственной группы экспертов по изменению климата и Росгидромета, последние десятилетия характеризуются увеличением частоты волн тепла. Погодные условия, наблюдающиеся во время волн тепла, могут приводить к увеличению концентрации загрязняющих веществ. Изменения частоты таких явлений находят отражения в состоянии здоровья населения (повышение риска смерти), сельского хозяйства (риск возникновения лесных пожаров, снижению урожайности).

Целью работы является анализ изменений летних волн тепла и концентрации частиц  $PM_{10}$  в Азово–Черноморском регионе (АЧР), ограниченном координатами  $40^{\circ}$ – $49^{\circ}$  с.ш.,  $25^{\circ}$ – $45^{\circ}$  в.д. Для этого привлекались среднесуточные данные о температуре воздуха на высоте 2 м из реанализа ERA5 (Hersbach et al., 2020), среднемесячные величины концентрации частиц  $PM_{10}$  по результатам расчетов модели EMEP MSC-W версии rv4 (Simpson et al., 2012) за период 1990–2020 гг. в АЧР, а также среднемесячные величины индексов Североатлантического колебания (САК), Восточноатлантического колебания (ВАК), колебания Восточная Атлантика – Западная Россия (ВАЗР), Скандинавского колебания (СКАНД) за период 1950–2022 гг.

В целом полученные в настоящей работе оценки долгопериодных изменений характеристики волн тепла в АЧР согласуются с результатами глобальных и региональных исследований. Увеличение количества летних волн тепла и их продолжительности, особенно в последние 30 лет (до 1,4 события/10лет и до 1 дня/10 лет, соответственно) происходит на фоне глобального потепления. При этом наиболее интенсивные волны тепла (например, событие 2010 года) сопровождались повышенной концентрацией частиц  $PM_{10}$ .

Чтобы определить физические механизмы, ответственные за колебания в частотно-временном пространстве в анализируемых рядах, исследована связь с крупномасштабными циркуляционными процессами. Такой анализ выполнен с помощью инструментов кросс-вейвлет преобразования и вейвлет-когерентности. Временные ряды характеристик летних волн тепла, концентраций частиц  $PM_{10}$  показали значимые связи с САК, ВАК, ВАЗР. Для разных индексов циркуляции различаются фазовые соотношения во временных рядах. Изменчивость индекса САК с колебаниями характеристик волн тепла на периоде 8–12 лет находятся в противофазе, тогда как изменчивость САК на этом же периоде опережает колебания концентрации  $PM_{10}$ . Колебания рассматриваемых климатических характеристик на периоде 1–4 года опережают изменения индекса ВАК примерно на 0,5 года. Значимые области когерентных колебаний между индексом ВАЗР и климатическими характеристиками характерны лишь для концентрации  $PM_{10}$ , а между СКАНД – для количества летних волн тепла и их продолжительности. Таким образом, колебания в рядах климатических индексов и в рядах характеристик волн тепла, концентрации частиц  $PM_{10}$  тесно связаны. Это будет находить отражение в качестве атмосферного воздуха, что открывает в дальнейшем перспективу возможности долгосрочного прогнозирования изучаемых аномалий.

*Работа выполнена в рамках госзадания ИПТС, № госрегистрации 121122300072-3.*

Список использованной литературы:

Hersbach H., Bell B., Berrisford, P. et al. The ERA5 global reanalysis // Q. J. R. Meteorol. Soc. – 2020. – Vol. 146. – P. 1999–2049.

Simpson D., Benedictow A., Berge H. et al. The EMEP MSC-W chemical transport model – technical description Atmos // Chem. Phys. – 2012. – Vol. 12 (16). – P. 7825–7865.



## СВЯЗЬ СОВМЕСТНЫХ ЭКСТРЕМУМОВ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ОСАДКОВ С МОДАМИ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ В ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ

Сухонос О.Ю., Вышкваркова Е.В.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
aveiro\_7@mail.ru

Недавние исследования показывают увеличение частоты совместных экстремумов температуры воздуха и осадков во многих частях мира, особенно в засушливых и жарких условиях.

В работе анализируется связь совместных экстремумов температуры воздуха и осадков с режимами атмосферной циркуляции, оказывающих наибольшее влияние в Атлантико-Европейском регионе, на территории Восточной Европы за последние 60 лет. В качестве совместных экстремумов использовались комбинации экстремальных температур и осадков (индексы) — холодно/сухо (cold-dry – CD), холодно/влажно (cold-wet – CW), тепло/сухо (warm-dry – WD) и тепло/влажно (warm-wet – WW). Индексы совместных экстремумов рассчитывали по данным E-OBS.

Оценки связи между двумя временными рядами проводились с использованием стандартного корреляционного и композитного анализа, а также кросс-вейвлет анализа.

Фазовые соотношения и временные интервалы для разных климатических индексов были разными. Период наибольших колебаний индексов совместных экстремумов составлял от 4 до 12 лет и наблюдался в период 1970–2000 гг. Когерентные колебания во временных рядах индексов WD и WW и индекса Североатлантического колебания (САК) происходили скорее синфазно, во временных рядах индексов CD и WD и индекса Арктического колебания (АО) – в противофазе, а во временных рядах индексов WD и WW и индекса Скандинавской осцилляции (SCAND) произошли в противофазе (рис. 1). Статистически значимое увеличение числа теплых совместных экстремумов обнаружено для северных частей исследуемого региона в зимний сезон с положительными фазами САК и АО (Sukhonos and Vyshkvarкова, 2023).

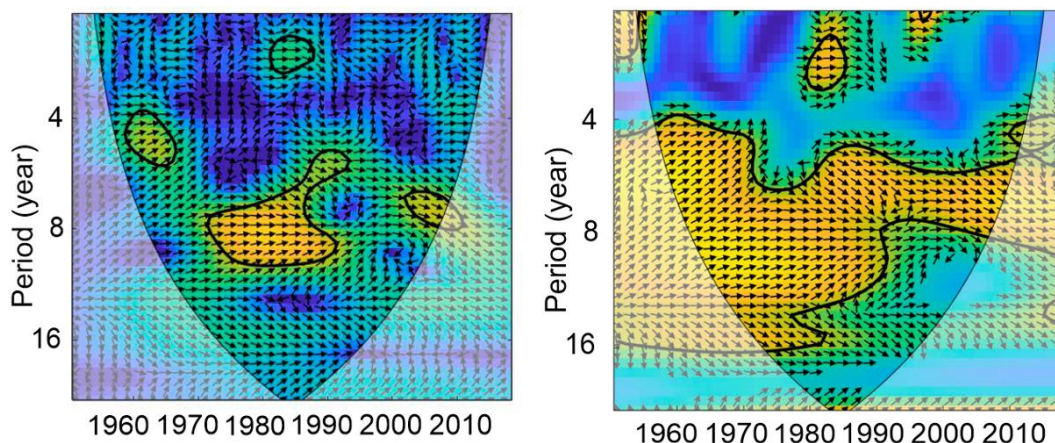


Рисунок 1 – Кросс-вейвлет-спектр (слева) и вейвлет-спектр когерентности (справа) между индексом WD и САК для зимнего сезона.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института природно-технических систем (№ госрегистрации 121122300072-3).*

Список использованной литературы:

Sukhonos O., Vyshkvarкова E. Connection of Compound Extremes of Air Temperature and Precipitation with Atmospheric Circulation Patterns in Eastern Europe // *Climate*. – 2023. – № 11. – e98. DOI: 10.3390/cli11050098.

**ВЛИЯНИЕ ИНДООКЕАНСКОГО ДИПОЛЯ НА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА АФРИКАНСКО-ЕВРОПЕЙСКОГО РЕГИОНА**

*Торбинский А.В., Полонский А.Б., Губарев А.В.*

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

Индоокеанский диполь (ИД) представляет собой одну из основных мод, характеризующих межгодовую изменчивость крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы в экваториально-тропической зоне Мирового океана (Saji, 2018). Это явление, в первую очередь, проявляется в виде аномального переноса влаги, сопровождающегося обильными осадками или, наоборот, аномальными засухами и наносит серьезный ущерб странам, расположенным как на восточном, так и на западном побережье Индийского океана.

Что касается влияния ИД на Европейский регион, ранее авторами уже удалось выделить в полях приземной температуры воздуха (ПТВ) статистически значимый сигнал, связанный с независимыми от Эль-Ниньо Южного колебания (ЭНЮК) событиями ИД, как в летний, так и в осенний периоды (Полонский и др., 2022). Было показано, что во время положительной фазы ИД, аномалии ПТВ могут достигать значений +3–4°C.

В данной работе проводится количественная оценка влияния ИД на межгодовую изменчивость ПТВ в Африканско-Европейском регионе. Расширение исследуемой области за счет добавления к ней Северной Африки связано с тем обстоятельством, что наличие значимого сигнала ИД в Европейском регионе в летне-осенние месяцы может быть обусловлено изменением интенсивности конвективных процессов над Северной Африкой.

В работе использованы результаты глобального атмосферного ре-анализа ERA5, за период 1968–2022 гг. по ПТВ с месячным разрешением с месячным разрешением в узлах регулярной сетки 0,25° x 0,25°. Исследовалась область, ограниченная координатами 0°–55° с.ш. и 10° з.д. – 50° в.д. Полученные временные ряды ПТВ для летне-осенних месяцев сравнивались с климатическим индексом ИД. Для анализа пространственно-временной изменчивости полей ПТВ использовался традиционный и хорошо апробированный метод эмпирических ортогональных функций (ЭОФ).

Выделен статистически значимый сигнал в поле ПТВ над Африканско-Европейским регионом в летне-осенний период, связанный с ИД. Показано, что это явление значительно влияет на первую эмпирическую моду поля ЭОФ в поле ПТВ с июня по октябрь с максимальным (по модулю) значением коэффициента корреляции (–0,46 в октябре) и вносит соответственно ~13% в общую дисперсию ПТВ. Кроме того, продемонстрировано, что изменчивость метеорологических параметров в Северо-Африканском регионе, в летне-осенний период, может оказывать влияние на климат Европы, вероятней всего, через меридиональный перенос воздушных масс во время явления ИД.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Фундаментальные исследования процессов в климатической системе, определяющих пространственно-временную изменчивость природной среды глобального и регионального масштабов (№ госрегистрации 121122300074-7)*

Список использованной литературы:

Saji N.H. The Indian Ocean Dipole // Oxford Research Encyclopedia of Climate Science. – 2018. – P. 1–46.

Полонский А.Б., Торбинский А.В., Губарев А.В. Отклик в полях приземной температуры воздуха Европейского региона на Индоокеанский диполь // Системы контроля окружающей среды. – 2022. – Вып. 4 (50). – С. 6–14. DOI: 10.33075/2220-5861-2022-4-6-14.



**ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ И ПРИНЦИПЫ УЧЕТА  
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ  
СЛОЖНОГО РЕЛЬЕФА ПРИ КЛИМАТИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ  
ЭКОНОМИКИ**

*Фасолько Д.В. Пигольцина Г.Б.*

Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, г. Санкт-Петербург, Россия  
dvfasolko@mail.ru

Для устойчивого функционирования объектов инфраструктуры в условиях сложного рельефа необходима детальная микроклиматическая оценка изменения различных климатических характеристик (базовых и специализированных). Использование в горных районах исключительно данных метеостанций, без учёта морфометрических показателей рельефа, увеличивает риск негативных локальных экологических последствий и экономических ущербов. Большинство климатических характеристик в значительной степени зависят от формы рельефа и высоты места, включая характеристики снежного покрова, которые наиболее трудно поддаются учету за счет высокой пространственной изменчивости. При проектировании хозяйственных объектов проектировщики в основном используют СП «Нагрузки и воздействия», где приведена карта районирования снеговой нагрузки. Существенным недостатком такого районирования является масштаб карты, который не позволяет учитывать особенности мезо- и микрорельефа и детально оценить снеговую нагрузку для определенных участков в рельефе. К тому же на карте выделены значительные территории малоизученных (горных) районов, где недостаток метеорологической информации не позволил провести более детальное районирование.

В докладе представлен метод оценки пространственного распределения характеристик снежного покрова в условиях сложного рельефа, основанный на использовании кластерного анализа, который позволяет подобрать метеостанции, находящиеся на разных высотах, но в однородных микроклиматических условиях, для получения вертикального распределения высоты снежного покрова в исследуемом регионе (Пигольцина и др., 2013, 2020, 2022). Однако этот подход не везде применим, поскольку в горных районах могут отсутствовать данные метеонаблюдений. В этом случае, авторы доклада предлагают методику, основанную на использовании данных кратковременных маршрутных наблюдений за снежным покровом (Фасолько и др., 2022). Разработанные методы позволяют установить закономерности распределения снежного покрова в различных горных системах и количественно оценить пространственную изменчивость специализированных показателей снежного покрова.

Полученные результаты дают возможность актуализировать существующую систему таблиц микроклиматической изменчивости, существенно дополнив её показателями снежного покрова для их дальнейшего использования при проектировании и эксплуатации объектов инфраструктуры в сложных условиях рельефа.

Список использованной литературы:

Пигольцина Г.Б., Зиновьева Н.А. Пространственное распределение высоты снежного покрова в горном кластере территории проведения Зимних Олимпийских игр «Сочи-2014» // Труды ГГО. – 2013. – Вып. 569. – С. 137–147.

Пигольцина Г.Б., Фасолько Д.В. Микроклиматический подход к оценке пространственной изменчивости характеристик снежного покрова в сложном рельефе при недостаточной метеорологической информации // Труды ГГО. – 2020. – Вып. 599. – С. 26–44.

Пигольцина Г.Б., Фасолько Д.В. Методика расчёта пространственного распределения высоты снежного покрова в сложных условиях рельефа при недостаточной метеорологической информации (на примере Анюйского хребта) // Метеорология и гидрология. – 2022. – № 2. – С. 45–52.

Фасолько Д.В., Пигольцина Г.Б. Усовершенствование технологии учета микроклиматической информации при расчетах специализированных характеристик снежного покрова на пример горного рельефа Северного Кавказа // Труды ГГО. – 2022. – Вып. 605. – С. 25–40.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ СТРУЙНОГО ЗОНАЛЬНОГО  
ВЕТРОВОГО ТЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ИСКУССТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ И СТОКОВ ЗАВИХРЕННОСТИ**

*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 с учетом реальных географических особенностей рассматриваемой акватории на примере Северной Атлантики. Северная Атлантика как акватория имеет не прямоугольную, а трапециевидную форму. Вследствие этого существенной особенностью применяемой численной схемы является включение в нее дополнительных источников и стоков, имеющих физический смысл. Таким образом, вихревые поля, генерируемые в результате бароклинной неустойчивости струйного течения к северу и югу от него, имеют различные условия распространения. Эти условия можно сформулировать следующим образом:

а) численное значение меридионального градиента параметра Кориолиса (бета-эффект) в северной части акватории незначительно, но ниже, чем в южной, что дает соответствующую разницу в фазовой скорости распространения волн Россби;

б) площадь северной части «трапеции» существенно меньше, чем южной, что дает гораздо большую плотность упаковки вихрей в циклонической части круговорота;

в) линейное зональное расстояние от района генерации вихрей до западного берега в северной части существенно меньше, чем в южной, что дает большее время распространения антициклонических вихрей к зоне западного пограничного течения.

Основное внимание в работе уделено изменению зональной протяженности акватории Северной Атлантики в зависимости от географической широты. Фактическое решение системы уравнений, описывающих крупномасштабную циркуляцию, осуществляется в квадратной расчетной области, при этом применение искусственных источников и стоков относительной завихренности позволяет учесть реальную географию акватории, при этом численные расчеты выполняются, как и ранее, в квадратной расчетной области. Сток отрицательной завихренности формируется вблизи западного берега расчетной области, а источник алгоритмически организован через равномерное перераспределение удаленной отрицательной завихренности по всей остальной части расчетной области, в которой завихренность отрицательна, так, чтобы суммарное количество завихренности обоих знаков оставалось неизменным. Начальное поле представляет собой струйное течение, распадающееся из-за бароклинной неустойчивости на удалении приблизительно 4.0 безразмерных единицы в зональном направлении, в этот момент был применен механизм искусственного включения в численную схему стока отрицательной завихренности в районе узкого западного пограничного слоя. В результате через 6000 суток модельного времени структура течения вблизи западного берега кардинально изменилась: северная часть западного пограничного течения, существенно удлинилась и достигла более низкой широты в сравнении с начальным полем, струйное течение, выйдя из района зарождения резко направились к северу и, достигнув середины расчетной области в меридиональном направлении, развернулось на восток. Разворот струйного течения на восток происходит на той же самой широте, где располагалось формирование струйного течения при традиционном численном моделировании, а именно, на широте, на которой изменяется знак ветрового потока завихренности с циклонического на антициклонический.

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ СТРУЙНОГО  
ЗОНАЛЬНОГО ВЕТРОВОГО ТЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
КОМБИНИРОВАННОЙ ДИССИПАЦИИ**

*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 с одновременным использованием двух механизмов диссипации завихренности на подсеточных пространственных масштабах: спектральной фильтрации высших гармоник и обычной вязкости с очень маленьким коэффициентом под действием стационарного неоднородного внешнего потока завихренности, моделирующего воздействие ветра на океан. При такой параметризации диссипативный оператор воздействует только на мелко-масштабную часть спектра энергии и энтропии, остальной спектральный динамический диапазон такому воздействию не подвергается в отличие от использования бигармонической вязкости, которая одновременно с выполнением функции обеспечения стока энергии на масштабах сравнимых с пространственным шагом расчетной сетки воздействует абсолютно на все гармоники структуры течений, хотя и в меньшей степени в сравнении с малыми масштабами.

Данное обстоятельство может быть причиной искажения физических процессов в энергонесущей части спектра. Одним из результатов использования комбинированной диссипации является уменьшение интенсивности стока энергии и энтропии в малые масштабы и развитие струйного течения при меньших значениях ветровой нагрузки в сравнении с аналогичными численными экспериментами выполненными с бигармонической вязкостью. Дополнительной возникшей проблемой использования комбинированной диссипации является увеличение характерных временных периодов адаптации моделируемых процессов к изменению внешних параметров задачи, прежде всего к изменяющейся интенсивности силы ветра.

В работе продемонстрирована эволюция вихревого поля на масштабах близких к масштабу Россби. Эксперименты были проведены для двух значений интенсивности ветра, отдельно проанализированы временные и энергетические параметры изменения интенсивности циркуляции, отдельный акцент сделан на процессе формирования интенсивных вихревых рингов. Выделены основные временные масштабы колебаний энергии верхнего слоя.

По сравнению с экспериментами с бигармонической вязкостью данная работа продемонстрировала возможность образования вихрей с модулем завихренности, превышающим модуль завихренности основного течения, что подтверждает сугубо нелинейный механизм усиления таких вихрей ввиду невозможности усиления их за счет адвекции, кроме того переход планетарной завихренности в относительную такого эффекта не даст. Во-первых, из-за отсутствия меридионального переноса в направлении широты покоя, а, во-вторых, просто из-за незначительного меридионального градиента планетарной завихренности.

Эксперименты были проведены для двух значений интенсивности ветра, отдельно проанализированы временные и энергетические параметры изменения интенсивности циркуляции, отдельный акцент сделан на процессе формирования интенсивных вихревых рингов. Выделены основные временные масштабы колебаний энергии верхнего слоя.

## **ВЫЯВЛЕНИЕ СКРЫТЫХ ПЕРИОДИЧНОСТЕЙ В МАСС-БАЛАНСОВЫХ СЕРИЯХ ЛЕДНИКА ДЖАНКУАТ**

*Хорошунова Д.А.*

Филиал МГУ в г. Севастополе, г. Севастополь, Россия

dashakhoroshunova@gmail.com

Любое использование ледников сопряжено с необходимостью выявления и изучения основных тенденций в динамике оледенения. Исследование цикличности в количественных рядах балансовых характеристик ледников тесно связано с пониманием механизма явлений и возможностью создания прогностических расчётов. Ледник Джанкуат, для масс-балансовых серий которого выполнен гармонический анализ, является не только резервуаром пресной воды в регионе, но и опорным объектом для изучения динамики ледников всего Центрального Кавказа. В связи с этим выявление той или иной периодической составляющей в рядах аккумуляции, абляции и баланса массы ледника имеет как практическое, так и научное значение и в контексте современных климатических изменений является одной из самых актуальных задач современной гляциологии (IPCC, 2019).

Чтобы выполнить анализ, необходим максимально длинный ряд наблюдений балансовых характеристик ледника. Прямые инструментальные наблюдения на леднике Джанкуат ведутся с 1967 года и по настоящее время, но ученым-гляциологам удалось пролонгировать ряд наблюдений до продолжительности 151 года, используя косвенно реконструированные данные, полученные на основе данных метеонаблюдений в период отсутствия гляциологических измерений. После удаления линейного тренда были построены периодограммы, балансовых характеристик ледника, представляющие собой спектральную плотность сигнала, а также графики интегрированных периодограмм, с помощью которых можно выделить статистически значимые периодичности. Графики были построены отдельно для значений, полученных с помощью прямых наблюдений, для значений, реконструированных по косвенным данным и для всего ряда наблюдений в целом (1871–2022 гг.).

В итоге, в рядах аккумуляции в период с 1967 по 2022 гг. (прямые измерения) значимых периодичностей не обнаружено. Однако в рядах с 1871 по 1967 гг. (реконструированные значения) и на всём периоде наблюдений, с 1871 по 2022 гг., на 95% уровне значимости менее 5% в общую дисперсию ряда вносят гармоники с периодичностью в 4,8 и 3,4 года. При этом у всех балансовых компонент ледника графики интегрированных периодограмм визуально схожи для периодов 1871–2022 гг. и 1871–1966 гг. Вероятно, это объясняется достаточной для статистического анализа длиной ряда реконструированных значений. Выявленная периодичность может быть связана с межгодовыми аномалиями осадков и в меньшей степени температуры. В свою очередь межгодовые колебания температуры и осадков, влияющие на балансовые характеристики ледников, могут объясняться изменчивостью климата, обусловленной динамикой крупномасштабных циркуляционных процессов.

Список использованной литературы:

IPCC, 2019: Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. In press. – 755 p.

## **ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ДЛЯ ГОРНОЙ СИСТЕМЫ ДЖУНГАРСКОГО АЛАТАУ**

*Чередниченко А.В., Чередниченко В.С., Чередниченко А.В.*

Алматинский университет энергетики и связи г. Алматы, Казахстан  
geliograf@mail.ru

Сегодня проблема изменения климата является одной из важнейших проблем человечества и одним из основных вызовов нашего времени. Так как фактически вопрос может затрагивать не только отдельные сектора экономики стран, или государств в целом, например, такие как Кирибати или Тувалу. Вопрос по сути глубже, он затрагивает выживаемость человека как вида, а также затрагивает безопасность его жизнедеятельности (Байдал, 1964). В этом плане очень важной задачей является проявление изменения климата в предгорных и горных районах (Ким, 1996; Лобанов, Анисимов, 2003; Подрезов и др., 2001).

В первую очередь в условиях аридного климата Центральной Азии, где наиболее населенными являются именно предгорные зоны, и где расположены наиболее продуктивные земли и имеются ресурсы воды. Здесь, хозяйская и рекреационная деятельность может затрагивать довольно высокогорные районы доходя до ледников. Соответственно, весьма важно определить, как быстро произойдет смещение климатических зон, и как они сдвинутся по отношению к современным условиям.

Для данного исследования мы выбрали сценарии, разработанные с использованием методов гармонического анализа рядов наблюдений за температурой и осадками с аппроксимацией полинома шестой степени (Бабкин, 2005). Основные гармоники, выделенные из временного ряда и сложенные с трендом (тоже в виде синусоиды) показывают, тенденцию дальнейшего изменения температуры или осадков. Поскольку согласно нашим представлениям каждая гармоника – это отдельно выделенный физический фактор, воздействующий на климатическую систему, то при сохранении прочих условий будут формироваться и климатические факторы в регионе (Хохлов, 2007; Чередниченко, 2010; Чередниченко и др., 2013; Чередниченко, 2015).

Предложенные методы были успешно адаптированы авторами для оценки и прогноза климата Казахстана, включая предгорные и горные районы (Хохлов, 2007; Чередниченко А.В., 2001; Чередниченко, 2010; Чередниченко и др., 2013; Чередниченко, 2015). На начальной стадии прогнозирования для данного региона в условиях общей неопределенности климатических прогнозов мы ограничились выбором средних месячных температур и осадков и их изменением за 30 лет. Периоды, более отдаленные, пока не поддаются адекватной экспертной оценке.

В настоящее время, согласно Седьмому Национальному докладу РК об изменении климата отмечается, что в среднем по Казахстану скорость повышения среднегодовой температуры воздуха составляет 0,28 °С каждые 10 лет. По сезонам в целом по Казахстану наибольший рост температур происходит весной и осенью – на 0,30 и 0,31 °С/10 лет, немного меньше зимой – на 0,28 °С/10 лет, летом наблюдается наименьшая скорость повышения температуры – на 0,19 °С/10 лет. В большинстве случаев тренды статистически значимы при 95 % доверительном интервале, вклад тренда в суммарную дисперсию среднегодовых температур составляет 40 %, для сезонов – от 7 до 27 % (Седьмое..., 2018).

В среднем по Казахстану во все сезоны наблюдается слабая тенденция (статистически незначимая) к уменьшению количества осадков примерно на 0,7 мм/10 лет, за исключение зимнего сезона, когда тенденция к увеличению осадков составляет 1,5 мм/10 лет и является значимой. Таким образом, в изменениях режима осадков за исследуемый период сохраняется значимая тенденция к увеличению осадков в зимний период и к уменьшению их в остальные сезоны (Седьмое..., 2018).

В Казахстане наблюдается рост отдельных экстремальных метеорологических явлений, которые по своей интенсивности, масштабу распространению и продолжительности могут вызвать отрицательные последствия для жизнедеятельности людей, экономики и окружающей среды, похожие оценки получены и для других регионов (Хохлов, 2007; Сыромятина, 2010; Чередниченко А.В., 2015).

Для расчета мягкого сценария применялся метод гармонического анализа, которым удалось выделить три климатические гармоники со следующими периодами: 53 года и амплитудой 1,0°С;

33 года и амплитудой 0,7°C; 23 года и амплитудой 0,4°C. Примечательно, что в начале XX века все три гармоники с суммарной амплитудой более 2°C почти одновременно имели максимум, после чего их амплитуды начали уменьшаться. В результате анализа смещения гармоник во времени, были построены три вероятных сценария изменения температуры, для Джунгарского Алатау.

Таблица 1 – Значения средних месячных показателей температуры и осадков для текущего состояния климата, его прогноза по среднему и жесткому сценариям через 30 лет для части среднегорья Джунгарского Алатау

|                  | Янв  | Фев  | Мар  | Апр | Май  | Июн  | Июл | Авг  | Сен  | Окт | Нояб | дек  | Среднегодовая температура  | Амплитуда |
|------------------|------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|----------------------------|-----------|
| Температура      |      |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      |                            |           |
| В данный момент  | -6,4 | -5,6 | -1,5 | 5,5 | 10   | 14   | 16  | 15,5 | 11   | 4,8 | -1,1 | -4,2 | 4,8                        | 22,4      |
| Мягкий сценарий  | -5,9 | -5,3 | -1,5 | 5,7 | 10,1 | 14   | 16  | 15,5 | 11   | 4,8 | -1,3 | -4,4 | 4,9                        | 21,9      |
| Жесткий сценарий | -5,4 | -4,8 | -1,3 | 6,1 | 10,3 | 14,2 | 16  | 15,3 | 10,9 | 4,4 | -1,6 | -4,5 | 5,0                        | 21,4      |
| Осадки           |      |      |      |     |      |      |     |      |      |     |      |      | Годовое количество осадков |           |
| В данный момент  | 39   | 35   | 62   | 92  | 114  | 96   | 90  | 45   | 48   | 81  | 75   | 54   | 831                        |           |
| Мягкий сценарий  | 38   | 37   | 67   | 98  | 119  | 103  | 98  | 49   | 48   | 81  | 76   | 56   | 870                        |           |
| Жесткий сценарий | 34   | 37   | 65   | 96  | 118  | 99   | 94  | 48   | 42   | 76  | 72   | 51   | 832                        |           |

**Выводы.** Не смотря на прогнозы, нельзя забывать, что это горная система и изменение распределения осадков и температуры может изменить высотную поясность растений и разнообразие биологических видов, которые здесь обитают. Кроме того, представленные выводы характеризуют в целом горную систему, в то время, как для каждого из четырех характерных поясов Джунгарского Алатау приведенные изменения могут существенно отличаться от прогнозируемых диапазонов, как в положительную, так и в отрицательную сторону. Более того, на фоне изменения средних температур и сумм выпадающих осадков, важную роль могут сыграть кратковременные, экстремальные опасные явления, например, как это произошло 17 мая 2011 года, в результате которого вся лесная зона на склонах ущелья рядом с Медео была уничтожена, за редким исключением. Это безусловно осложняет трактовку данных, и их практическое применение. Однако, при выяснении общих тенденций изменения климата, можно понять выживаемость отдельных видов в новых климатических условиях и определить возможную их выживаемость с учетом времени на миграцию и адаптацию к новым условиям. В перспективе это дает возможность оценивать уязвимость видов в том числе и эндемиков (Dujsebayeva, Malakhov, 2017; Malakhov et al., 2018).

Необходимо понимать, что горный кластер будет меняться как сверху, так и снизу. В частности, отступление ледников будет способствовать образованию различных процессов, в том числе сужению климатической поясности. Снизу будет наступать зона степей и полупустынь, а сверху наступать эрозионные процессы, препятствующие быстрой адаптации и закреплению новых видов. При изменении средней температуры на 1°C климатический пояс может сместиться вертикально на 140–160 метров (местами и больше), что очень существенно для горной системы и критично для видов, которые обитают в пограничной зоне между поясами. Особенно для видов, которые обитают в зоне между ледниками и кустарниковой растительностью, так как здесь качественный переход будет наиболее продолжительный.

Отметим, что в условиях низкогорья и среднегорья такое смещение может оказаться критическим для некоторых видов, так как некоторым из них найти свою климатическую нишу, будет просто негде, что может привести к риску полного исчезновения некоторых видов как растений, так и животных.

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ С ИНДЕКСАМИ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ЦЕНТРЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Шишкин Г.И., Гурьянов В.В.

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

mr.GoraShi@mail.ru

Общая циркуляция атмосферы является определяющим фактором создания и поддержания погодных и климатических условий любого района на Земле.

Цель данного исследования – дать оценку влияния крупномасштабных механизмов атмосферной циркуляции на характер термического режима центральных районов европейской части России (далее – ЕЧР – IV квазиоднородный климатический регион: 50–63° с.ш. и 30–60° в.д.). На рассматриваемой авторами территории ярко проявляется преобладание западного переноса воздуха во всей толще тропосферы. В качестве исходного материала были применены данные реанализа ERA5 по температуре приземного воздуха за период с 1979 по 2021 гг. Выбор данных реанализа был обусловлен отсутствием пропусков и излишних неоднородностей в рядах. Для описания атмосферной циркуляции были использованы среднемесячные ряды наиболее информативных индексов за тот же период: Североатлантическое колебание (NAO), Арктическое колебание (АО), Скандинавское колебание (SCAND), колебание между Восточной Атлантикой и Западной Евразией (EA/WR). Результаты установленных связей для центральных месяцев сезонов года представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение коэффициентов линейной корреляции между рядами температуры (Т) и индексами ЦА (1979–2021 гг.), в центре ЕЧР ( $r$  100)

| $r$       | Январь   | Апрель   | Июль  | Октябрь  |
|-----------|--|--|---|--|
| Т и NAO   | от <b>75</b> на СЗ (60° с.ш.; 37° в.д.) до <b>35</b> на ЮВ (51° с.ш.; 47-60° в.д.)                 | от <b>15</b> на СЗ (62° с.ш.; 31° в.д.) до <b>-20</b> в центр.части (54° с.ш.; 41° в.д.) | от <b>около нулевых значений</b> на С (севернее 58° с.ш.) до <b>-30</b> на Ю (южнее 52° с.ш.) | от <b>40</b> на СЗ (62° с.ш.; 32° в.д.) до <b>-30</b> на ЮВ (53° с.ш.; 56° в.д.)                 |
| Т и АО    | от <b>65</b> на З (западнее 37° в.д.) до <b>40</b> на СВ (восточнее 50° в.д.)                      | от <b>20</b> на С (севернее 62° с.ш.) до <b>0</b> на большей части территории            | от <b>20</b> до <b>35</b> на большей части территории   | от <b>50</b> на СЗ (60° с.ш., 33° в.д.) до <b>-5</b> на ЮВ (южнее 52° с.ш. и восточнее 47° в.д.) |
| Т и SCAND | от <b>-10</b> на СЗ (61° с.ш.; 33° в.д.) до <b>70</b> на ЮВ (южнее 53° с.ш. и восточнее 52° в.д.)  | от <b>35</b> на З (западнее 33° в.д.) до <b>-40</b> на В (восточнее 57° в.д.)            | от <b>60</b> на СЗ (61° с.ш.; 33° в.д.) до <b>0</b> на В (восточнее 57° в.д.)                 | от <b>10</b> на З (западнее 33° в.д.) до <b>-50</b> на В (восточнее 58° в.д.)                    |
| Т и EA/WR | от <b>10</b> на З (западнее 31° в.д.) до <b>-20</b> на СВ (севернее 60° с.ш. и восточнее 49° в.д.) | от <b>-50</b> до <b>-70</b> на большей части территории                                  | от <b>-20</b> на З (западнее 33° в.д.) до <b>-75</b> на В (восточнее 49° в.д.)                | от <b>-60</b> на С (севернее 60° с.ш.) до <b>-20</b> на Ю (южнее 52° с.ш.)                       |

Таким образом, в ходе работы были отмечены тесные положительные связи:

- С индексом NAO – в холодный период года (преимущ. в СЗ областях центра ЕЧТР);
- С индексом АО – в холодный период года (преимущ. в СЗ областях центра ЕЧТР);
- С индексом SCAND – в холодный период (в ЮВ обл-х); в теплый период (в СЗ обл-х); Наиболее тесные отрицательные связи отмечены:
- С индексом SCAND – в теплый период (в восточных областях);
- С индексом EA/WR – преимущественно в теплый период года.

## **СЕКЦИЯ 3**

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**





## КРИТЕРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ КОЛИЧЕСТВА СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В СТРУКТУРЕ ГИБРИДНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Аблаев Р.Р.<sup>1</sup>, Клименко А.Г.<sup>2</sup>, Дологлонян А.В.<sup>2</sup>

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

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

Ablaev.expert@mail.ru, kag195877@gmail.com, dologlonyan@mail.ru

Выбор оптимальной структуры гибридных солнечных газотурбинных установок является актуальной задачей (Atef et al, 2020). При структурно-параметрическом синтезе таких систем выбор структуры газотурбинной установки и режимов его работы представляет собой прежде всего техническую задачу. В то время, как выбор оптимальной структуры и количества солнечных коллекторов в гибридных установках невозможно решить исключительно путем технической оптимизации. Поскольку использование солнечных коллекторов в таких установках всегда дает положительных технический эффект в виде постоянного роста суммарной экономии топлива.

Для оптимизации количества солнечных коллекторов в этом случае требуется применение технико-экономического критерия. В работе (Аблаев, Дологлонян, 2023) в качестве критерия оптимизации количества солнечных коллекторов энергетической установки был предложен коэффициент, который отражает удельные приведенные затраты, приходящиеся на 1 ден.ед./год приведённого дохода, который должен стремиться к минимальному своему значению. Однако этот показатель не позволяет с точностью установить то количество солнечных коллекторов, применение которых в структуре гибридной установки будет эффективным.

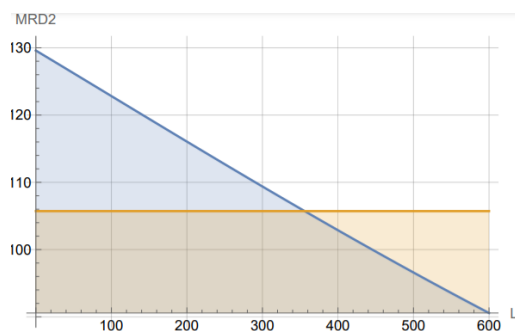


Рисунок 1 – Определение оптимального габарита солнечных коллекторов

Преобразование этого коэффициента в сравнении приведенных затрат и приведенных доходов использования солнечных коллекторов позволит установить точку безубыточности (см. рисунок 1), которое будет характеризовать то количество солнечных коллекторов, которое будет оптимально.

Таким образом, основным критерием, который позволит определить оптимальное количество солнечных коллекторов в структуре гибридной энергетической установки является приведенная безубыточность, которая определяется сравнением дифференциала суммы экономии топлива с величиной приведенных затрат.

### Список использованной литературы:

Аблаев Р.Р., Дологлонян А.В. методика технико-экономической оптимизации солнечных гибридных газотурбинных установок // Прикладные экономические исследования. – 2023. – № 2. – С. 140–147. DOI 10.47576/2949-1908\_2023\_2\_140.

Atef M., Khatib T., Abdullah M., Romlie M. Optimization of a Hybrid Solar PV and Gas Turbine Generator System Using the Loss of Load Probability Index // Clean Technologies. – 2020. – № 2. – P. 240–251.

**ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ОСТРОВОВ КАК  
ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ЗАЩИТЫ КРЫМСКИХ БЕРЕГОВ**

*Агаркова-Лях И.В., Щодро А.Е., Черных С.Л.*

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

Процессы сокращения пляжей и отступления морских берегов Крыма наблюдаются с 80-ых гг. прошлого столетия. Их причины имеют как природную, так и антропогенную составляющие, которые довольно подробно рассмотрены во многих научных работах.

Традиционные методы защиты морских берегов путем строительства берегозащитных сооружений теряют свою актуальность из-за их недолговечности, необходимости постоянно-го обслуживания и кардинального изменения береговых ландшафтов.

В последние годы в качестве перспективного способа берегозащиты в Крыму рассматриваются искусственные острова, создание которых позволит решить несколько проблем одновременно (Агарков, 2019). В первую очередь, это решение эколого-биологических проблем: 1) появление твердых субстратов в акватории, способствующих развитию на них подводной биоты и биоценозов (водорослей, моллюсков, ракообразных и пр.); 2) повышение продуктивности моллюсков-фильтраторов, очищающих акваторию и продуцирующих обломочный материал для формирования пляжных отложений; 3) смещение «акцентов» преобразования природной среды с берегов и пляжей на прибрежную акваторию, что обеспечит сохранение естественных приморских ландшафтов. В рекреационном отношении положительными моментами будут: а) рост протяженности береговой линии и площади пляжей, увеличивающие рекреационную емкость прибрежных территорий; б) активизация водных видов спорта и туризма (дайвинга, парусного спорта, каякинга и др.); в) создание укрытий и стоянок для морского транспорта (морских лайнеров, яхт, катамаранов, лодок и пр.), стимулирующих развитие морских путешествий (морские прогулки, круизы) вдоль берегов Крыма.

Как один из вариантов искусственных островов рассматривается разработанный авторами (Щодро, Черных, Сорокин, 2023) проект создания в море траверсов – искусственных кос, соединяющих берег с островом, совместно с конструкциями волногасящих сооружений между островами для захвата наносов из волнового потока и занесения ими межостровного пространства. В указанном проекте рассмотрена возможность управления интенсивностью намыва при помощи регулирования высоты формируемых кос между островами и берегом.

В качестве экспериментального района строительства искусственных островов нами рассматривается участок Каламитского залива Черного моря между оз. Кызыл-Яр и Евпаторией, чьи берега имеют самые широкие и протяженные галечно-песчаные пляжи, но активно отступают. Небольшие глубины в заливе, наличие рыхлых донных отложений и вдольбереговых потоков наносов определяют общие природные условия реализации данного проекта, однако его осуществлению должны предшествовать комплексные научно-техническая и экологическая экспертизы.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС (№ госрегистрации 121122300072-3).*

**Список использованной литературы:**

Агарков В.И. Искусственные острова в Каламитском заливе – мегапроект комплексного использования природных ресурсов залива и защиты берега от абразионных процессов // Актуальные проблемы гуманитарных наук: труды V Всероссийской научно-практической конференции (г. Евпатория, 16 мая 2019 г.). – Санкт-Петербург: МОО «ИС», 2019. – С.7–13.

Щодро А.Е., Черных С.Л., Сорокин А.Н. Контроль процесса нарастания берега при создании искусственных островов за счёт использования наносов из глубоких горизонтов // Система контроля окружающей среды. – 2023. – №3(53). – С. 87–97.

## СОСТАВ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ-ОБРАСТАТЕЛЕЙ НА ПЛАСТИНАХ, ПОКРЫТЫХ КРАСКАМИ С НАНОЧАСТИЦАМИ

Андреева Н.А.<sup>1,2</sup>, Мосунов А.А.<sup>2</sup>, Сизова О.С.<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Россия  
andreeva.54@list.ru

В процессе образования биоплёнки на различных поверхностях в морской воде участвуют почти все классы микроорганизмов и водорослей, причём практически все обрастатели способствуют коррозии. Микроводоросли и цианобактерии (ЦБ) являются одной из составных частей биопленки, являющейся первым этапом процесса биокоррозии различных материалов в морских условиях, однако вклад их в этот процесс изучен слабо. Последние исследования, включающие использование атомно-силовой микроскопии (АСМ), позволили выявить связь диатомей с бактериями и с процессами биокоррозии (Landoulsi et al., 2011). В прибрежной акватории Чёрного моря нами было выявлено 25 форм Bacillariophyta. (Андреева, 2021). Именно они составляют основную часть биомассы обрастания на поверхностях, погруженных в морскую среду (Wetherbee et al., 1998). Ещё одним неотъемлемым компонентом альгоценозов морских обрастаний являются цианобактерии (Cyanoprokaryota). Благодаря образованию разных химических соединений ЦБ могут вступать в разнообразные аллелопатические взаимоотношения в альгоценозах.

Исследования проводили в прибрежной акватории Севастополя в 2022–2023 гг. В работе использовали пластины из оргстекла (полиметилакрилат) размером 10x15 см, толщина 3 мм,  $S=150 \text{ см}^2$ , покрытые с обеих сторон прототипами противообрастающей судовой краски, содержащей в качестве антиобрастающего агента различные наночастицы и их оксиды. Состав и морфология микроводорослей в исходной суспензии изучались на прижизненных препаратах. Микроскопирование и фотографирование культур осуществлялось с использованием биологического микроскопа Levenhuk 740T при увеличении  $\times 400$ .

Среди диатомовых водорослей были выявлены в основном представители родов *Amphora*, *Melosira*, *Navicula*, *Pinnularia*, а в некоторых случаях – *Amphipleura*, *Cylindrotheca*, *Coscinodiscus*, *Cymbella*, *Nitzschia*, *Pleurosigma*, *Rhizosolenia*, *Striatella* и некоторые другие.

Цианобактерии были представлены родами *Aphanocapsa*, *Microcystis*, *Synechococcus*, *Chroococcus*, *Leptolyngbya* и Oscillatoriales (в том числе *Spirulina*). В обрастаниях также выявлены зелёные и динофитовые водоросли. В некоторых случаях обнаруживались различные неидентифицированные формы, в том числе, лентообразные и гантелевидные.

Через 2 месяца экспозиции в 2022 году наименьшее количество таксонов микроводорослей было зарегистрировано в вариантах пластин с Биопласт-52 и с покрытием, содержащим наночастицы (НЧ)  $\text{Ag-TiO}_2$ .

В 2023 году наименьшее количество таксонов было выявлено в вариантах с НЧ  $\text{CuO/Cu}_2\text{O/CuFe}_2\text{O}_4$  и  $\text{Ag-TiO}_2$ . Отмечено, что цианобактерии появлялись только через 21 день экспозиции пластин и активно развивались до окончания натурального эксперимента на протяжении 2 месяцев. Следует отметить, что цианобактерии на всех сроках экспозиции отсутствовали в вариантах с НЧ  $\text{CuO/Cu}_2\text{O/CuFe}_2\text{O}_4$  и  $\text{Ag-TiO}_2$ .

Таким образом, наиболее перспективными противоводорослевыми покрытиями можно считать краски с включением НЧ  $\text{Ag-TiO}_2$  и  $\text{CuO/Cu}_2\text{O/CuFe}_2\text{O}_4$ .

Список использованной литературы:

Landoulsi J., Cooksey K.E., Dupres V. Review – Interactions between diatoms and stainless steel: focus on biofouling and biocorrosion // Biofouling. – 2011. – Vol. 27, No. 10. – P. 1105–1124.

Андреева Н.А. Цианобактерии и диатомовые водоросли в сообществах различных экотопов прибрежной акватории Севастополя (Черное море) // Национальная ассоциация ученых (НАУ). – 2021. – № 74. – С. 6–10. DOI:10.31618/NAS.2413-5291.2021.2.74.524

Wetherbee R., Lind J.L., Burke J., Quatrano R.S. Mini review: The first kiss: establishment and control of initial adhesion by raphid diatoms // J Phycol. – 1998. – Vol. 34. – P. 9–15.

**ШТАММЫ ЦИАНОБАКТЕРИЙ ИЗ ФИТОБЕНТОСА  
ЧЕРНОМОРСКОГО ПРИБРЕЖЬЯ КРЫМА**

Андреева Н.А.<sup>1</sup>, Снарская Д.Д.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия  
andreeva.54@list.ru, dina.snarskaya@spbu.ru

Неотъемлемым компонентом фундаментальной базы для проведения прикладных и фундаментальных работ практически всеми отечественными исследовательскими и промышленными организациями, а также контрольными лабораториями и учебными заведениями, использующими штаммы микроорганизмов в своей деятельности, являются коллекции. Штаммы цианобактерий, обитающих в экстремальных экологических нишах (например, морские донные отложения), обладают уникальными биохимическими и физиологическими свойствами, которые можно использовать в фармакологии для создания новых перспективных лекарств. Кроме того, такие коллекции имеют огромное научное и прикладное значение, в качестве «банка» хранения генофонда организмов. Первым шагом на пути к успешной изоляции цианобактерий из их природной среды являются комплексные данные об их среде обитания, а для успешного культивирования необходимы знания таксономии.

Выделение новых штаммов цианобактерий осуществляли в процессе альгологических исследований образцов донных отложений, отобранных в течение всех сезонов 2020–2023 гг. в различных зонах черноморского побережья Крыма во время 11 экспедиций на гидрографическом судне «Профессор Водяницкий». Для получения накопительной культуры нативный материал культивировали в течение 30–120 суток на жидкой модифицированной среде Громова № 6 (приготовленной на морской воде). Выделения и очистки культур осуществляли несколькими методами. Морфологию цианобактерий изучали на прижизненных препаратах с использованием световых микроскопов Levenhuk 740T и Leica DM2500 при увеличении  $\times 400$ . Фотографирование культур проводили при помощи цифровых насадок с использованием соответствующих компьютерных программ (Levenhuk TourView и Leica Application Suite (LAS) и дальнейшей обработкой изображений в программе Adobe Photoshop CS3 Extended. Таксономическую принадлежность микроводорослей устанавливали при помощи определителей (Komárek, Anagnostidis, 1998; 2005).

При исследовании донных осадков, взятых с различных глубин прибрежной акватории Крыма, были выделены 44 альгологически чистые культуры цианобактерий. 22 культуры получены из образцов, отобранных на глубине 20–38 м, 12 – на глубине 50–65 м и 10 – на глубине 80–130 м. Наибольшее количество культур (15) изолировано из образцов грунта, отобранных в осенний период. В летний, зимний и весенний сезоны количество изолятов было примерно одинаковым (11, 9 и 9 соответственно).

Штаммы цианобактерий, изолированные за период 2020–2023 гг. из образцов донных осадков были переданы для депонирования в Ресурсный центр «Культивирование микроорганизмов» СПбГУ. Предварительная идентификация полученных культур выявила среди них цианобактерии родов *Nostoc* (21 штамм), *Nodularia* и *Leptolyngbya* (по 3 штамма), а также одноклеточные и колониальные формы (11 штаммов).

Список использованной литературы:

Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota 1. Chroococcales. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1 / Ettl H., Gärtner G., Heynig H., Mollenhauer D. (eds). – Gustav Fischer, Jena-StuttgartLübeck-Ulm., 1998. – 548 p.

Komárek J., Anagnostidis K. 2. Oscillatoriales. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2 / Büdel B., Krienitz L., Gärtner G., Schagerl M. (eds). – Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 2005. – 759 p.

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ РЕК СОЧИНСКОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

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

ФГБНУ «Институт природно-технических систем» (филиал), г. Сочи, Россия  
tatianashaw@mail.ru

Исследуя водотоки Сочинского Причерноморья, авторы предложили применять группировку рек по морфометрическим характеристикам и характеру природопользования на водосборной площади. В данной статье рассмотрена одна из выделенных групп, а именно – малые реки, экологическое состояние которых представляет угрозу для экологической безопасности курорта. Типичными для этого кластера являются реки Херота и Битха, которые изучались авторами детально, однако, и другие водотоки побережья по основным характеристикам входят в данную группу.

Основные опасные экзогенные геологические процессы, выявленные в бассейне этих рек: эрозионные процессы, оползневые и селевые процессы, подтопление. Для бассейнов этих рек характерна высокая техногенная нагрузка (Гудкова и др., 2020; 2021). В балке на правом склоне долины р. Малая Херота расположен Адлерский полигон ТКО, в районе которого (до проведения рекультивации в 2010 г.) активно протекали техногенно-спровоцированные оползневые и селевые процессы. Оползневые отложения заполняют балку и язык оползня, который широким фронтом (до 120 м) внедрился в долину р. М. Херота и перекрыл ее (после чего русло реки на этом участке было взято в бетонный коллектор). В геологическом строении бассейна р. Битха принимают участие современные элювиальные отложения (кора выветривания), представленные глинами тугопластичными и полутвердыми (в необводненном состоянии) с щебнем песчаника и дресвой аргиллита. На правом склоне реки расположен Лооский полигон ТКО, где неоднократно активизировались оползневые и селевые процессы, в результате чего происходило перекрытие русла реки Битха.

Анализ биотестирования (Табл. 1) выявил, что наибольшее воздействие на оба используемых в данной работе тест-объекта (*Daphnia magna* Straus и *Chlorella vulgaris* Beijer), принадлежащие к различным трофическим группам, наблюдался в устьевой зоне реки Херота. Применялась шкала токсичности от 1 балла «весьма сильная токсичность» до 4 баллов «Слабая токсичность или ее отсутствие».

Таблица 1 – Токсичные свойства воды рек Херота и Битха по результатам исследований за период 2017–2022 годы

| Наименование реки, участок отбора проб | Средний балл хронической токсичности по выживаемости |                           | Рост численности клеток <i>Chlorella vulgaris</i> |
|--|--|---------------------------|---|
|  | <i>Daphnia magna</i>                                 | <i>Chlorella vulgaris</i> |   |
| Херота, верхнее течение                | 3,8  | 3,6                       | слабая стимуляция                                 |
| Херота, устье                          | 1,2  | 1,5                       | стимуляция  |
| Битха, верхнее течение                 | 4  | 3,4                       | слабая стимуляция                                 |
| Битха, устье                           | 2,4  | 2,2                       | стимуляция  |

Эффект стимуляции прироста клеток микроводорослей по сравнению с контролем является индикатором присутствия в исследуемых пробах избытка веществ – индукторов, предположительно, попадающих в водотоки со стоками с полигонов ТКО.

Список использованной литературы:

Гудкова Н.К., Горбунова Т.Л., Матова Н.И. Влияние полигонов ТКО на деградацию биогеоценозов прибрежных зон водотоков и Черного моря // Природообустройство. 2021. – № 5. – С. 117–124. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-117-124

Гудкова Н.К., Горбунова Т.Л., Матова Н.И. Оценка комплексного воздействия полигонов ТКО на биотопы рек в условиях влажных субтропиков // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2020. – № 9. – С. 23–29. DOI: 10.37882/2223-2966.2020.09.12

## УПРАВЛЕНИЕ ГЕНЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ В КОГЕНЕРАЦИОННЫХ МИКРОГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ С РЕГЕНЕРАЦИЕЙ НА ЧАСТИЧНЫХ НАГРУЗКАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ НАГРУЖЕНИЯ

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

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

Применение когенерационных технологий для обеспечения энергией локальных объектов промышленности и сельского хозяйства возможно при децентрализации генерирующих мощностей. При этом тепловая и конструктивная схема когенерационной установки должна быть приспособлена к поставке требуемого количества энергии (электрической и тепловой) для разных потребителей.

Для достижения гибкости в объемах поставки энергии и высокой тепловой эффективности газотурбинной энергетической установки можно применять не только различные тепловые и конструктивные схемы, но и управление рабочими процессами в циклах газотурбинных двигателей.

Гибкие когенерационные технологии могут быть применены на микрогазотурбинных установках (МГТУ) с регенерацией теплоты, а также турбокомпрессорным утилизатором и регенерацией теплоты (см. рис. 1 и 2).

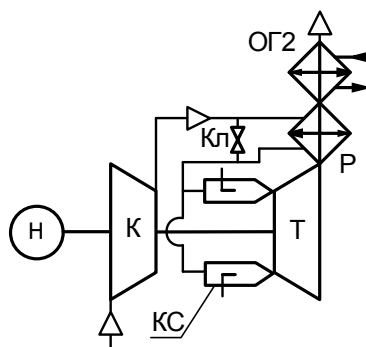


Рисунок 1 – Схема когенерационной МГТУ на базе ПЦ+Р: К – компрессор; КС – камера сгорания; Т – турбина; ОГ2 – охладитель газов; Н – нагрузка; Р – регенератор; Кл – байпасный клапан

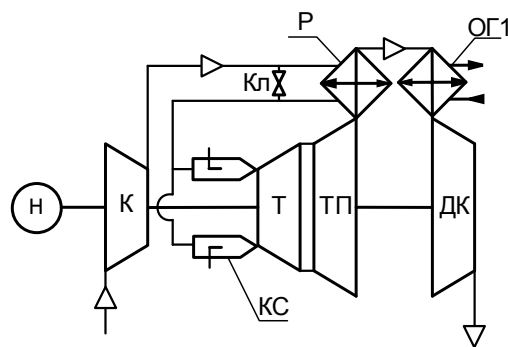


Рисунок 2 – Схема когенерационной МГТУ на базе ПЦ+ТКУ+Р: ТП – турбина перерасширения; ОГ1 – охладитель газов; ДК – дожимающий компрессор; остальные обозначения, как и на рис. 1

Газотурбинные двигатели (ГТД) обладают способностью изменять рабочий процесс за счет управления характеристиками различных элементов двигателя. Изменение характеристик элементов МГТУ и через них процессов в циклах ГТД в определенных условиях может оказывать эффективное управляющее воздействие на изменение теплотехнических характеристик когенерационной МГТУ.

Изменять тепловую мощность когенерационной МГТУ с регенерацией теплоты можно посредством перепуска циклового воздуха мимо регенератора. Такой способ позволяет перераспределить тепловой поток за турбиной (турбиной перерасширения) между регенератором и котлом-утилизатором. Это особенно важно при циклической или переменной тепловой нагрузке.

Проведенные исследования показали, что наиболее подходящими для когенерации являются газотурбинные установки с регенерацией, поскольку позволяют за счет байпасирования циклового воздуха мимо регенератора манипулировать потоками механической и тепловой энергии в ГТД независимо друг от друга, чем обеспечивают потребителя как в базовом, так и маневровом режимах теплотой независимо от степени нагружения. В этом случае регенератор выступает в качестве динамического аккумулятора теплоты цикла, которая может перераспределяться между тепловой и механической энергиями установки в зависимости от потребностей локального объекта. Подобное не могут продемонстрировать ни двигатели внутреннего сгорания, ни паротурбинные установки любой конфигурации.

**СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ WRF И CFD ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Егоркин А.А.*

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

Загрязнение воздуха представляет собой один из наиболее важных факторов, влияющих на здоровье человека. Обеспечение экологической безопасности предполагает осуществление оценки факторов такого воздействия. В связи со сложностью процессов, происходящих в атмосфере, для оценки воздействия и принятия управленческих решений по его минимизации применяют системы поддержки принятия решений. Воздействие загрязнения атмосферы на человека часто происходит в городских условиях, поэтому для принятия соответствующих профилактических мер и ограничения загрязнения воздуха требуется прогнозирование качества воздуха с высоким разрешением (Sauer, Muñoz-Esparza, 2020). Поскольку загрязнение воздуха определяется как локальной динамической циркуляцией, так и переносом на большие расстояния, точное моделирование распространения загрязняющих веществ требует учитывать взаимосвязи мезомасштабных (региональных) и микромасштабных процессов. Мезомасштабные модели используют в качестве начальных условий метеорологические данные с низким пространственным разрешением. Довольно часто применяются данные с пространственным разрешением в несколько километров.

Таким образом, мезомасштабные модели хорошо работают в прогнозировании загрязнения атмосферы в региональном масштабе, но не подходят для моделирования распределения физических и химических переменных в масштабе городского района, что требует, чтобы разрешение модели было меньше 1 км. Для детального представления распространения загрязняющих веществ в городских или промышленных зонах используются различные методы уменьшения масштаба. Одним из них является применение моделей, использующих Гауссовый подход (Forehead, Huynh, 2018).

Однако модели такого типа напрямую не рассчитывают динамические и тепловые процессы и поэтому не учитывают взаимодействия турбулентности и химии. Для учета влияния турбулентности на химические соединения можно использовать три основных подхода: усредненную по Рейнольдсу формулировку Навье-Стокса (RANS), метод моделирования больших вихрей (LES) и метод прямого численного моделирования (DNS). Модели вычислительной гидродинамики (CFD) разрешают турбулентность с использованием RANS, LES или DNS для решения инженерных задач, связанных с потоками жидкости.

Совместное использование выходных данных модели WRF в качестве начальных и граничных условий может значительно улучшить прогнозирующую способность модели CFD, используемой для оценки влияния загрязняющих веществ на качество обеспечения экологической безопасности городской местности. Применение моделей WRF и CFD для разработки систем поддержки принятия решений по обеспечению экологической безопасности может быть использовано в качестве надежного метода для понимания сложного течения воздушных потоков и рассеивания загрязняющих веществ в городских районах.

Список использованной литературы:

Sauer J.A., Muñoz-Esparza D. The FastEddy® resident-GPU accelerated large-eddy simulation framework: Model formulation, dynamical-core validation and performance benchmarks // Journal of Advances in Modeling Earth Systems. – 2020. – Vol. 12, № 11. – e2020MS002100. DOI: 10.1029/2020MS002100.

Forehead H., Huynh N. Review of modelling air pollution from traffic at street-level. – The state of the science // Environmental Pollution. – 2018. – Vol. 241. – P. 775–786.



## КОНТРОЛЬ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПОПОЛНЯЕМОСТИ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА АНАДАРЫ – НЕДАВНЕГО ВСЕЛЕНЦА В ЧЕРНОЕ МОРЕ

Казанкова И.И.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
ikazani@bk.ru

Оценка влияния антропогенных и естественных факторов среды на биотическую составляющую природно-технических систем актуальна в связи с кризисными явлениями в природе из-за усиления антропогенной нагрузки и климатических изменений, наблюдаемых в последние десятилетия. Инвазия в Азово-Черноморский бассейн различных видов гидробионтов, их быстрая экспансия приводит к тому, что они становятся опасными с точки зрения их влияния на биоразнообразие и устойчивость экосистем. К таким видам в настоящее время относится анадара *Anadara kagoshimensis*, которая с 2018 г. включена в группу самых опасных инвазивных видов России (Солдатов и др., 2018). Нативный ареал этого тепловодного эврибионта, как определено в (Лутаенко, 1999; Ревков, Щербань, 2017) расположен в умеренных широтах северной части Тихого океана (Zentos et al., 2010). Анадара массово проявилась в донных биоценозах Черного моря к середине 80-х годов прошлого века, и в настоящее время наблюдается усиление ее экспансии в Азовском море. При этом наблюдаются отдельные «всплески» численности моллюска, особенно его молоди (Живоглядова и др., 2020). Отсюда признаками экспансии анадары (увеличения плотности, биомассы и запаса), очевидно, должно являть и увеличение численности личинок моллюска, которую, в свою очередь, можно оценивать методом контроля потенциальной пополняемости популяции моллюска, (Казанкова, Щуров, 2010). Суть этого метода заключается в регулярном подсчете личинок и постличинок моллюска, появившихся на контрольных субстратах с ворсистой поверхностью за определенные промежутки времени. Педивелигеры анадары, как и мидии и митилястера, способны закрепляться на нитчатых структурах. Это может свидетельствовать о том, что постличинки анадары некоторое время способны жить на вертикально расположенных твердых субстратах, колонизированных нитчатыми водорослями, и затем перемещаться в биоценозы донных грунтов. Мониторинг потенциальной пополняемости моллюска показал, что у южных и юго-западных берегов Крыма в 2008–2022 гг. ее величина была относительно низкой. В период оседания моллюска, т.е. в июле–октябре, исследуемый параметр находился в пределах 0–7,8 экз.·см<sup>-2</sup>·месяц<sup>-1</sup>. Причем, до 2018 г. его максимальные значения не превышали 1,1, после 2018 г. – 7,8 с экз.·см<sup>-2</sup>·месяц<sup>-1</sup>, что может свидетельствовать об активизации роста популяции анадары в Черном море.

Список использованной литературы:

Солдатов А.А. и др. Моллюски. *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) // Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / Под ред. Ю.Ю. Дгебуадзе, В.Г. Петросяна, Л.А. Хляп. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. – С. 260–266 С.

Ревков Н.К., Щербань С.А. Особенности биологии двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* в Чёрном море // Экосистемы. – 2017. – Вып. 9. – С. 47–56.

Лутаенко К.А. Ожидаемые фаунистические изменения в бассейне Японского моря: влияние климата и уровня моря на распределение двустворчатых моллюсков // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. – 1999. – Вып. 3. – С. 38–64.

Zentos A. et al. Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution // *Mediterranean marine science*. – 2010. – Vol. 11, No. 2. – 381 p.

Живоглядова Л.А. и др. Экспансия двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) в Азовском море // Рос. журн. биол. инвазий. – 2021. – Т. 14, № 1. – С. 83–94.

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.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ООПТ

Каширина Е.С.<sup>1</sup>, Новиков А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Филиал МГУ в г. Севастополе, г. Севастополь, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
e\_katerina.05@mail.ru, a\_novik@bk.ru

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) играют важную роль в сохранении природы, главным образом, биоразнообразия. Многогранность территории ООПТ и выполняемых ими функций определяет значительное количество подходов к управлению. Развитие современных технологий, в частности геоинформационных систем (ГИС) и дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) позволяет получать оперативные данные об ООПТ, сократить затраты на их обработку и анализ.

Широкое распространение получило применение интегральных индексов, полученных на основе космических снимков. Для расчета индексов используются ГИС-технологии, в частности QGIS. Для оценки состояния территорий ООПТ часто применяется индекс NDVI, пример распределения которого показан по ландшафтам заказника «Байдарский» (рис. 1). Заказник «Байдарский» расположен в юго-западной части Крымского полуострова в межгорной котловине и на прилегающих низкогорьях.

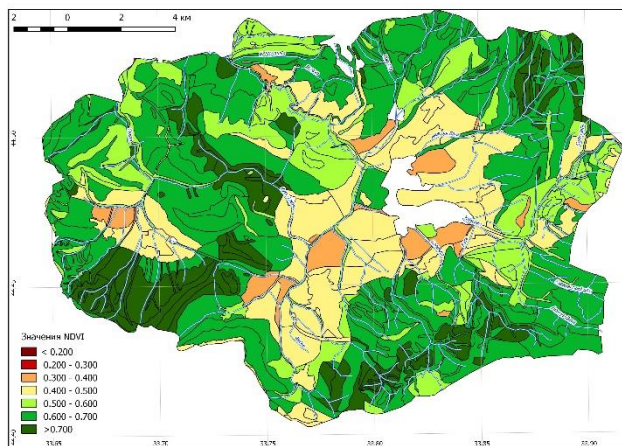


Рисунок 1 – Схема распределения NDVI по ландшафтам заказника «Байдарский» г. Севастополь (Использование индекса..., 2019)

NDVI отражает состояние фитомассы зеленых растений, что является индикатором состояния экосистем ООПТ. Полученные данные позволяют сделать вывод о распределении запасов фитомассы растительных сообществ заказника «Байдарский». Как видно из схемы, большими показателями NDVI и запасами фитомассы и отличаются древесные экосистемы буковых и дубово-грабовых лесов. Запасы фитомассы сильно снижаются в котловине, где представлены степные экосистемы и сельскохозяйственные угодья.

Таким образом, ГИС-технологии и данные дистанционного зондирования Земли позволяют оперативно получать информацию о состоянии природных комплексов ООПТ, что должно быть положено в основу принятия управленческих решений.

### Список использованной литературы:

Использование индекса NDVI для геоэкологической оценки особо охраняемых природных территорий на примере города Севастополя / Е.И. Голубева, Е.С. Каширина, А.А. Новиков, Е.В. Глухова // Материалы Международной конференции ИнтерКарто. ИнтерГИС / Под ред. О.И. Маркова (Котова), М.В. Нырцов. – М.: Издательский дом МГУ, 2019. – Т. 25. – С. 320–331.

## УТОЧНЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ТЕПЛОЕМКОСТИ РАБОЧИХ ТЕЛ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДВС

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

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

Термодинамические расчеты процессов смесеобразования и сгорания топлив являются ключевыми при разработке соответствующих конструктивных элементов дизельных ДВС (устройств смесеобразования, камер сгорания, впускных и выпускных органов, регуляторов фаз газораспределения, механизмов, регулирующих угол опережения подачи топлива и др.).

Расчет теплоемкостей является важной составляющей при термодинамических расчетах ДВС, т.к. от этого параметра в дальнейшем зависит точность оценки термодинамических свойств рабочих тел, которые в рабочем процессе меняются на протяжении всего цикла.

Развитие вычислительных методов позволяет сегодня решать задачи без больших затрат времени и с высокой точностью, что предлагается в работе (Соболенко, Флорианская, 2021), в основе которой положено уравнение вида

$$\frac{c_p}{R} = \sum_{i=0}^6 a_i r^i + \sum_{i=7}^{12} a_i \left(\frac{1}{r}\right)^{i-6},$$

где  $\tau = T/T^*$  – относительная температура:  $T$  – температура газа, К;  $T^* = 1000$  К;  $a_i$  – массив коэффициентов, специфичный для каждого газа;  $R$  – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);  $c_p$  – удельная изобарная молярная теплоемкость, Дж/(моль·К).

Проведенный сравнительный анализ существующих методик расчета термодинамических параметров ДВС (Александров и др, 2009; Соболенко, Флорианская, 2021) показывает, что наиболее точной на сегодняшний день методикой расчета является методика (Соболенко, Флорианская, 2021) (см. рис. 1б) по сравнению с методикой (Александров и др, 2009) (рис. 1а). Ее применение в современных программных комплексах может значительно повысить достоверность результатов термодинамических расчетов, которые позволят улучшить оценку термической, экологической и эффективной составляющих рабочих процессов ДВС.

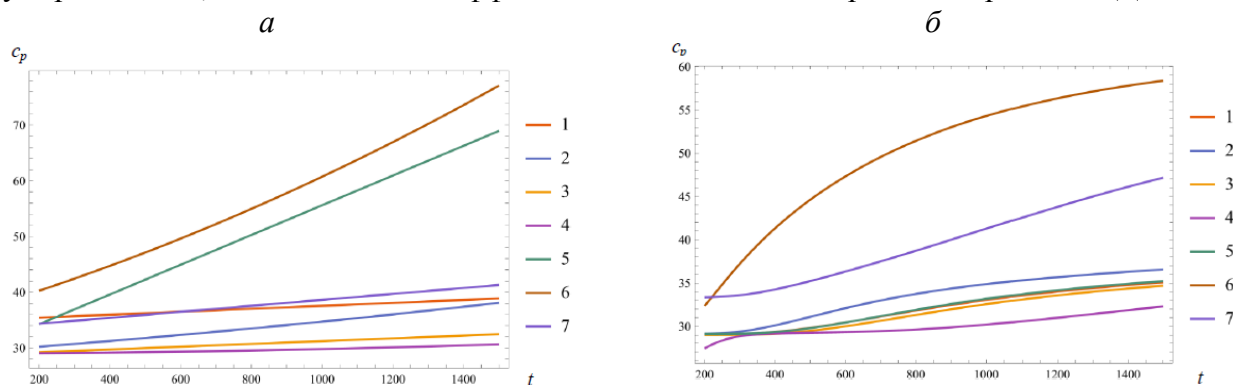


Рисунок 1 – 1 – молярная теплоемкость атмосферного воздуха; 2 – молярная теплоемкость кислорода  $O_2$ ; 3 – молярная теплоемкость азота  $N_2$ ; 4 – молярная теплоемкость водорода  $H_2$ ; 5 – молярная теплоемкость оксида углерода  $CO$ ; 6 – молярная теплоемкость диоксида углерода  $CO_2$ ; 7 – молярная теплоемкость водяного пара  $H_2O$

Список использованной литературы:

Александров А.А., Очков В.Ф., Орлов К.А. Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики: Справочник. – М.: Издат. дом МЭИ, 2009. – 223 с.

Соболенко А.Н., Флорианская М.В. Расчет теплоемкости продуктов сгорания компримированного газового топлива марок "а" и "б" в дизелях // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2021. – № 2. – С. 65–74.

**ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ  
В ЗОНЕ СУПЕРТУРИЗМА СОЧИНСКОГО РЕГИОНА И АДАПТИРОВАННЫЕ  
К РЕГИОНУ МЕТОДЫ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СТОЧНЫХ ВОД**

*Козлова Т.А.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем» (филиал), г. Сочи, Россия

Институт Естествознания, ТГУ, г. Тамбов, Россия

k\_tatiana15@yahoo.com

Сточные воды (СВ) зоны супертуризма Сочинского региона отличаются широким разнообразием растворенных веществ, наиболее опасными из которых являются такие компоненты, как эндокринно-опасные вещества (EDCs), фармацевтические и косметические средства, а также разнообразная патогенная микрофлора, поступающая с продуктами жизнедеятельности людей, приехавших из различных регионов России и ближнего зарубежья. Микроводоросли являются хорошо известными биологическими агентами для удаления и биодegradации подобных загрязнений из СВ. Одновременно, микроводоросли широко применяются в токсикологии, как тест-организмы в методах токсикологического контроля природных и СВ. Для оценки токсикологической нагрузки донных отложений и ливневых стоков выбран объект коловратка (*Rotifera*). Однако, необходимость адаптации базовых методов токсикологического контроля к реалиям региона супертуризма, где загрязнения попадают в небольшие горные реки, а затем смешиваются с морской водой, очевидна. Необходимо разработать дополнительные методы (включая экспресс-методы) и рекомендации по токсикологическому контролю СВ с применением микроводорослей, провести исследования по вопросам: влияния биохимических показателей водной среды на продолжительность жизни и кинетику биодegradации загрязняющих веществ, влияние смесей гормонов и других загрязнений на различные виды водорослей, как тест-организмов. Выбранные методы для адаптации к региону супертуризма входят в список стандартизированной методики РД-52.24-868 (2017) Министерства Природных Ресурсов и Экологии РФ с дополнениями по критериям здоровья культур водорослей из Стандартного Метода (ЕС, 2007 Method EPS1/RM/25). Основными направлениями адаптации методов является выбор вида тест-объекта по двум основным критериям: вид должен быть обычным (желательно доминантным) для водоемов региона Сочи; вид должен быть представлен популяциями как в пресных, так и в солоноватых водах. Для водорослей выбрана *Scenedesmus obliquus* (Turpin) Kutzing; для коловраток *Brachionus calyciflorus* Pallas. Намечена работа по сравнению данных, полученных на лабораторных культурах (коллекция МГУ, Москва) и выделенных в природе.

Важным аспектом этой работы является валидация отработанных методов на СВ и природных водах зоны супертуризма Сочинского региона.

## ДИНАМИКА ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА В КРЫМУ

Красовская В.С.

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

С началом спутниковых наблюдений тема использования вегетационных индексов (ВИ) стала достаточно популярной. Несмотря на то, что большинство авторов изучали ВИ в Крыму (Горбунов, 2022; Тельнова, 2017), большинство работ не отражает характер изменений ВИ для Крымского региона.

Основной задачей работы является анализ временных рядов данных вегетационного индекса NDVI, который рассчитывается на основе данных спутникового прибора MODIS (MOD13Q1) (Didan, 2015). Ряды данных составляют 16-ти дневные композиты с пространственным разрешением 250 м. Снимки загружены за период вегетации растительного покрова (апрель – октябрь) с 2000 по 2022 гг. Для извлечения значений данных ВИ был создан точечный векторный слой с шагом 1 км. Полученные ряды были отфильтрованы по данным спутниковой классификации, включающей в себя леса и степные участки. В результате использовалось 9 тыс. точечных объектов.

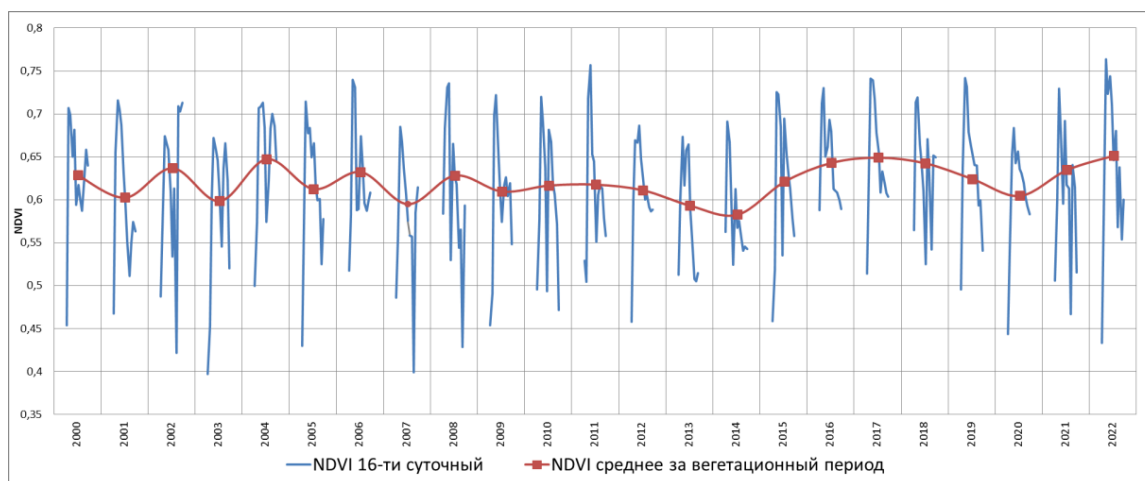


Рисунок 1 – Динамика NDVI с 2000 по 2022 год

Проведенный анализ показал отсутствие значительного тренда, что говорит о незначительном влиянии изменения климата на динамику вегетации растительного покрова (ВИ). Однако явно заметно влияние межгодовых и междесятилетних колебаний климата, что открывает возможности к выявлению закономерностей связи изменений в растительном покрове с региональными метеоусловиями и глобальными климатическими процессами.

Список использованной литературы:

Тельнова Н.О. Выявление и картографирование многолетних трендов NDVI для оценки вклада изменений климата в динамику биологической продуктивности агроэкосистем лесостепной и степной зон Северной Евразии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. – Т. 14, № 6. – С. 97–107. – DOI 10.21046/2070-7401-2017-14-6-97-107. – EDN YLXCMA.

Горбунов Р.В. Функционирование и динамика региональных геоэкосистем в условиях изменения климата (на примере Крымского полуострова). – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2022. – 191 с.

Didan K. et al. MODIS vegetation index user's guide (MOD13 series) // University of Arizona: Vegetation Index and Phenology Lab. – 2015. – Т. 35. – С. 2–33.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ ПУШИСТОЙ (*BETULA PUBESCENS*) ПРИ БИОИНДИКАЦИИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

Кульнев В.В.

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

Функционирование металлургических предприятий неразрывно связано с опосредованным через выбросы и сбросы поступлением значительного количества поллютантов в атмосферный воздух, в поверхностные и подземные воды и на почвенный покров. Отбор проб, измерение параметров состояния атмосферного воздуха, почв, природных вод, при экомониторинге проводится отдельно для каждой геосферной оболочки. Это приводит к получению разрозненных данных, интерпретация которых не позволяет целостно оценить влияние объектов негативного воздействия (Салтан, 2016, Антонинова, 2017, G. Izydorczyk, 2021, Nang-Ntay Yin, 2016).

В настоящем исследовании представлена попытка выработки интегральной оценки влияния объектов металлургической промышленности через биоиндикацию состояния компонентов природной среды на примере зоны влияния Новолипецкого металлургического комбината. В качестве математического аппарата использовалось явление фрактальности природных объектов. В частности, определялось значение фрактальной размерности листовой пластины березы пушистой (*Betula pubescens*) (по фотографии) с помощью специального программного обеспечения.

Применительно к задачам геоэкологии фрактальность отражает меру самоподобия взаимодействующих сред (хозяйственной и природной), ограничивающей развитость структуры экосистемы (Кульнев, 2020; Насонов и др., 2019 а, б, в; Насонов и др., 2018).

$$N(\delta) = \mu\delta^{1-D} \quad (1)$$

где:  $N(\delta)$ - структура (размер) экосистемы,  $\mu\delta$  - шаг масштабирования,  $D$  – фрактальная мера самоподобия техноприродных процессов.

Для связи фрактальности экосистемы с ее жизнеспособностью введем непрерывную функцию фрактальной «температуры» природно-техногенных процессов на интервале  $D \in (1; 2)$  следующим образом (Цветков, 2011):

$$T_f = a \cdot \left( \frac{1}{(n-D)} - \frac{1}{n} \right) \quad (2)$$

где:  $D$  – фрактальный показатель экосистемы,  $n$  – размерность пространства, в которое вложен фрактальный объект,  $a$  – поправочный коэффициент, выбираемый индивидуально (в нашем случае  $n = 2$ ,  $a = 1$ ).

Полученные значения фрактальной размерности колеблются в интервале от 1,0 до 1,7. В ходе исследования установлено, что значение фрактальной размерности увеличивается по мере приближения к источникам техногенного воздействия. Равно при удалении от объектов негативного воздействия, значения фрактального показателя листовой пластины березы пушистой снижаются.

Согласно приведенному в статье (Кульнев, 2020) ранжированию в зоне влияния Новолипецкого металлургического комбината наблюдается устойчивая динамика состояния экосистемы. Это обеспечивает нивелирование негативного воздействия в части загрязнения за счет процессов естественного самоочищения.

Определение фрактальных характеристик листовых пластин березы пушистой с помощью специального программного обеспечения является наименее ресурсоемким, и одновременно, адекватным и математически достоверным способом оценки текущего состояния компонентов окружающей среды зоны влияния металлургического предприятия. Использование указанного способа повышает эффективность осуществления экологического мониторинга.



## ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОГО ИНДЕКСА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. НИЖНЕКАМСК ПО ДАННЫМ АВТОМАТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ МОНИТОРИНГА

Мусина А.А., Шагидуллин А.Р., Нурмехамитова В.А., Гилязова А.Ф.

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан,  
г. Казань, Россия  
adelina221997.97.13@gmail.com

Целью работы является оценить динамику загрязнения атмосферного воздуха в г. Нижнекамск основными газовыми примесями по данным автоматических станций контроля загрязнения (АСКЗА) Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан за период 2016–2022 гг. В городе Нижнекамск находится 5 АСКЗА.

В соответствии с принятыми подходами для диагностики уровня загрязнения атмосферного воздуха используется индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) или комплексный ИЗА (КИЗА). ИЗА определяет уровень загрязнения воздуха и его эффект на здоровье человека. Для расчёта ИЗА используются среднегодовые концентрации веществ, что позволяет определить эффекты длительного воздействия примесей. КИЗА4 - комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий 4 приоритетных вещества. В данном расчете использовались концентрации оксида азота (NO), диоксида азота (NO<sub>2</sub>), серы диоксида (SO<sub>2</sub>) и углерод оксида (CO). Наибольшее значения ИЗА для NO наблюдалось в 2018 году (значение – 0,176), для NO<sub>2</sub> – в 2022 г. (значение – 1,01), для SO<sub>2</sub>– в 2022 году (значение – 0,133) и для CO – в 2018 году (значение – 0,175). По полученным значениям КИЗА4 за 2016–2022 г. было рассчитано отклонение скользящего среднего и от него установлены диапазон разброса минимальных и максимальных значений. Метод скользящей средней – один из эмпирических методов для сглаживания и прогнозирования временных рядов. При сглаживании этим методом фактические значения ряда динамики заменяются средними значениями, которые характеризуют срединную точку периода скользящего. С помощью скользящего среднего можно выявить характер изменений значения КИЗА4 во времени (рис. 1).

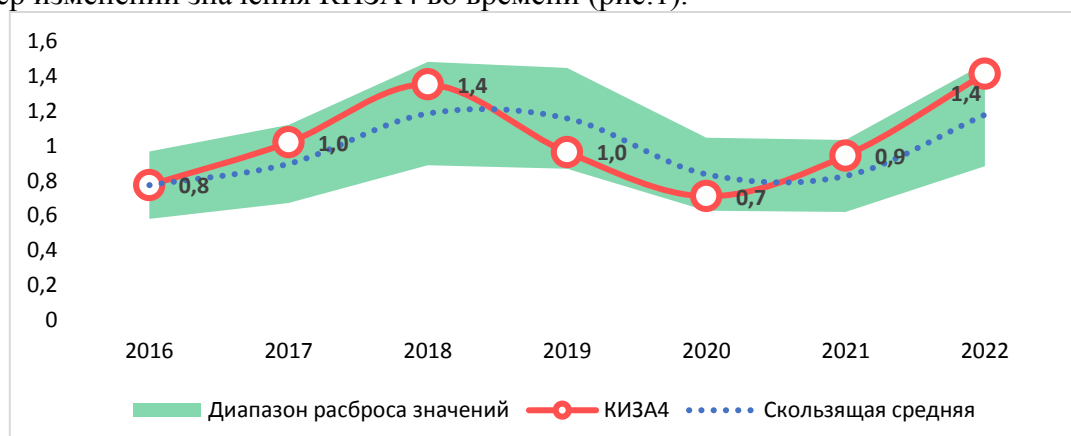


Рисунок 2 – График распределения значений КИЗА4 в г. Нижнекамск за 2016–2022 гг.

Оценка качества атмосферного воздуха на основе степеней загрязнения, приведенных в РД 52.04.667-2005, будет некорректна, т.к. перечень анализируемых веществ ограничен лишь четырьмя примесями. Тогда за анализируемый период можно оценить качество атмосферного воздуха по показателю КИЗА4, расположив по возрастанию следующим образом: 2020 < 2016 < 2021 < 2017, 2019 < 2018, 2022.

Список использованной литературы:

РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы.

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

## **АНАЛИЗ РЕКРЕАЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ООПТ КРЫМА**

*Нагина М.А.*

Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Севастополе, г. Севастополь, Россия  
emily\_day@mail.ru

Создание и функционирование ООПТ имеет особую важность для сохранения ландшафтов, их биоразнообразия, а также объектов, находящихся в их границах, обладающей историко-культурной и другой ценностью. В зависимости от уникальности ООПТ назначается определенный уровень охраны, регламентируются виды деятельности, исходя из которых может выполняться функциональное зонирование территории (хозяйственно-селитебное, рекреационное, водохозяйственное и др.). Рассматривая классификации природопользования нет такой, которая бы корректно объединяла в себе и типологический подход и пространственный охват, но при разграничении деятельности на ООПТ организациям, в чьем ведении находятся они, необходимо полностью исключить или минимизировать ущерб, наносимый ООПТ в соответствии с особенностями территории.

Что касается территории полуострова Крым, то регион имеет достаточно много ООПТ, что может свидетельствовать о наличии уникальных ландшафтов и биоразнообразия, которое требует охраны. В структуре ООПТ полуострова созданы виды ООПТ регионального значения, позволяющих разграничить степень охраны территории исходя из особенностей сохранения тех или иных объектов.

Рекреационное природопользование на полуострове развивается, с каждым годом туристический поток становится больше, развивается и экотуризм. На ООПТ разработаны маршруты, пригодные для разных способов прохождения, что является привлекательным для разных категорий туристов.

Для анализа рекреационного воздействия на отдельные ООПТ оценивалась степень нарушения почвенно-растительного покрова по шкале рекреационной дигрессии.

Рекреационное воздействие на тропы, расположенные в рассматриваемых заказниках - «Байдарском» и «Мыс Айя», частично пролегающие по территории Большой Севастопольской тропы, оценивается в среднем как слабое, но хочется отметить, что в наиболее доступных для туристов местах оно выше. А также заказник «Мыс Айя» более подвержен рекреационному воздействию, чем «Байдарский», так как на нем располагается более проходимый маршрут, на котором сезонно располагаются стихийные палаточные лагеря.

Таким образом, можно сделать вывод, что уровень рекреационной дигрессии возрастает при увеличении посещаемости участка и способа прохождения или его использования.



**ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ОБРАЩЕНИИ  
С БИООРГАНИЧЕСКИМИ ОТХОДАМИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЗАПАХОВОГО  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Романовская К.С.*

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия  
romanovskaya-ks@rudn.ru

Процесс разложения биоорганических отходов сопровождается образованием, в том числе, летучих органических соединений (ЛОС), обладающих резким неприятным запахом. На сегодняшний день проблема образования ЛОС, выделяющихся при накоплении, хранении специфических биоорганических отходов, их утилизации, а именно возможности устранения неприятных запахов остается слабо изученной как с теоретической, так и с практической точки зрения. В связи с этим разработка и апробация с использованием биотестирования новых биопрепаратов, обеспечивающих ускорение биodeградации органических отходов, образующихся в результате хозяйственной деятельности и жизнедеятельности человека, и снижение негативного воздействия на компоненты окружающей среды и здоровье человека, вызванного выделением ЛОС разной природы, обусловленных разложением органических компонентов отходов и обладающих неприятными запахами, обретает все большую актуальность и значимость.

Целью данной работы является описание и анализ количественного и качественного состава, а также динамики образования газов, в том числе ЛОС, выделяющихся при разложении отдельных фракций биоорганических отходов, установление механизмов биodeградации на разных стадиях при аэробном окислении и анаэробном разложении различных компонентов отходов.

В представленном исследовании проведена оценка эффективности воздействия экспериментального биопрепарата на процессы разложения отдельных фракций биоорганических отходов и на состав образующихся ЛОС. Предлагается использование методов биотестирования с применением флуорисценции при исследовании особенности воздействия газообразных продуктов разложения биоорганических отходов на микроорганизмы.

В результате исследования сделан вывод о необходимости проведения дальнейших исследований в направлениях подбора микроорганизмов, расщепляющих соединения-одоранты, и оценки их биотехнологического потенциала, а также проработки оптимальной технологии внесения биопрепарата в исходный субстрат на основе органических отходов.

Области применения полученных результатов достаточно широки и включают использование результатов качественного и количественного анализа ЛОС для дальнейших исследований возможностей применения биопрепаратов для переработки отходов различного срока хранения и различного объема, улучшения качества биокомпоста, получающегося в результате переработки.

Список использованной литературы:

Jayathilakan K, Sultana K, Radhakrishna K, Bawa AS. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review // *J. Food Sci. Technol.* – 2012. – № 49(3). – P. 278-293. DOI: 10.1007/s13197-011-0290-7.

Qu Y., Shen E., Ma Q., Zhang Z., Liu Z., Shen W., Wang J., Li D., Li H., Zhou J. Biodegradation of indole by a newly isolated *Cupriavidus* sp. SHE // *Journal of environmental sciences (China)*. – 2015. – № 34. – P. 126–132. DOI: 10.1016/j.jes.2015.01.023.

Smith CJ, Scott SM, Ryan BA. Cardiovascular effects of odors // *Toxicol Ind Health.* – 1999. – № 15(7). – 595–601. DOI: 10.1177/074823379901500701. PMID: 10677884.

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАЗМЕЩЕНИИ МАЛОНАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

*Рубанова Н.И.*

ФГБНУ «Институт природно-технических систем» (филиал), г. Сочи, Россия  
lelj06@yandex.ru

Малонарушенные лесные территории (МЛТ) – территории в пределах современной лесной зоны, содержащие лесные и нелесные экосистемы, в минимальной степени нарушенные хозяйственной деятельностью человека или без признаков значительной деятельности человека.

Ключевые критерии МЛТ, соблюдение которых позволяет обеспечить убежище для всех видов животных данной экосистемы, в том числе – для поддержания жизнеспособных популяций крупных хищников, находящихся на вершине трофических цепочек и требующих наибольшую площадь для сохранения элементарных популяций:

1. Минимальная площадь 50 000 га.
2. Минимальная ширина участка МЛТ 10 км – диаметр вписанного круга в границах территории.
3. Минимальная ширина коридора/придатка – 2 км.
4. Отсутствие фрагментации постоянной инфраструктуры.

Цель данного этапа исследования – постановка задачи для разработки программного обеспечения на основе нейротехнологий и искусственного интеллекта для автоматизированного выявления границ малонарушенных лесных территорий.

Суть применяемой сегодня методики состоит в последовательном, с использованием все более детальных и точных данных, исключении освоенных и преобразованных хозяйственной деятельностью человека территорий из общих границ лесной зоны.

Изучив мировой и отечественный опыт выявления границ МЛТ мы выделили ряд ограничений (вызовов), вызванных применяемой методологией обработки исходных данных.

В отношении международных разработок речь идет о том, что за последнее десятилетие периодичность обновления данных составляла 3–4 года, а время первичной обработки и подготовки данных для пользования – 1,5–2 года. Таким образом, в открытом доступе находится информация о границах МЛТ в лучшем случае 5–6-летней давности. Кроме того, следует иметь в виду вероятность появления проблем с доступом к итоговым данным международных исследований в условиях информационной и технологической изоляции нашей страны.

Региональные отечественные разработки характеризуются следующими вызовами:

- значительная трудоемкость, а, следовательно, стоимость процесса;
- проблемы с финансированием, особенно в связи с уходом с территории России ряда крупных международных НКО, и даже признанием некоторых из них иноагентами, финансировавших эту деятельность – Гринпис, Всемирный фонд дикой природы (WWF) и др.;
- требуется достаточно высокий уровень специалистов, обладающих как знаниями в географии и экологии, так и навыками обработки информации (снимков) при помощи специализированного программного обеспечения, так как интерпретация снимков проводится путем экспертного дешифрирования нарушенных территорий и отдельных нарушений.

Решение этих вызовов лежит, на наш взгляд, в плоскости разработки программного обеспечения на основе нейротехнологий и искусственного интеллекта, позволяющих на основе анализа открытых данных дистанционного зондирования Земли и общедоступных ГИС, а также характеристик антропогенных объектов территории, с необходимой периодичностью выделять и корректировать границы МЛТ, а также прогнозировать пространственное размещение и площади МЛТ с учетом планов развития территории.

## ФАКТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ И СТЕПЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАК ВЗАИМОДОПОЛНЯЮЩИЕ ИНДЕКСЫ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Салихов Д.Г.

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия  
SDamirV5@yandex.ru

Содержание тяжелых металлов в почвах связано с их способностью к гео- и биоаккумуляции, а также со скоростью переноса внутри почвенного профиля. Проблема высоких концентраций тяжелых металлов, особенно в сельскохозяйственных почвах, создает глобальную экологическую проблему из-за решающей важности производства продуктов питания и безопасности. Включение тяжелых металлов в трофическую цепь может повлиять на здоровье животных и человека (Kowalska, 2018). Актуальность исследования обусловлена необходимостью выявления особенностей накопления микроэлементов в почвах Республики Татарстан и установления величины потенциального экологического риска. Отбор смешанных почвенных образцов производился почвенным буром Эйдельмана, подготовку почвенных проб и определение элементного анализа проводили по МУК 4.1.1483–03. Валовое содержание элементов определяли на атомно-эмиссионном спектрофотометре ICPE-9000 («SHIMADZU Corp.», Япония) (Салихов, 2023). Целью работы являлась оценка геохимического состояния почв с использованием нескольких индексов загрязнения. Нами были рассчитаны индексы - фактор загрязнения ( $C_f$ ) и степень загрязнения ( $C_{deg}$ ) и сравнено содержание тяжелых металлов в почвах биогеохимических провинций Республики Татарстан (табл. 1)

Таблица 1 – Результаты по индексам  $C_f$  и  $C_{deg}$  в провинциях Республики Татарстан

| № п/п | Провинция           | As          | Cd          | Cr   | Cu   | Ni          | Pb   | Zn   | Степень загрязнения ( $C_{deg}$ ) |
|-------|---------------------|-------------|-------------|------|------|-------------|------|------|-----------------------------------|
| 1     | Предволжье          | 0,21        | 0,57        | 0,24 | 0,23 | <b>5,81</b> | 0,01 | 0,26 | 7,31                              |
| 2     | Западное Предкамье  | 0,09        | 0,88        | 0,22 | 0,21 | <b>5,16</b> | 0,05 | 0,23 | 6,82                              |
| 3     | Восточное Предкамье | <b>2,20</b> | 0,41        | 0,26 | 0,17 | <b>7,25</b> | 0,03 | 0,20 | <b>10,53</b>                      |
| 4     | Западное Закамье    | 0,10        | 0,77        | 0,24 | 0,28 | <b>6,02</b> | 0,04 | 0,26 | 7,69                              |
| 5     | Восточное Закамье   | 0,09        | <b>1,62</b> | 0,37 | 0,38 | <b>8,93</b> | 0,02 | 0,25 | <b>11,65</b>                      |

Анализ результатов  $C_f$  показал, что, в почвы провинций Республики Татарстан чистые по отношению к Cr, Cu, Pb и Zn. Однако, во всех провинциях имеется загрязнение Ni. В отдельных провинциях обнаружено умеренное загрязнение As и Cd. Результаты по  $C_{deg}$  подтверждают результаты по  $C_f$ , в Восточном Предкамье и Восточном Закамье обнаружено умеренное загрязнение.

Список использованной литературы:

Kowalska J.B., Mazurek R., Gąsiorek M., Zaleski T. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination – A review / J.B. Kowalska, R. Mazurek, M. Gąsiorek [et al.] // Environmental Geochemistry and Health. – 2018. – № 40. – P. 2395–2420. DOI: 10.1007/s10653-018-0106-z

Салихов Д.Г. Оценка загрязнения почв тяжелыми металлами в биогеохимических провинциях Республики Татарстан / Д.Г. Салихов, С.В. Петров, Н.Д. Шамаев, Г.Г. Казарян, Н.Р. Гайфутдинова, И.Б. Выборнова, М.Н. Мукминов, Э.А. Шуралев // Journal of Agriculture and Environment. – 2023. – № 8 (36). – С. 1–5.

**ПРОТОТИП ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МОНИТОРИНГА  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА**

Самойлов С.Ю.<sup>1</sup>, Евстигнеев В.П.<sup>1,2</sup>, Егоркин А.А.<sup>1,2</sup>, Вахонеев В.В.<sup>1</sup>, Минский И.А.<sup>1</sup>

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

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

SYSamoylov@sevsu.ru

Для обеспечения требуемых комплексных наблюдений за состоянием окружающей среды (ОС) с учетом ее оценки и прогноза, её загрязнением в контексте инновационного и адаптивного подходов на компонентном и системном уровнях и за происходящими в ней природными явлениями, а также в связи с имплементацией прецизионных способов оценки в современные информационные технологии, проведен обзор существующих онтологических моделей мониторинга окружающей среды (Wang, 2020; Masmoudi, 2018; Bonacin, 2016; Fazliev, 2017). На основе полученного анализа был предложен прототип универсальной цифровой модели мониторинга воздушной среды на основе онтологического подхода (OWL) и ее инкапсуляция в специализированные информационно-аналитические системы через соответствующее Application Programming Interface (API) с возможностью повторного применения. Цель эксперимента состоит в том, чтобы достичь семантическое моделирование процесса наблюдения в Sensor Web путем интеграции мониторинга атмосферного воздуха (АВ) и информационно-аналитической системы оповещения, которая определяет знания предметной области и помогает лицу, принимающему решение (ЛПР), в управлении геоэкологическими рисками.

В эксперименте за основу онтологии системы мониторинга АВ взят стандарт W3C системы наблюдения (SOSA – SSN) <https://www.w3.org/TR/vocab-ssn/#Observations> (Semantic, 2017). Аксиоматизация таксономии метеорологических параметров, химических процессов и процедуры производства наблюдения в виде новых классов (Результат (атмосферные осадки, температура приземного воздуха, ветер, спутники), Время наблюдения, Типовой момент времени (W3C), Реестр объектов негативного воздействия, Наблюдаемое свойство, Измерительная система, Платформа с системами измерения, Пункт наблюдения, Процедура производства наблюдения, а также вычисляемых классов: Год расчёта индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), Выборка случаев превышения ПДК, Выборка случаев превышения ПДК по веществу первого класса опасности, построенных по семантически расширенным правилам вывода предупреждений о геоэкологических рисках с учётом интеграции гетерогенных датчиков качества АВ, конкретизируют знания предметной области и отвечают на вопросы ЛПР по выработке рекомендаций органам власти и гражданам о возможных ухудшениях окружающей среды и климатических явлениях.

По итогам проведенного исследования был предложен прототип онтологии мониторинга АВ, которая расширяет возможности использования новых характеристик и делает её универсальной цифровой онтологической моделью мониторинга ОС, основанной на процессе наблюдения в Sensor Web. Отображаемые процессы в виде новых классов и их экземпляров, свойств и отношений в мониторинге ОС могут относиться к различным временным и пространственным масштабам и представляться на разных уровнях детализации. Использование правил OsaWL позволяет описать последовательность логических рассуждений, которые приводят к выводу новых фактов.

Прототип универсальной цифровой онтологической модели может быть внедрен в информационно-аналитические системы на основе онтологии экологического мониторинга с «конструктором» тематических виджетов для специализации системы под потребителя в виде веб-приложения и мобильного веб-сайта.

*Работа выполнена при поддержке программы Приоритет-2030 Севастопольского государственного (стратегический проект №3).*

## СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОЙ РАБОТЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Сафонов В.А.<sup>1,2</sup>, Дьяков Н.Н.<sup>1</sup>, Дологлонян А.В.<sup>2</sup>, Клименко А.Г.<sup>2</sup>, Жилиев С.А.<sup>1</sup>,  
Белогудов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Севастопольское отделение ГОИН, г. Севастополь, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
hydrogen18@mail.ru

Энергетика построена на заборе с глубин энергоносителей – уголь, нефть, уран и прочих энергоносителей, причем затраты энергии на подъем их на поверхность меньше энерго-содержания их при реализации на поверхности. Возможно поднимать с глубин и другие энергосодержащие материалы, например, сжатый атмосферой воздух, который совершит работу при расширении на поверхности.

На рисунке 1 показана схема работы способа при:

давлении воздуха -  $P^{2000}=127783$  Па, температуре воздуха –  $T^{2000}=278$ К,

плотности воздуха –  $\rho_1=1,478$  кг/м<sup>3</sup>.

Над поверхностью моря давление воздуха –  $P^0=101325$  Па, температура воздуха  $T^0=288,1$  К.

При глубине погружения воздухопроводов диаметром 1 м, на 2000 м, предлагаемая установка будет иметь постоянную полезную мощность 70,3 кВт (за минусом потерь на создание скорости на входе, на трение в трубах и компенсацию мощности на неоднородность давления в трубах) увеличит выработку энергии более, чем в 8,8 раза по сравнению с USW -56-100 и составит 607 МВт час в год при уменьшении диаметра ротора в 17 раз, заменит почти 9 ВЭУ USW -56-100, значительно сократит объем занимаемого пространства ВЭУ и ВЭС.

При опускании воздухопроводов диаметром 1 м до 1000 м мощность предлагаемой ВЭУ составит постоянно 24 кВт, а энерговыработка составит:  $24 \times 24 \times 30 \times 12 = 207,36$  МВт час и по сравнению со средней для ВЭУ USW -56-100 при коэффициенте использования  $C=0,45$  и среднегодовой скорости ветра 5,44 м/с энерговыработка увеличится в  $207/82=2,53$  раза.

При диаметре воздухопроводов 1,9 м и погружении их на 200 м площадь на срезе трубы перед генератором, в связи с увеличением скорости до 71,45 м/с, может уменьшится в  $71,45/11,45=6,24$  раза, площадь перед турбиной составит 0,463 м<sup>2</sup>, а диаметр воздухопровода напорного, и, следующего за ним ротора составит 0,77 м, что меньше диаметра ротора ВЭУ USW -56-100 в 22 раза. При этом, энерговыработка за год составит 223,776 МВт час в год, что больше энерговыработки ВЭУ USW -56-100 в 3,2 раза и значительно сократит объем занимаемого пространства ВЭУ и ВЭС.

При погружении воздухопроводов на глубину 20 м и диаметре труб 6,05 м при разности давлений в трубах полезная электрическая мощность составит 65,17 кВт. Энерговыработка составит 563 МВт час в год.

Такой способ работы позволяет обеспечить постоянный избыток давления на выходе из воздухопровода напорного сжатого воздуха и непрерывную работу ВЭУ, обеспечит постоянную скорость воздуха на турбине и ее мощность.

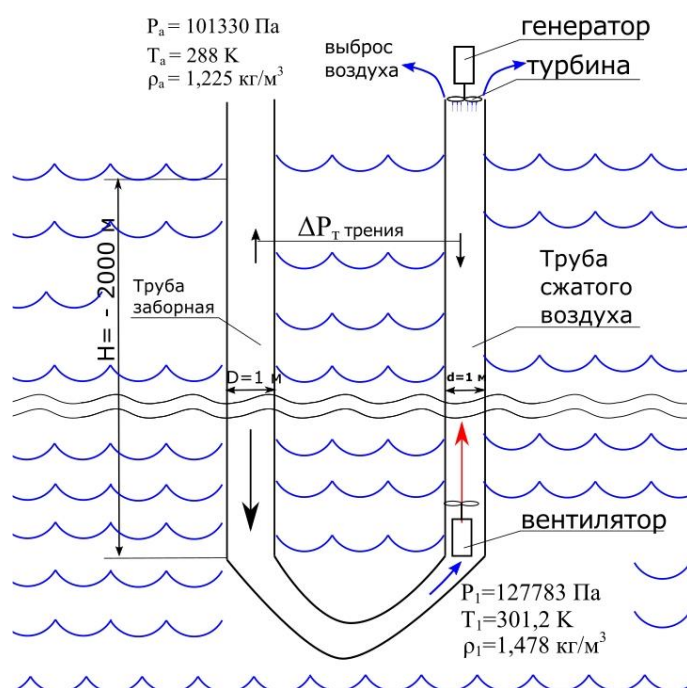


Рисунок 1

## ПЛОТНОСТЬ КЛЕТОЧНЫХ СТЕНОК ТРАХЕИД ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.). МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Силкин П.П.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
ppsilk@rambler.ru

В работе представлены основные этапы метода измерения плотности клеточных стенок трахеид хвойных. Метод базируется на расчёте плотности клеточных стенок с использованием денситометрических и анатомических данных ксилемы годичных колец. Метод реализован в виде компьютерной программы SpektrMP, позволяющей рассчитывать не только плотность клеточной стенки для трахеид годичных колец, но и получать для них комплекс данных, включая радиальный размер клетки и толщину её клеточной стенки, площади поперечного сечения клетки и клеточной стенки, среднюю плотность клетки и её массу, что позволяет проводить комплексный анализ взаимосвязей этих параметров в зависимости от эндогенных и экзогенных факторов, что делает данный подход методом многопараметрического анализа структуры годичных колец с пространственным разрешением в пределах клетки. Проведены измерения плотности клеточных стенок для годичных колец *Larix Sibirica* Ledeb., произрастающих в климатических условиях севера Красноярского края. Согласно полученным данным, плотности клеточных стенок имеют связь с их толщиной и высокие величины плотности в зоне ранней древесины, уменьшающиеся к зоне поздней древесины.

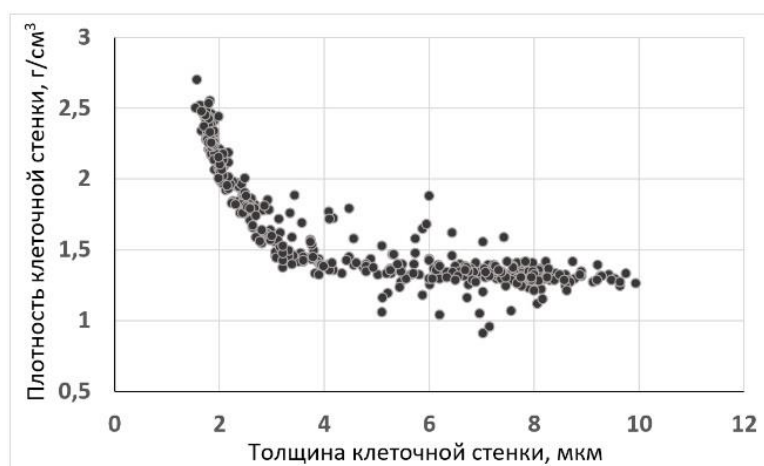


Рисунок 1 – Связь плотности клеточной стенки с её толщиной в годичных кольцах *Larix Sibirica* Ledeb. на примере одного образца

В работе проведён анализ ключевых этапов работы метода, подтвердивший корректность их работы и дано объяснение высоких плотностей клеточных стенок ранней древесины на основе влияния химического состава клеточных стенок на результаты рентгеновской денситометрии. Для восстановления профиля плотности годичных колец по анатомическим данным необходимо учитывать наличие связи плотности клеточной стенки с её толщиной, т.к. использование одной и той-же плотности клеточной стенки для всех зон годичного кольца приведёт к расхождению между данными по плотности, измеренными методами рентгеновской денситометрии и плотности, рассчитанной по анатомическим данным.

Список использованной литературы:

Силкин П.П. Методы многопараметрического анализа структуры годичных колец хвойных. – Сибирский федеральный университет, 2010. – 335 с.

Silkina P.P., Ekimova N.V. Relationship of strontium and calcium concentrations with the parameters of cell structure in Siberian spruce and fir tree-rings // *Dendrochronologia*. – 2012. – № 30(2). – P. 189–194.

**ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ЕДИНСТВА  
«ПРОСТРАНСТВО – ТЕРРИТОРИЯ»  
(на примере Тихоокеанской России)**

*Скрыльник Г.П.*

ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия  
skrylnik@tigdvo.ru

Изменение территориальных геосистем (ГС) происходит по спирали, занимая по ходу все более и более высокое положение в пространстве с более высоким запасом потенциальной энергии. Таким образом, процесс развития геосистем постоянно обновляется.

Автором прослежено, что развитие здесь ГС протекает во времени (Бич, 2002) и пространстве (Бич, 2002; Горелик, 1983) одновременно и непрерывно (неравномерно и прерывисто), по 2 путям – эволюционному и катастрофическому (Скрыльник, 2019; Тимофеев, 1974).

Выявленные структурные и динамические составляющие ГС в общей организации Пространства и Территории Тихоокеанской России помогают установить особенности существующего их единства. Дальнейшая детализация структуры указанного единства проходит при использовании особых подходов в ходе мониторинга территории.

Таковыми подходами являются:

а) территория принимается, с одной стороны, как видимое пространственно-временное состояние зримого объекта, а с другой – внешнее пространственное выражение внутреннего содержания почвенно-грунтового субстрата и коренных пород. Такое единство выступает как одно общее понятие неразрывного «пространства-территории».

б) пространство и территория испытывают одновременно отталкивающее и притягивающее притяжение. Это «укрепляет» их единство.

в) в организации пространства и территории в сходных природных условиях существует, хотя и кратковременное, отражение сближения и(или) приобретение сходных или совпадающих признаков – пространство на отдельных участках приобретает выраженность границ, а территория объемно-пространственные очертания. В результате пространство и территория взаимно обогащаются и приобретают черты общего единства.

г) комплексный подход по вскрытию внутренней сущности единого образования Пространства и Территории основан на сочетании возрастающего суммарного эффекта указанных отдельных подходов.

Учет вышеперечисленных особых подходов при изучении специфики развития Пространства и Территории приводит к более глубокому вскрытию пространственно-временного состояния ГС. Их использование оказывает помощь при разработке оптимальных вариантов рационального природопользования в ходе природного мониторинга на территории Тихоокеанской России.

Список использованной литературы:

Бич А.М. Природа времени: Гипотеза о происхождении и физической сущности времени. – М.: ООО Астрель, 2002. – 288 с.

Горелик Г.Е. Размерность пространства: Историко-методологический анализ. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 216 с.

Скрыльник Г.П. Пространство-время в развитии геосистем и природные риски // Арктика и Антарктика. – 2019. – № 1. – С. 1–14.

Тимофеев Д.А. Неравномерность рельефообразования во времени и пространстве // Проблемы регионального геоморфологического анализа. – П.: изд-во ГО СССР, 1974. – С. 16–19.



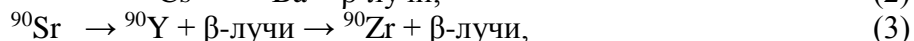
**МОЛЛЮСКИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* ЛАМ КАК ИНДИКАТОРЫ  
Ba, Xe, Zr НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ СЕВАСТОПОЛСКОГО ВЗМОРЬЯ  
(ЧЕРНОЕ МОРЕ)**

Смирнова Л.Л.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия  
inik48@inbox.ru

26 апреля 1986г. в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС (Киевская область) произошли последовательные выбросы в тропосферу радионуклидов  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  под действие которых попали прибрежные акватории и западное побережье Крымского полуострова (Радиоэкол. отклик ..., 2008). Для изучения особенностей распределения радионуклидов в прибрежных акваториях и бухтах г. Севастополя научными сотрудниками ИнБЮМа проводился мидийный контроль "Mediterranean Mussel Watch" (Egorov et. al., 2002). Двустворчатые моллюски фильтруют морскую воду, содержащую постоянно изменяющиеся концентрации различных соединений и накапливают их в мягких тканях, что позволяет оценивать уровень ее загрязнения. Проведенные исследования показали возрастание в черноморских поверхностных водах в 6–10 раз концентрации  $^{137}\text{Cs}$  и более высокое содержание  $^{90}\text{Sr}$  в морских донных отложениях юго-западной части Черного моря (Радиоэкол. отклик ..., 2008).

После чернобыльской аварии прошло 37 лет и представляет интерес оценить уровни стабильных продуктов распада чернобыльских радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  (время их полураспада в пределах 30 лет) и  $^{131}\text{I}$ , накопившихся в придонных слоях и толще воды севавтопольского взморья. Распад радиоизотопов  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  до стабильных изотопов: ксенона (Xe), бария (Ba) и циркония (Zr) соответственно, приведен в формулах 1, 2, 3:



Xe, Ba, Zr определялись в мягких тканях моллюсков *M. Galloprovincialis* с размером створки 50–52 мм. Животные собирались с веревочных коллекторов на глубине 2–3 м и с морского дна под ними на мидийной ферме, расположенной на севавтопольском побережье (100 м от берега, глубина 15 м). Концентрация этих элементов определялась методом масс-спектрального анализа с индуктивно связанной плазмой.

Результаты анализа показали присутствие в мягких тканях мидий Ba и Zr, концентрация которых была выше в мидиях, отобранных со дна. Содержание Ba в мягких тканях донных мидий достигало 8–15 мкг·г<sup>-1</sup> сух. ткани. Его содержание в мягких тканях мидий из толщи воды было ниже в 10–12 раз. Ba не только поступал в морскую воду при распаде радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ , но и является ее постоянной составляющей (Хорн, 1972). Концентрация Zr в мягких тканях донных мидий достигала 0,6–2,2 мкг·г<sup>-1</sup> сух. ткани, что в 6–10 раз превышало его содержание в мидиях из толщи воды. Следует отметить, что в мягких тканях всех исследованных мидий отсутствовал Xe, который образуется при распаде  $^{131}\text{I}$ . Период полураспада радиоизотопа  $^{131}\text{I}$  составляет 8 дней. Возможно, конечный продукт этого распада – стабильный изотоп  $^{131}\text{Xe}$  (формула 1), образовывался в толще морской воды севавтопольского взморья, куда выпадал  $^{131}\text{I}$ . И Xe не успевал оседать на дно и разносился морским течением.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института природно-технических систем (№ госрегистрации 121122300072-3).

Список использованной литературы:

Радиоэкологический отклик Черного моря на Чернобыльскую аварию /под ред. Г.Г. Поликарпова и В.Н. Егорова. – Севастополь, НИЦ: «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2008. – 667 с.

Egorov V.N. et al. The Sevastopol Bay radiochemoecological monitoring program using the mollusc *Mytilus galloprovincialis* // Proc. CIESM Workshop "Mediterranean Mussel Watch", 18–20 April 2002, Marseilles (France). – Marseilles, 2002. – P. 53–57.

Хорн Р. Морская химия (структура воды и химия гидросферы) – М.: Мир, 1972. – 399с.



## **ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НОВОАФОНСКОГО ЛЕБЕДИНОГО ПРУДА И ФАКТОРЫ ИХ ВЛИЯНИЯ НА РАЗВИТИЕ ВОДОРΟΣЛИ ЭЛОДЕИ**

*Углава А.А., Дбар Р.С., Нешенко И.П., Жиба Р.Ю.*

ИЭ АНА «Институт экологии Академии наук Абхазии», г. Сухум, Абхазия  
uglava.aida123@mail.ru

Работа посвящена гидрохимическим исследованиям Новоафонских Лебединых прудов, в которых возникла проблема гибели водоросли элодеи.

Для измерений использовалось портативное полевое устройство WTW Multi 3630, оснащенное датчиками температуры, глубины, а также съемные датчики измерений pH IDS, pH combined electrode SensoLyt 900-P, проводимости IDS Conductivity measurement cell TetraCon 925-P и кислорода IDS Oxygen measurement cell FDO 925-P.

Используя результаты гидрохимических измерений воды, собранных на Лебедином озере г. Новый Афон, и проб, взятых по руслу р. Псырцха, была дана оценка экологического состояния Новоафонского Лебединого пруда. Было установлено, что пруды испытывают антропогенную нагрузку, связанную со сбросом сточных вод от гостиничных комплексов в р. Псырцха. Определены источники негативного воздействия на развитие водоросли элодеи и предложены мероприятия по решению проблемы ее гибели.

Основными направлениями водопользования являются: выращивание рыбы и использование территории в рекреационных целях.

На момент исследования вод Новоафонских прудов было замечено, что они имеют общее избыточное содержание кислорода. Значительные концентрации кислорода в прудах могут быть свидетельством использования альгицидов с активным кислородом, попадающие в пруды со сточными водами.

Решение проблемы гибели элодеи может быть достигнуто путем полного запрета сброса сточных вод от пансионатов, гостиниц и автомоек в реку Псырцха. Возможно, часть сточных вод направлена прямо в пруды, что проявляется в центральном бассейне, где северная часть пруда с выраженным угнетением растительности.

Целесообразно согласование режима водообмена системы Новоафонских прудов и хозяйственных объектов с рекой Псырцха путем определения временного графика забора воды в пруды из реки. Перспективно создание прямой связи между сетью прудов и Новоафонским водопадом с помощью канала или водовода. Все это требует значительных затрат на строительство очистных сооружений.

### Список использованной литературы:

- Гордон А., Форд Р. Спутник химика. – М.: Атомиздат, 1976. – 246 с.
- ГОСТ 17.1.3.07-82, 2010: ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы, гидросфера. Правила контроля качества воды, водоемов и водотоков. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2010. – 3 с.
- Гусева 2000: Гусева Т.В., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Молчанова Я.П. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды // Справочные материалы. – М.: СоЭС, 2000. – 75 с.
- Тимохина 1988: Тимохина С.А. Семейство Hydrocharitaceae – Водокрасовые // Флора Сибири. – Новосибирск: Наука, 1988. – С. 118–119.
- Тулохонов 2009: Тулохонов А.К. Энциклопедический справочник «Байкал: природа и люди». – Улан-Удэ: ЭКОС: Издательство БНЦ СО РАН, 2009. – 155 с.
- Цвелев Н.Н. Семейство водокрасовые (Hydrocharitaceae). Жизнь растений: – М.: Просвещение, 1982. – С. 17–24.

## АНАЛИЗ СМОГА В ПЕКИНЕ

Федосеева Н.В., Сергеева Н. О.

ФГБОУ ВО Российский Государственный Гидрометеорологический Университет,  
г. Санкт-Петербург, Россия  
natasha-sergeeva@autorambler.ru

В ходе выполнения работы был сформирован архив ежедневных данных основных характеристик индекса качества воздуха в г. Пекин (Китай) за период с 2015 по 2019 годы (Air quality index). Проанализирована внутримесячная, внутригодовая и межгодовая изменчивость этих характеристик (рис.1). Сформирован архив метеопараметров на станции Пекин [Архив погоды] и проанализированы наиболее благоприятные для развития смога условия (рис.2).

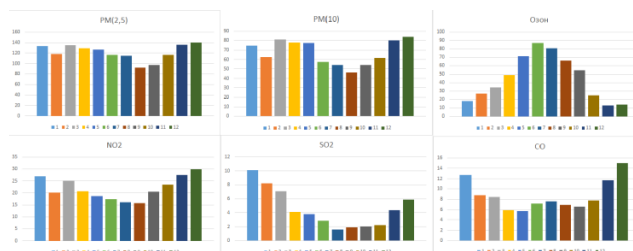


Рисунок 1 – Внутригодовая изменчивость средних многолетних характеристик индекса качества воздуха

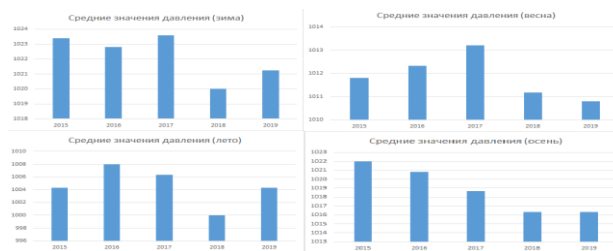
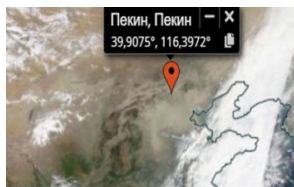
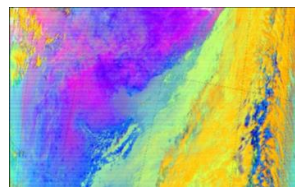


Рисунок 2 – Средние сезонные значения атмосферного давления в даты с высокой концентрацией загрязнителей

На основании полученных данных были выявлены дни с максимальными значениями загрязнителей. В целях дистанционного выявления смога с высокими концентрациями крупных частиц в дни с их высокими показателями были получены спутниковые снимки MODIS/Aqua, Terra и применена модель цветового синтезирования Seviri Ash/Dust RGB, разработанная для выделения пыльных бурь и вулканических выбросов на спутниковых изображениях (Fedoseeva, 2022).



а) Изображение в естественных цветах



б) Ash RGB

Рисунок 3 – Фрагмент снимка смога в Пекине 04.05.2017.

Выполненный анализ показал, что концентрация загрязняющих веществ уменьшается в теплое время, а увеличивается в холодное. Исключением является озон, чья концентрация увеличивается летом. Анализ метеопараметров показал, что в Пекине в целом наблюдаются благоприятные условия для формирования смога. Смог формируется при повышенном для Пекина атмосферном давлении. В последние годы наблюдается тенденция сокращения выбросов загрязняющих веществ в воздух, в связи с принятыми мерами борьбы со смогом. Показано, что модель Ash RGB может быть использована для дешифрирования смога.

Список использованной литературы:

Air quality index [Электронный ресурс]: URL: [https://energyeducation.ca/encyclopedia/Air\\_quality\\_index](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Air_quality_index)

Архив погоды [Электронный ресурс]: URL: <http://aqicn.org/city/beijing/ru/>

Fedoseeva N.V., Lvov A.L. - Principal component analysis applied to satellite imagery for volcanic plume detection over Kuril and Kamchatka region. //European journal of natural history. – 2022. – № 1. – P. 4–9.

## К ВОПРОСУ О РЕЧНОМ СТОКЕ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ДОННЫЕ ОСАДКИ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Халиков И.С., Лукьянова Н.Н.

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

Khalikov@rpatyphoon.ru

Контроль уровней содержания полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в донных отложениях оз. Байкал показал более высокие концентрации (в несколько раз) в южной части озера (района г. Байкальска) по сравнению с центральным и северным Байкалом (Khalikov, 2021). В свое время Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат (БЦБК) являлся одним из крупнейших загрязнителей оз. Байкал, который функционировал без перерыва производства с 1966 по 2009 г. и был закрыт в конце 2013 г.

Как известно, ПАУ могут поступать в донные отложения озёр, как в результате влажных и сухих осадений из атмосферного воздуха, так и водными потоками (реками, очистными стоками, эрозией почвы).

Для оценки загрязнения ПАУ поверхностных водотоков, протекающих по обследуемой территории, на реках Бабха, Харлахта, Солзан, Большая Осиновка и Малая Осиновка было отобрано 10 проб осадков в 2021 году выше полигонов хранения отходов или выше г. Байкальска и в устьях рек перед впадением в оз. Байкал, а также 4 пробы осадков в 2022 году в устьях рек Харлахта, Солзан, Большая Осиновка и Малая Осиновка. Следует отметить, что в 2020 г. русла указанных рек были подвергнуты селезащитным мероприятиям.

Для идентификации и количественного определения ПАУ использовали метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с флуориметрическим детектированием (Khalikov, 2022).

В 14 пробах донных отложений пяти рек были количественно определены (интервалы значений, мкг/кг) в порядке выхода на хроматограммах следующие приоритетные ПАУ в 2021–2022 гг. – нафталин (<1,0-4,7), аценафтен (<0,2-0,2), флуорен (<0,1-0,7), фенантрен (<0,2-5,4), антрацен (<0,1-0,3), флуорантен (<0,2-12,9), пирен (<0,2-8,1), бенз(а)антрацен (<0,2-1,1), хризен (<0,2-9,1), бенз(е)пирен (<0,2-3,9), бенз(б)флуорантен (<0,2-9,6), бенз(к)флуорантен (<0,1-2,4), бенз(а)пирен (<0,1-1,7), дибенз(а,н)антрацен (<0,2-0,2), бенз(г,н,и)перилен (<0,2-3,3) и инден[1,2,3-с,д]пирен (<0,2-3,4). Во многих случаях содержание индивидуальных ПАУ было ниже пределов обнаружения. Максимальные концентрации ПАУ по сравнению с другими реками были зафиксированы в донных отложениях устья реки Большая Осиновка в 2022 году, однако даже эти концентрации являются "низкими" (класс № 2) в классификации загрязненности (Khalikov, 2021).

Содержание ПАУ в донных осадках рек, впадающих в озеро в этом районе, было значительно меньше (на 1-2 порядка), по сравнению с донными отложениями самого озера. Таким образом, можно считать, что вклад поступления ПАУ речными стоками в обследуемую акваторию оз. Байкал незначителен.

### Список использованной литературы:

Khalikov I.S., Makarenko A.A., Levshin D.G., Lukyanova N.N., Yakhryushin V.N. New Data on the Concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Sediments in the Coastal Zone of Lake Baikal // Russian Journal of General Chemistry. – 2021. – Vol. 91, No. 13. – P.2817–2826.

Khalikov I.S., Lukyanova N.N. Monitoring of Benzo(a)pyrene Pollution of Bottom Sediments of the Lake Baikal in the Sites of Increased Anthropogenic Load over the Period from 2011 to 2021 // Russian Journal of General Chemistry. – Pleiades Publishing, Ltd. – 2022. – Vol. 92, No. 13. – P. 3134–3142.

**СОСТАВ НЕКОТОРЫХ НАФТАЛИНОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ  
ЮЖНОГО БАЙКАЛА В РАЗНОЕ ВРЕМЯ ГОДА**

*Халиков И.С., Лукьянова Н.Н.*

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

Khalikov@rpatyphoon.ru

Определение приоритетных ПАУ в донных отложениях озера Байкал в настоящее время проводится ИПМ ФГБУ "НПО Тайфун" (г. Обнинск) систематически с 2011 года и является частью комплексного экологического мониторинга состояния озера Росгидрометом (Халиков, 2020а).

Нафталин (НАРН), 1-метилнафталин (1-МеНАРН) и 2-метилнафталин (2-МеНАРН) относятся к группе низкомолекулярных (2-ядерных) ПАУ, которые в природной среде, в основном, связаны с нефтью и ее продуктами. Изучение особенностей распределения молекулярных маркеров в составе донных отложений в последнее время является одним из направлений развития органической геохимии.

Материалом для исследований являлись 65 проб донных отложений южного Байкала в районе выпуска коммунальных очистных стоков г. Байкальска (полигона БЦБК) и фонового участка, расположенного в 20 км западнее, которые были отобраны ФГБУ "Иркутское УГМС" во время весенних подледных геохимических съемок (март) и осенней экспедиции в сентябре 2022 года. В работе для идентификации и количественного определения НАРН, 1-МеНАРН и 2-МеНАРН (см. табл. 1) использовали метод ВЭЖХ с флуориметрическим детектированием, после предварительной экстракции с использованием пробоподготовки QuEChERS из анализируемых проб (Халиков, 2020b).

Таблица 1 – Среднее содержание и интервал значений НАРН, 1-МеНАРН и 2-МеНАРН в донных отложениях южного Байкала (2022 г.)

| Район отбора    | Месяц отбора, (число проб) | Среднее, в скобках интервал (min-max) концентраций ПАУ, нг/г |                     |                     |
|-----------------|----------------------------|--|---------------------|---------------------|
|                 |                            | НАРН   | 1-МеНАРН            | 2-МеНАРН            |
| Полигон БЦБК    | Март (28)                  | 17,2±9,8 (2,0-36,3)  | 9,1±4,3 (2,9-17,1)  | 22,0±10,1(6,6-40,9) |
|                 | Сентябрь (31)              | 12,0±7,4 (0,6-27,4)  | 10,4±6,1(<0,5-21,4) | 22,5±11,9(1,9-40,7) |
| Фоновый участок | Март (3)                   | 19,8±5,0 (14,9-24,9)   | 12,1±3,1 (8,6-14,6) | 24,9±7,1(16,7-29,3) |
|                 | Сентябрь (3)               | 7,3±4,9 (2,9-12,6)   | 6,2±3,0 (4,1-9,6)   | 14,4±5,7(10,9-21,0) |

Результаты по среднему содержанию изучаемых нафталинов в донных осадках южного Байкала показывают независимо от сезона следующий ряд: 2-МеНАРН > НАРН > 1-МеНАРН. Особенностью сезонного изменения состава нафталинов в донных отложениях полигона БЦБК и фонового участка является преобладание НАРН в весеннее время отбора по сравнению с осенним временем (сентябрь), а в случае с метилнафталинами эта тенденция прослеживается только для фонового участка. Молекулярное соотношение НАРН/(НАРН+1-МеНАРН+2-МеНАРН) в осадках полигона БЦБК и фонового участка в весенний сезон составляет 0,36 и 0,35 соответственно и уменьшается до 0,26-0,27 в осенний сезон. По-видимому, с ростом показателей пироженности в донных отложениях значение НАРН/(НАРН+1-МеНАРН+2-МеНАРН) уменьшается.

Список использованной литературы:

Халиков И.С., Лукьянова Н.Н. Содержание полициклических ароматических углеводородов в донных отложениях озера Байкал по результатам мониторинга в 2017–2018 гг. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020а. – №6–2(96). – С. 69–73.

Халиков И.С. Полициклические ароматические углеводороды в донных отложениях Баренцева и Карского морей // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. – 2020b. – Т.16, № 1. – С. 13–19.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДЗЗ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ МАКАРОВСКОГО РАЙОНА САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

*Харыбина А.С., Воротынцев К.Д.*

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия

kharybina.a@gubkin.ru

Транссахалинская трубопроводная система – важнейший объект нефтегазового проекта «Сахалин-2», имеющий протяженность более 800 км и соединяющий добычные платформы и производственный комплекс «Пригородное», где происходит сжижение газа и отгрузка нефти. Такая протяженность трубопровода накладывает риски, связанные с потерями углеводородного сырья в результате аварийных разливов. Сахалинские трубопроводы располагаются в сложных климатических и инженерно-геологических условиях, обусловленных проявлением опасных геологических процессов – землетрясений, селей, речной эрозии. Учет данных процессов позволяет обеспечить целостность трубопроводной системы и дает возможность сделать прогноз технического состояния исследуемого объекта.

Особенно опасным с точки зрения риска порывов трубопровода является Макаровский район. В данном сегменте трубопровод не только пересекает 5 разломов, 11 рек, имеющих важное промысловое значение (рис. 1), но и проходит через горные территории, для которых велик риск формирования перечисленных процессов. (Казаков, 2008) Поэтому участок транссахалинской трубопроводной системы на территории Макаровского района, а также полоса землеотвода являются объектами изучения данной работы.



Рисунок 1 – Укладка трубопровода в селевом русле реки Пулька (Казаков, 2008)

В процессе комплексного анализа полосы землеотвода транссахалинской трубопроводной системы на территории Макаровского района, было установлено, что наиболее опасными с точки зрения воздействия на трубопроводы являются оползневые процессы и речная эрозия, участки проявления которых выявлены вдоль полосы землеотвода. В рамках визуального осмотра территории обнаружено 32 участка проявления эрозионных процессов, которые были учтены при прокладке трубопровода. Были использованы противоэрозионные меры – раскаты склонов, габионы, каменная наброска. (Харыбина, 2023)

Список использованной литературы:

Казаков Н.А., Генсировский Ю.В. Экзогенные геодинамические и русловые процессы в низкорельефе о. Сахалин как факторы риска для нефтегазопроводов «Сахалин-2» // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – №6. – 2008. – С. 483–496.

Харыбина А.С., Ванчугов И.М., Жаркова В.В., Афанасьев А.В. Выявление геоэкологических рисков эксплуатации производственного комплекса «Пригородное» в рамках нефтегазового проекта «Сахалин-2» // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2023. – № 4 (313). – С. 34–41.

## РОЛЬ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ ИХТИОФАУНЫ И ПРОДУКТИВНОСТИ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Шакирова Ф.М.<sup>1</sup>, Латыпова В.З.<sup>2,3</sup>, Никитин О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Татарский филиал ФГБНУ «ВНИРО», «ТатарстанНИРО», г. Казань, Россия

<sup>2</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

<sup>3</sup>Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, г. Казань, Россия  
shakirovafm@gmail.com

Куйбышевское водохранилище, расположенное в промышленном и густонаселенном районе среднего Поволжья, относится к водоёмам многоцелевого назначения и регулирует более 90% водных ресурсов бассейна Волги (Куйбышевское..., 2007).

Значительные изменения в составе рыбного населения на Средней Волге произошли в результате антропогенного (гидростроительство, активизация судоходства, искусственная интродукция и др.) и естественного воздействия (глобальные климатические изменения). В районе будущего водохранилища, встречался 51 вид рыб (Кузнецов, 2008). Перекрытие Волги плотинами Жигулёвской ГЭС изменило условия обитания рыб и существенно изменило их состав во вновь созданном водоеме (Шакирова и др., 2015 и др.). Исследование за проникающими, акклиматизируемыми и выращиваемыми в водохранилище видами рыб показывает, что процесс формирования ихтиофауны Куйбышевского водохранилища не стабилизирован, он продолжается в условиях проникновения и расселения чужеродных видов.

В настоящее время в составе ихтиофауны Куйбышевского водохранилища отмечается 60 видов рыб, в числе которых 19 видов – вселенцы, составляющие 31,7%, хотя видовой состав вселенцев, появившихся здесь в разные годы и различным путем насчитывает 24 вида, но некоторые из них в настоящее время уже не встречаются в водоёме, и информация по ним отсутствует (Шакирова и др., 2023).

Изменений в процессе формирования ихтиофауны Куйбышевского водохранилища и самопроизвольного вселения чужеродных видов в экосистему следует ожидать в результате строительства нового грузового порта (Свияжский мультимодальный логистический центр), расположенного на пересечении международных транспортных коридоров север – юг и запад – восток, а вступление России во Всемирную торговую организацию превратит создаваемый центр перевозок грузов для Поволжья в крупный перевалочный пункт экспортно-импортных грузов – международный транспортный коридор маршрута Китай–северо-западная Европа.

Исследование показателей роста и развития фитопланктона, зоопланктона и зообентоса Куйбышевского водохранилища во время летне-осенних съёмок водоема 2020–2022 гг. показало возможности кормовой базы в рыбопродуктивность водохранилища, которую можно повысить за счет проведения целенаправленных мероприятий по формированию ихтиофауны.

Часть исследований выполнялась за счёт средств субсидий, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № FZSM-2022-0003.

Список использованной литературы:

Куйбышевское водохранилище: экологические аспекты водохозяйственной деятельности / Под ред. В.З. Латыповой и др. – Казань: Фолиант, 2007. – 320 с.

Кузнецов В.А. Рыбы Волжско-Камского края. – Казань: Kazan, 2005. – 208 с.

Шакирова Ф.М., Северов Ю.А. Видовой состав ихтиофауны куйбышевского водохранилища // Вопросы ихтиологии, 2014. – Т. 54, № 5. – С. 520–532.

Шакирова Ф.М., Смирнов А.А., Латыпова В.З., Анохина О.К., Валиева Г.Д. Изменение ихтиоценоза Куйбышевского водохранилища на современном этапе функционирования экосистемы водоема // Экология речных бассейнов: Труды 11-й Международной научно-практической конференции, Суздаль, 25–28 сентября 2023 года / Под общей редакцией Т.А. Трифоновой. – Владимир: Владимирский гос. университет, 2023. – С. 141–151.

## НАПРАВЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ АЗОТНОГО ТЕТРАОКСИДА

Ющук Р.В.<sup>1</sup>, Краснобаева Д.Ю.<sup>2</sup>, Коробейникова К.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

ura776@mail.ru, d.krasnobaeva1@yandex.ru

При эксплуатации ракетно-космической техники широко используется компонент топлива – тетраоксид азота (амил,  $N_2O_4$ ). В целях обеспечения экологической безопасности остатки данного компонента нейтрализуют. В настоящее время существуют следующие методы нейтрализации амила: сжигание, химический, сорбционный. Каждый из них характеризуется недостатками, прежде всего, необходимостью использования дополнительных веществ и образованием выбросов или отходов производства. Поэтому они не в полной степени относятся к экологически безопасным.

Анализ методов нейтрализации показывает, что целесообразно проведение поиска способа, который будет соответствовать постоянно ужесточающимся природоохранным требованиям.

При обычных условиях тетраоксид азота находится в равновесии с диоксидом азота:



Состав смеси зависит от температуры и давления. С увеличением температуры равновесие смещается в сторону диоксида азота.  $N_2O_4$  практически полностью диссоциирует при  $140^\circ C$ . В этом случае появляется задача нейтрализации  $NO_2$ .

Нейтрализация диоксида азота используется в различных отраслях промышленности, например, с помощью аммиака (Жворонков, 1987). Однако применение аммиака связано с необходимостью выполнения дополнительных мероприятий по обеспечению технологической и экологической безопасности и усложняет технологический процесс.

Также применяется способ очистки диоксида азота путем его взаимодействия с углеродсодержащими материалами (уголь, кокс, графит) при температурах  $500\text{--}1300^\circ C$  (Родионов, 1989). Снижение температуры процесса возможно за счет применения высокодисперсного углерода (Пыжов, 2011). При повышении удельной площади поверхности используемых углей их активность существенно возрастает и интенсифицируется разложение диоксида азота.

Таким образом, существует возможность использования активных углей в термическом способе очистки газовых выбросов от оксидов азота. Целесообразно рассмотреть возможность нейтрализации диоксида азота в диапазоне температур  $140\text{--}400^\circ C$ . Возможно снижение температуры за счет использования вакуумирования, так как смещение химического равновесия при диссоциации амила и взаимодействии диоксида азота с углеродом при уменьшении давления происходит в сторону прямых реакций.

Список использованной литературы:

Жворонков Н.М. и др. Справочник азотчика. – М.: Химия, 1987. – 620 с.

Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1989. – 171 с.

Пыжов А.М., Рекшинский В.А. и др. Способ очистки газовых выбросов от оксидов азота. Патент РФ №2495708. 2011.

# **CONFERENCE ABSTRACTS**

**International Scientific and Practical Conference**

**"Environmental Control Systems – 2023"**

*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 and ASEAN*

Sevastopol

2023



## CONTENTS

### PLENARY REPORTS

*Antokhina O.Yu., Antokhin P.N., Arshinova V.G., Arshinov M.Yu., Belan B.D., Belan S.B., Davydov D.K., Dudorova N.V., Ivlev G., Kozlov A.V., Rasskazchikova T.M., Savkin D.E., Simonenkov D.V., Sklyadneva T.K., Tolmachev G.N., Fofonov A.V.* Features of air composition over Siberia and the Kara Sea in 2022. 129

*Bardin M.Yu.* Heat and cold waves in the main grain producing regions of the Russian Federation. 130

*Krasnodubets L.A.* An integrated approach to solving the problem of operational analysis of the state of vertical stratification of the ocean environment. In memory of Doctor of Technical Sciences, Professor V.A. Gaisky. 131

### SECTION 1. METHODS AND TOOLS FOR MEASURING OF NATURAL ENVIRONMENT PARAMETERS

*Chachev D.R., Sosnovskiy U.V., Milykov V.V.* Improvement of the emergency control system using LoRa technology. 135

*Fischenko V.K., Goncharova A.A., Zimin P.S., Golik A.V.* Program QAVIS for express analysis of images and videos: application in tasks of the water areas condition parameters estimation. 136

*Grekov A.N., Grekov N.A., Kuzmin K.A., Peliushenko S.S.* Experimental studies of the effects of acoustic and vibration signals of various frequencies on biosensory systems. 137

*Grekov A.N., Grekov N.A., Sychov E.N.* Uncertainties of sensors for indirect measurements of seawater salinity. 138

*Klimenko A.V., Evdokimov P.A.* Development of a two-chamber density measurement device invariant to inclination during immersion. 139

*Komarova E.P., Gudimov A.V., Alloyarov K.B.* On the issue of technology and sensors for recording the activity of aquatic organisms in online biomonitoring. 140

*Krasnodubets L.A., Kanov L.N.* Features of transformation of energy in wind electric plants. 141

*Mavrin A.S., Grekov A.N., Vyshkvarkova E.V.* Bivalve mollusks series activities anomalies detection by the SARIMAX model for the aquatic environment's automated complex. 142

*Moe Thanda Kyi* Apparatus and analytical technique for biomass and materials. 143

*Moiseev D.V., Shokin A.G.* Mathematical model of optimization of information logistics. 144

|  |     |
|--|-----|
| <i>Nikitin O.V., Kuzmin R.S., Safin A.A., Latypova V.Z.</i> Estimation of atmospheric methane levels over the Republic of Tatarstan territory using satellite remote sensing data.   | 145 |
| <i>Nikitin O.V., Kuzmin R.S., Vaziev I.I., Latypova V.Z.</i> Nitrogen dioxide content estimation within the troposphere over the Republic of Tatarstan territory based on tropomi spectrometer data.                               | 146 |
| <i>Nurzai V.A., Gubarev F.A., Lei V.A.</i> Application of optical displacement measurement methods to monitor engine vibration.  | 147 |
| <i>Oleynikov A.M., Kanov L.N.</i> Mathematical design of passing to electric power from remote wind electric stations.   | 148 |
| <i>Penkov M.N.</i> Practical aspects of seawater density profile measuring.  | 149 |
| <i>Ryazanov V.A., Pasyukov M.A., Alekseev S.Iu., Shmyreva I.G.</i> Automated laboratory stand for studying the influence of inhomogeneities in water on the output signals of the developed measuring channels.                    | 150 |
| <i>Senin V.G., Mikhailova A.V., Kuzmina T.G., Simakina Ya.I., Senin P.V.</i> Hydrogels – new generation sorbents in natural water monitoring for combined analysis methods.  | 151 |
| <i>Shapovalov O.Y.</i> Development of a navigation system module for a conditionally disposable oceanographic probe.   | 152 |
| <i>Shishkin Iu.E.</i> Development of information technology for visualization and algorithmic support for automating process analysis of marine environment profile measurements data.   | 153 |
| <i>Shishkin Iu.E.</i> The concept of using pressure measurement channel for express analysis of sea water local density at shallow depths.   | 154 |
| <i>Stepanova O.A., Sholar S.A., Penkov M.N.</i> Study of influence of electromagnetic field with frequency 300 Hz on marine microbiota.  | 155 |
| <i>Torganov D.V., Tsiron M.S., Lavrenchuk A.A., Spiransky M.Y., Gubarev F.A.</i> High-speed visualization of electric arc synthesis of ceramic materials.  | 156 |
| <i>Trusevich V.V.</i> Behavioral reactions of freshwater mollusks pearl barley to non-invasive effects of physical environmental factors in complexes of automated biosensor control of water in natural conditions of reservoirs. | 157 |
| <i>Varagushin P.A.</i> Modification of the LoRa protocol stack for the deployment of wireless sensor networks for recording environmental parameters.  | 158 |

**SECTION 2. GLOBAL AND REGIONAL CHANGES  
IN CLIMATE AND ENVIRONMENT**

|  |     |
|--|-----|
| <i>Averyanova E.A., Gubarev A.V., Polonsky A.B.</i> Comparative study of the influence of the East Atlantic/Western Russian and Scandinavian Oscillations on the wind stress curl over the Black Sea region. | 161 |
| <i>Bogdanovich A.Yu.</i> A system for tracking shifts in species climatic ranges.  | 162 |
| <i>Dobrolyubov N.Yu.</i> Regional manifestation of seasonality in the yearly course of surface monthly mean air temperature.   | 163 |
| <i>Fasolko D., Pigoltsina G.</i> Principles of accounting spatial variability of snow cover in difficult terrain for climate services of economic.   | 164 |
| <i>Fedotov A.B.</i> Numerical simulation of the evolution of a jet zonal wind flow using combined dissipation.   | 165 |
| <i>Fedotov A.B.</i> Investigation of the evolution of jet zonal wind flow using artificial sources and drains of vorticity.  | 166 |
| <i>Gayko L.A.</i> Climatic norms as an indicator of variability temperature along the coast of Primorsky Krai.   | 167 |
| <i>Galushin D.A., Gromov S.A.</i> Long-term dynamics and trends of oxidized sulfur and nitrogen deposition with precipitation in the areas of EMEP stations.   | 168 |
| <i>Gartsman B.I.</i> An attempt of simulation modeling of the runoff of rivers and karst spring systems of the Crimea.   | 169 |
| <i>Grebneva E.A., Polonsky A.B.</i> The role of regional hydrometeorological conditions in the formation of anomalous pH values in the upper layer of water in the deep part of the Black Sea.               | 170 |
| <i>Gurevich D.A., Cheredko N.N.</i> Effects of solar activity in the dynamics of characteristics of atmosphere action centers in the North Atlantic.   | 171 |
| <i>Khoroshunova D.A.</i> Detection of hidden periodicities in mass-balance series of the Djankuat glacier.   | 172 |
| <i>Lubkov A.S.</i> The future of the wind energy potential of the Crimean Peninsula according to the CORDEX regional modeling project.   | 173 |
| <i>Lubkov A.S., Voskresenskaya E.N.</i> On the experience of the ocean heat content in the upper 300-meter layer using as an additional predictor of the neural network model for the ENSO forecast.         | 174 |
| <i>Lysenko V.I.</i> Composition of fluid emissions from Laspi Bay into the atmosphere and hydrosphere (South Coast of Crimea).   | 175 |
| <i>Marchukova O.V., Voskresenskaya E.N.</i> La Niña responses according to ERA5 and its triple manifestation during 2020–2023.   | 176 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Marchukova O.V., Voskresenskaya E.N., Afanaseva V.V.</i> Selection and verification of CMIP6 models for study trade winds.  | 177 |
| <i>Maslova V.N., Zhuravsky V.Y., Lubkov A.S.</i> Possible changes in winter cyclonic activity in the Mediterranean-Black Sea region in the 21st century based on the CMIP6 model ensemble. | 178 |
| <i>Nikishova V.D., Korotkova N.V.</i> Investigation of the "heat island" of Magnitogorsk.  | 179 |
| <i>Novoselova E.V., Belonenko T.V., Gordeeva S.M., Budyansky M.V.</i> Comparison of thermohaline characteristics over the Kola section with climate indices for the North Atlantic.        | 180 |
| <i>Ormeli E.I., Solodovnikova Zh.A.</i> Climatic conditions of autumn period in the Saratov region.  | 181 |
| <i>Pekarnikova M.E.</i> The most likely scenario under the existing system of legal regulation and control of anthropogenic greenhouse gas emissions.                                      | 182 |
| <i>Polonsky A.B., Sukhonos P.A.</i> Projections of changes in the amount of winter precipitation in the Black Sea region in the XXI century.   | 183 |
| <i>Polonyankin D.A., Lubkov A.S.</i> Assessment of the quality of reproduction of the characteristics of the wind regime in the Crimean region by the ERA5 reanalysis.                     | 184 |
| <i>Postnikova T.N., Rybak O.O., Gubanov A.S., Zekollari H., Huss M.</i> Mathematical modeling of Elbrus glaciers in the XXI century.   | 185 |
| <i>Rybak O.O., Rybak E.A., Korneva I.A.</i> Parameterization of cloudiness in energy balance models of mountain glaciers.  | 186 |
| <i>Serebrennikov A.N., Polonsky A.B.</i> Anomalies of the thermal upwelling index in the eastern Pacific Ocean.  | 187 |
| <i>Serebrennikov A.N., Polonsky A.B.</i> Surface temperature of the open part of the Pacific Ocean, wind, and thermal index of eastern borderal upwelling systems.                         | 188 |
| <i>Shishkin G.I., Guryanov V.V.</i> Relationship of surface temperature with atmospheric circulation indices in the center of the European part of Russia.                                 | 189 |
| <i>Stefanovich A.A., Voskresenskaya E.N., Lubkov A.S.</i> The influence of El Niño and La Niña events on the extremeness of recreational indicators in the Crimea.                         | 190 |
| <i>Sukhonos O.Yu., Voskresenskaya E.N., Egorkin A.A.</i> Changes in heat waves and PM10 particle concentration in the Azov-Black Sea region.   | 191 |
| <i>Sukhonos O.Yu., Vyshkvarkova E.V.</i> Relationship of compound extremes of air temperature and precipitation with modes of atmospheric circulation in Eastern Europe.                   | 192 |
| <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-                              | 193 |

European region.

- Valle A.A., Polonsky A.B.* On the variability of dissolved oxygen in the region of the cold intermediate layer of the Black Sea waters. 194
- Vorontsov A.A., Bulygin A.M.* Assessment of the current state of temperature and salinity in the active layer of the Black Sea. 195
- Vyshkvarkova E.V., Sukhonos O.Yu.* The role of climate change in the destruction of cultural heritage sites. 196
- Zotov L.V., Marchukova O.V., Sidorenkov N.S.* Comparison of ENSO activity with irregularities in Earth rotation. 197

### SECTION 3. ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF NATURE MANAGEMENT

- Ablaev R.R., Klimenko A.G., Dologlonyan A.V.* Criterion for optimizing the number of solar collectors in the structure of hybrid gas turbine plants. 201
- Andreeva N.A., Mosunov A.A., Sizova O.S.* Composition of Microalgae-fouling on plates coated with paints with nanoparticles. 202
- Andreeva N.A., Snarskaya D.D.* Cyanobacteria strains from phytobenthos of the Black Sea coast of Crimea. 203
- Dologlonyan A.V., Matveenkov V.T., Klimenko A.G.* Control of heat generation in cogeneration microgas turbine plants with regeneration at partial loads under various loading methods. 204
- Egorkin A.A.* Combined use of WRF and CFD models for development environmental safety decision support systems. 205
- Fedoseeva N.V., Sergeeva N.O.* Smog analysis in Beijing. 206
- Gorbunova T.L., Gudkova N.K., Rubanova N.I.* Geological and hydrobiological features of ecologically hazardous river's drains along the Black Sea coastal line within the Sochi. 207
- Kashirina E.S., Novikov A.A.* Using GIS technologies and remote sensing data for management of natural reserves. 208
- Kazankova I.I.* Control of the potential recruitment of the bivalve mollusca *Anadara* – a recent invader in the Black Sea. 209
- Khalikov I.S., Lukyanova N.N.* Composition of some naphthalene in bottom sediments of southern Baikal at different seasons of the year. 210
- Khalikov I.S., Lukyanova N.N.* On the question of the river drain of polycyclic aromatic hydrocarbons into the bottom sediments of Lake Baikal. 211

|   |     |
|---|-----|
| <i>Kharybina A.S., Vorotyntsev K.D.</i> Application of remote sensing data in the oil and gas complex for the control of hazardous geological processes (on the example of the Makarovsky district of the Sakhalin region). | 212 |
| <i>Klimenko A.G., Dologlonyan A.V., Matveenko V.T.</i> Refined mathematical model for calculation of heat capacity of working bodies affecting efficient and environmental parameters of ice.                               | 213 |
| <i>Kozlova T.A.</i> Wastewater treatment with the use of microalgae in the supertourism zone of the Sochi region and methods of toxicological control of wastewater adapted to the region.                                  | 214 |
| <i>Krasovskay V.S.</i> Dynamics of vegetation index in Crimea.  | 215 |
| <i>Kul`nev V.V.</i> Use of fractal characteristics of leaves of downy birch ( <i>Betula pubescens</i> ) in bioindication in the impact zone of the metallurgical plant.   | 216 |
| <i>Musina A.A., Shagidullin A.R., Nurmukhametova V.A., Gilyazova A.F.</i> Assessment of the complex index of atmospheric air pollution in Nizhnekamsk according to the data of automatic monitoring stations.               | 217 |
| <i>Nagina M.A.</i> Recreational nature management analysis on Crimea protected areas.   | 218 |
| <i>Romanovskaya K.S.</i> Application of microbiological preparations in bioorganic waste management to reduce odor pollution of the environment.  | 219 |
| <i>Rubanova N.I.</i> Identification of intact forest landscapes using neurotechnologies.  | 220 |
| <i>Safonov V.A., Dyakov N.N., Dologlonyan A.V., Klimenko A.G., Zhilyaev S.A., Belogudov A.A.</i> Method for continuous operation of wind power plant.   | 221 |
| <i>Samoilov S.Yu., Evstigneev V.P., Egorkin A.A., Vakhoneev V.V., Minsky I.A.</i> Prototype of a digital monitoring model environment based on the ontological approach.  | 222 |
| <i>Silkin P.P.</i> Density of tracheids cell walls Siberian larch ( <i>Larix Sibirica</i> Ledeb.). Measuring method and distribution features.  | 223 |
| <i>Skrylnik G.P.</i> Features of the structure of unity «space is territory» (using the example of Pacific Russia).   | 224 |
| <i>Smyrnova L.L.</i> The mussels <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lam as indicators of Ba, Xe, Zr at various depths of the Sevastopol seashore (Black Sea).   | 225 |
| <i>Theint Theint Win</i> Degradation of soil quality in Mandalay region of Myanmar due to overuse of pesticides in agriculture.   | 226 |
| <i>Uglava A.A., Dbar R.S., Neshenko I.P., Zhiba R.Y.</i> Hydrochemical parameters of the New Athos Swan Pond and factors of their influence on the development of elodea algae.   | 227 |

- Yushuk R.V., Krasnobaeva D.Yu., Korobeynikova K.R.* Directions of neutralization of nitrogen tetraoxide. 228
- Zakaria N., Sammathuria M.K., Jamaluddin A.F.* Characteristics of flask sampling measurements at the Danum Valley Global Atmospheric Watch station. 229

## **PLENARY REPORTS**





**FEATURES OF AIR COMPOSITION OVER SIBERIA AND THE KARA SEA IN 2022**

*Antokhina O.Yu., Antokhin P.N., Arshinova V.G., Arshinov M.Yu., Belan B.D., Belan S.B., Davydov D.K., Dudorova N.V., Ivlev G., Kozlov A.V., Rasskazchikova T.M., Savkin D.E., Simonenkov D.V., Sklyadneva T.K., Tolmachev G.N., Fofonov A.V.*  
V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia  
bbd@iao.ru

The report presents the results of an experiment conducted in September 2022 on the aircraft-laboratory Tupolev-134 Optik. Its goal was to study changes in air composition and characteristics of the underlying surface, including water, in the Russian sector of the Arctic and Siberia, under changing climate conditions by conducting synchronous ground, ship, aircraft measurements and numerical modeling to determine trends in their changes for climate and socio-economic forecasts. The Arctic experiment was carried out on September 8–11, 2022 and included measurements: on the aircraft-laboratory Tupolev-134 Optik in the altitude range from 200 to 9000 meters, ship measurements on the research vessel “Akademik Mstislav Keldysh” in the near-water layer and specially organized at several points in the ground air layer on land, which were located along the flight route: the Plotnikovo station (Tomsk region), the Mukhrino station (KhMAO), Beloyarsk (KhMAO) and lake Kharalyangsedato (Yamalo-Nenets Autonomous Okrug).

Comparison of the data obtained with the results of previous experiments reveals significant differences in methane concentrations and small differences for other gases and aerosols. It turned out that against the backdrop of a global increase in methane concentration (Greenhouse..., 2022), its content in the boundary layer in 2022 became 100 ppb less than in 2020. Although a general trend towards an increase in its concentration in the free troposphere can be traced. An explanation for this phenomenon is partially available in (Allen, 2022; Peng et al., 2022), where it is shown that 2020 was a special year, with an abnormally high release of methane from swamp systems, that is, on land. The second surprise is related to the distribution of CO<sub>2</sub>. The data shows that there is almost no difference in CO<sub>2</sub> concentrations between 2020 and 2022. This again contradicts the global increase in carbon dioxide concentrations (Greenhouse..., 2022). The difference is only in the upper troposphere and the boundary layer. And, obviously, in the boundary layer it is due to its more intense absorption by the water surface. It is likely that 2020 was an anomalous year in terms of CO<sub>2</sub> behavior. At least in the Russian Arctic. For other gases, such a big difference was not found.

*The work was carried out according to the project of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, agreement No. 075-15-2021-934.*

References:

- Greenhouse Gas Bulletin. – WMO, 2022. – No. 18. – 10 p.  
Allen G.H. Cause of the 2020 rise in atmospheric methane // Nature. – 2022. – Vol. 612, No. 7940. – P. 413–414.  
Peng S., Lin X., Thompson R.L., Xi Y., Liu G., Hauglustaine D., Lan X., Poulter B., Ramonet M., Saunio M., Yin Y., Zhang Z., Zheng B., Ciais P. Wetland emission and atmospheric sink changes explain methane growth in 2020 // Nature. – 2022. – Vol. 612, No. 7940. – P. 477–482.

**HEAT AND COLD WAVES IN THE MAIN GRAIN PRODUCING REGIONS  
OF THE RUSSIAN FEDERATION**

*Bardin M.Yu.*

Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Obuhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*mick-bardin@yandex.ru*

The features of the variability of seasonal statistics of heat and cold wave indices are analyzed for two regions of the south of the European part of Russia: conventionally named North Caucasus (NC) and Central Black Earth (CB), and for the south of Western Siberia (WS). The structure of the waves is considered: geographical distribution of mean SAT anomalies on the territory of the Russian Federation during the periods of wave persistence, large-scale circulation conditions accompanying heat and cold waves. In general, the structure of the tropospheric circulation for heat waves in the south of the European Russia corresponds to the negative phase of the leading circulation mode Eastern Atlantic – Western Russia (EA/WR). It is shown that during the months of long-term heat waves over the south of the European Region, the statistics of the WAZR index significantly shifts towards negative values, which are associated with positive anomalies of SST in the North Atlantic, and the blocking anticyclonic activity on the territory of the European Russia sharply increases.

Trends in changes in heat and cold wave indices during the period of global warming and decades-scale fluctuations are considered. Global warming is expressed as a general shift in the temperature distribution function towards higher temperatures; in the absence of changes in the variance of interannual fluctuations, this leads to an increase in the frequency of “warm” extremes and a decrease in “cold” ones. These trends are generally observed for all regions considered: however, the rates of change are strikingly different: while for the south of the WS the linear trend since 1976 is 0.4 days per decade, for the CB region it is 3 days, and for the NC region it is 5.5 days per decade: almost 14 times (!) faster than in the south of the Western Siberia and 2 times faster than in the Central Black Earth region. The North Caucasus region raises very serious concerns in terms of increasing drought risk. At the observed growth rate of the seasonal duration of heat waves, by the middle of the century it can reach 35-45 days on average, i.e., values that have so far been observed only in a few of the most extreme years. The situation in the Central Black Earth region is somewhat less critical: here by the middle of the century one can expect an increase of up to 25 days, i.e., approximately the current level of the North Caucasus region. At the same time, the situation in the south of the Western Territory is significantly more favorable in this regard.

The downward trend of the EA/WR index observed in recent decades and the increase in SST expected with warming increase the risk of drought in the main grain-producing regions of the European Region. On the other hand, in the south of Western Siberia, heat waves are less frequent, shorter lasting, and their maximum temperatures are on average 2–4°C lower than in the south of the European Region. Apparently, it is advisable to use the results obtained on the differences in the intensity and duration of heat and cold waves and their changes for the purpose of developing recommendations for Russian agriculture adaptation to the conditions of modern warming.

**AN INTEGRATED APPROACH TO SOLVING THE PROBLEM OF OPERATIONAL ANALYSIS OF THE STATE OF VERTICAL STRATIFICATION OF THE OCEAN ENVIRONMENT**

*Krasnodubets L.A.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

<sup>2</sup>Institute of Natural-Technical Systems, Sevastopol, Russia

*Dedicated to the blessed memory of the outstanding scientist and honored inventor, made a significant contribution to the creation and development of the domestic environmental instrument engineering, doctor of technical sciences, professor, head of laboratory of Institute of Natural-Technical Systems  
Vitaly Alexandrovich Gaisky*

In recent years, Gaisky V.A. As the head of the laboratory, he paid a lot of attention to the development of principles for constructing hydrostatic density meters of the ocean environment, rightly believing that the use of such devices as basic ones for probing the ocean strata will significantly simplify the analysis of the state of stratification of ocean waters.

Vertical stratification of the ocean environment is manifested as a result of the formation of horizontal layers of sea water with the same density at different depths. To analyze the properties of vertical stratification, the following characteristics are introduced: vertical stability and Väisälä-Brent frequency, which corresponds to thermohaline oscillations with a period caused by the vertical movement of water masses. The calculation of the characteristics of vertical stratification can be performed using known relationships

$$E = g(d\rho/dp), N^2 = gE, T = 2\pi/N, \quad (1)$$

where is  $\rho$  – the density of sea water;  $p$  – hydrostatic pressure;  $g$  – acceleration of free fall at the latitude of the oceanographic station, the value of which also depends on the depth.

As follows from relations (1), the basic operation for determining vertical stability  $E$  and the corresponding Väisälä-Brent frequency  $N$  is the calculation of the density  $\rho$  gradient of sea water based on hydrostatic pressure  $p$ . This operation can be performed using a data array of the vertical distribution of seawater density relative to hydrostatic pressure, constructed as a result of conducting and processing the results of an experiment in the area of an oceanographic station, or during a profile experiment provided that the density of seawater is measured *in situ*.

Currently, profile measurements of water stratification characteristics are based on constructing the vertical distribution of thermohaline parameters of the ocean environment – temperature  $T$  and salinity  $S$ , depending on the depth  $D$  corresponding to hydrostatic pressure  $P$ . However, in practice, direct measurements are performed only for seawater temperature and hydrostatic pressure, and salinity is determined by an indirect method based on direct measurements of electrical conductivity or sound speed in the medium under study. At the same time, the most important hydrological characteristic, density, which is necessary for calculating the main characteristics of stratification, is also calculated indirectly using the equation of state of seawater TEOS-10 based on measured thermohaline parameters in accordance with WOCE recommendations using CTD profilers of the Argo float type, for example, SEACAT SBE 19 plus, the use of which requires significant time expenditure for the experiment (at least a day to build only arrays of measurement data of CTD parameters).

This is due to the peculiarities of profiling modes with low vertical velocities, which provide acceptable dynamic distortions in the measurements of the temperature sensor, which has the largest time constant compared to other sensors installed on board the CTD profiler.

Thus, constructing the density distributions of sea water and the corresponding characteristics of the vertical stratification of the ocean environment using the known method requires a significant amount of time to conduct a profiling experiment and process the obtained data.

The purpose of the study is to develop algorithmic support for the automatic construction in real time (during the movement of an autonomous marine profiling buoy) of distributions of stratification characteristics, providing an express analysis of the vertical density structure of the ocean environment immediately after the completion of the experiment at a specific oceanographic station.

A significant reduction in the time required to obtain vertical stratification characteristics can be achieved by increasing the vertical sinking speed of an autonomous sea profiling buoy and using a method (method) for measuring the density of sea water directly during the profiling process. The speed of profiling can be increased by excluding the link with the highest time constant – the temperature sensor – from the information-measuring channel of the on-board equipment, as well as by using the method of dynamic measurements of the vertical profile of the density of seawater as a function of hydrostatic pressure, which is based on the use of a diving profiling buoy equipped with an onboard system for measuring the trajectory parameters of its vertical movement (Krasnodubets, 2022). However, this method requires measuring the density of sea water on the ocean surface in the area of the oceanographic station as an initial value for the procedure for calculating the current value of seawater density, which makes it difficult to use if automatic measurements are necessary. To eliminate this drawback, it is proposed to use a liquid density meter (Gaisky, 2023), including it in the profiler.

As a result, it becomes possible to obtain synchronous measurements of the density of sea water and the corresponding values of hydrostatic pressure during the profiling process and, on this basis, to calculate the elements of distributions of vertical stratification characteristics, forming the corresponding digital arrays in the on-board storage device, almost in real time.

*The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 121122300070-9 "Development of new tools and measuring information technologies for natural water research").*

References:

Krasnodubets L.A. Dynamic measurements in problems of operational oceanology when studying the properties of the ocean strata // *Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy*. – 2022. – No. 1(47). – P. 56–65.

Gaisky V.A. Patent for invention of the RF No. 2792263. Liquid density meter and its variants: applicant and patent holder: Federal State Budgetary Institution "Institute of Natural-Technical Systems". Publ. 03.21.2023. Bull. No. 9.

**SECTION 1**

**METHODS AND TOOLS FOR MEASURING  
OF NATURAL ENVIRONMENT PARAMETERS**



**IMPROVEMENT OF THE EMERGENCY CONTROL SYSTEM  
USING LORA TECHNOLOGY**

*Chachev D.R., Sosnovskiy U.V., Milykov V.V.*

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia  
denis.chachev@mail.ru sosnovskiy.yv@cfuv.ru, milyukov.vv@cfuv.ru

A significant direction in the development of environmental control systems is the current monitoring of agrometeorological indicators, as well as events related to the safety of the monitored object.

The paper discusses the practical implementation of emergency monitoring of distributed agricultural facilities using wireless solutions. The developers were tasked with creating a monitoring system for alerting about emergency conditions of distributed agricultural facilities. The practical task is to organize the transmission of warning signals to a local monitoring point for a group of agricultural objects, as well as to transmit a signal to a control center from more than 10 groups in real time. Also, the terms of the technical specifications determined that it was impossible to interfere with the existing local control system, located separately at each facility. The distances between objects in a group do not exceed 400 m, and between groups - up to 1500 m. At the same time, the control center is removed from the groups in such a way that the average distance from the groups to the control center is 2300 m.

An analysis of options for using wired solutions that require cable laying, as well as available technologies and hardware modules, including ZigBee, GSM, Wi-Fi with a number of additions, was carried out. One of the most effective solutions in this case may be spread spectrum data transmission technology, an example of which is LoRa (Augustin et al., 2016). Hardware and software solutions (modules) LoRa have a data transfer rate of 0.3-50 kb/s, operating range in real conditions is up to 15 km, depending on the settings.

The required configuration parameters of Semtech SX 127x wireless modules (S. Corporation..., 2017) for a given range were calculated based on the signal loss formula adjusted to real city conditions (Linka et al., 2018). Taking into account the distances at the site, a margin of 7 dBm remains on the receiving side, provided that standard antennas are used, the gain of which is taken to be 0 dBm.

To evaluate the reaction time, as well as the level of the received signal in real field conditions, mobile stands were assembled, consisting of Lora RA-01 (SX1278) modules, standard antennas, a power subsystem and a control computer. The measurements were carried out during a site visit. According to the results of the experiment, the system's response time to an event in the worst case, provided that packet collisions are simulated, does not exceed 10 seconds, and the signal level in the worst measurement at the most distant object was -114 dBm, which is slightly better than theoretical calculations and fully meets the requirements for the system.

References:

Augustin A., Yi J., Clausen T., Townsley W.M. A study of LoRa: Long range & low power networks for the internet of things // *Sensors*. – 2016. – Vol. 16, No. 9. – P. 1466.

S. Corporation, “Sx1272/73 datasheet, rev 3.1, march 2017,” [Электронный ресурс]: URL: <http://www.semtech.com/images/datasheet/sx1272.pdf>, 2017.

Linka H., Rademacher M., Jonas K., Glenn Aliu O. Path Loss Models for Low-Power Wide-Area Networks: Experimental Results using LoRa // *VDE ITG-Fachbericht Mobilkommunikation*, 2018.



**PROGRAM QAVIS FOR EXPRESS ANALYSIS OF IMAGES AND VIDEOS:  
APPLICATION IN TASKS OF THE WATER AREAS CONDITION  
PARAMETERS ESTIMATION**

*Fischenko V.K., Goncharova A.A., Zimin P.S., Golik A.V.*

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of FEB RAS, Vladivostok, Russia  
fischenko@poi.dvo.ru

At POI FEB RAS, the QAVIS (Quick Analysis of Video and Images for Scientists) program for express analysis of images and videos has been developed and is used in research. The program provides the user with a set of tools with which he can, in real time, quantify spatial or temporal patterns in images and videos observed on the computer screen. At the institute, the program is used to assess the hydrological and biological parameters of the state of coastal waters based on the analysis of video broadcasts from several surface and underwater IP cameras installed in Peter the Great Bay (Sea of Japan).

For the tasks of assessing the characteristics of surface waves, two tools are most effective. The Brightness tool measures the average brightness in a local area of the screen specified by the user. If the instrument is installed on a sea stage in an area through which the wave process passes, then the signal of a change in the brightness of the light  $b(t)$  reflected from the water towards the camera, caused by a periodic change in the inclination of the waves passing through the instrument, carries information about the frequency properties of the real wave signal  $h(t)$ , and therefore can be considered its estimate. The Correlation tool calculates and displays the cross-correlation function between pairs of video frames - initial and current, in a user-specified area. If there is a marker object in the analysis area, for example a buoy on the surface of the water, then the maximum correlation tracks the displacement of the object in the field of view of the frame relative to its initial position. The program saves the sequence of these displacements to the output file in the form of a temporary signal of marker movements. In a situation with a buoy, the vertical component of its movements can be considered as a direct estimate of the wave signal  $h(t)$ . In the process of working with data from the scientific video surveillance system we deployed in Peter the Great Bay, several more methods were used to evaluate wave signals and sea level fluctuations. The most accurate of them is the technique using the so-called. video wavemeters, in which horizontal movements of markers are strictly limited, which can introduce an uncontrolled addition to the signal of vertical displacements. In winter, observations of vertical movements of the ice surface are regularly carried out. They almost always reproduce seiche oscillation components of bays recorded in summer. A number of methods have been developed and used for assessing variations in underwater currents based on tracking the movements of artificial and natural markers on broadcasts from underwater cameras. Horizontal motion signals were found to be significantly correlated with surface wave signals synchronously measured using surface cameras.

One of the tasks of underwater video surveillance systems is to monitor the state of marine biodiversity. The QAVIS program was used to record the respiratory rhythms of sedentary fish and the periodic movements of the limbs of barnacles to pump fresh water with oxygen and nutrients into their shells.

The program is compact, easy to deploy and use. With its help, users can organize long-term continuous monitoring of marine processes in the coastal zones of the World Ocean right at their workplaces, if someone has installed video cameras there that continuously broadcast marine scenes to the Internet. The report will discuss several examples of such observations.

**EXPERIMENTAL STUDIES OF THE EFFECTS OF ACOUSTIC AND VIBRATION SIGNALS OF VARIOUS FREQUENCIES ON BIOSENSORY SYSTEMS**

*Grekov A.N., Grekov N.A., Kuzmin K.A., Peliushenko S.S.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

*i@angrekov.ru*

Prompt identification of the effects of external interfering factors influencing the behavioral and/or physiological reactions of aquatic organisms and preventing the generation of false alarm signals is an urgent task in the development of an automated early warning biosensor complex for environmental monitoring of the aquatic environment (Grekov, 2019) and ensuring continuous measurement of current fluctuations in the functional activity of biosensor organisms both in artificial and in any natural conditions (Trusevich, 2021) with control and filtering of the effects of external interfering factors, such as temperature, salinity (electrical conductivity), illumination, disturbance, current and noise affecting behavioral and/or physiological reactions of aquatic organisms, and identifying the degree of their deviations from the norm, in order to increase the accuracy and reliability of the indication of environmentally hazardous environmental changes, primarily toxic pollution. Therefore, the task of studying and assessing the impact of acoustic and vibration signals on Black Sea mussels is urgent.

The studies were carried out in laboratory conditions using a developed experimental setup consisting of an aquarium containing a life support system that circulates water and enriches it with oxygen, a time interval generator that produces a generated electrical signal with a certain duty cycle, a vibroacoustic signal source, and a two-channel generator voltage and frequency, a low-frequency power amplifier, a mussel colony unit connected to a multi-channel mussel activity meter having mussel fastening units and fixation sensors with a mussel valve opening converter into a code, a telemetry unit having a measuring frame former controller and data transmission units.

The developed experimental setup works as follows. The time interval former creates a gate once every 30 minutes to turn on a source of vibroacoustic signal lasting 2 minutes. An electrical signal of a certain frequency is generated in the vibroacoustic signal source, which is fed through a power amplifier to an electroacoustic transducer. The generated vibroacoustic signal from the electroacoustic transducer spreads through the wall of the aquarium in the water, affects the colony of mussels and the primary vibration-acceleration transducer, in which it is digitized.

As a result of the research, assessments were made of the impact of acoustic and vibration signals of various frequencies, duty cycles and amplitudes on Black Sea mussels, which made it possible to determine the technical characteristics of acoustic vibration sensors required for installation in an automated marine biosensor early warning system, and to use the developed methodology in signal processing to increase selectivity response to pollutants.

**References:**

Grekov A.N., Kuzmin K.A., and Mishurov V.Z. Automated Early Warning System for Water Environment Based on Behavioral Reactions of Bivalves // International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – 2019. – P. 1–5.

Trusevich V.V., Kuzmin K.A., Mishurov V.Z., and Zhuravsky V.Y. Osobennosti povedencheskikh reaktsiy chernomorskoy midii *Mytilus galloprovincialis* v yestestvennoy srede obitaniya (Features of behavioral reactions of the Black Sea mussel *Mytilus galloprovincialis* in natural habitats) // Inland Water Biology. – 2021. – No. 1. – P. 12–22.

**UNCERTAINTIES OF SENSORS FOR INDIRECT MEASUREMENTS  
OF SEAWATER SALINITY**

*Grekov A.N., Grekov N.A., Sychov E.N.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

*i@angrekov.ru*

Salinity is one of the parameters of sea water that cannot yet be directly measured in situ (Grekov, 2018). Until now, all known, existing or promising, methods for determining salinity are indirect. The purpose of this work is to find the maximum sensitivity coefficients in order to assess the uncertainty of the sensors of the input values used in indirect methods for determining salinity.

In order to compare different measuring channels used for indirect determination of salinity, the uncertainty ratios of real and theoretical (calculated) sensors were obtained for a conditional basic level of salinity uncertainty (0,002 or 0,002 g/kg). The study presents the values and ratios of real and calculated uncertainties of sensor input quantities for this conditional level for four methods:

- 1)  $S_P(C, T, P)$  – relative conductivity method (RCM);
- 2)  $c(S_A, T, P)$  – sound speed method (SSM) (Grekov, 2017);
- 3)  $\rho(S_A, T, P)$  – density method (DM) (Grekov, 2019);
- 4)  $n(S_A, T, P, W)$  – refractive index method (RIM).

The best correspondence between the real and calculated uncertainties of sensors of input quantities has the RCM method, and the SSM has the largest conditional relationships between the uncertainties of real and calculated sensors and can be considered promising for use instead of RCM, in areas with high variability of the structure of the salt composition, which, in particular, refers to the shelf zone of oceans and seas. The DM and RIM methods are practically equivalent to each other in their relationships with real data and, in terms of their accuracy characteristics, occupy an intermediate position between the RCM and SSM, but closer to the RCM. The RIM method can be considered realizable, and the DM method can be considered conditionally realizable, because There are no sensors to measure density in situ yet.

**References:**

Grekov A.N., Grekov N.A., and Sychov E.N. Otsenka neopredelenosti izmereniy prakticheskoy solenosti morskoy vody v okeanograficheskikh issledovaniyakh (Estimation of measurement uncertainty of practical seawater salinity in oceanographic research) // *Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy*. – 2018. – No. 11 (31). – P. 13–22.

Grekov A.N., Grekov N.A., and Sychov E.N. Profilografy skorosti zvuka i algoritm opredeleniya plotnosti vody dlya okeanograficheskogo diapazona (Sound speed profilers and an algorithm for determining water density for the oceanographic range) // *Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy*. – 2017. – No. 8. – P. 11–15.

Grekov A.N., Grekov N.A., and Sychov E.N. New Equations for Sea Water Density Calculation Based on Measurements of the Sound Speed // *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*. – 2019. – Vol. 20, No. 3. – P. 143–151. DOI: 10.17587/mau.20.143-151.

## DEVELOPMENT OF A TWO-CHAMBER DENSITY MEASUREMENT DEVICE INVARIANT TO INCLINATION DURING IMMERSION

Klimenko A.V.<sup>1</sup>, Evdokimov P.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

<sup>2</sup>Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

chirpyy@mail.ru, evdokimov@ieee.org

Currently, the calculation of seawater density is primarily carried out using indirect methods: standard instruments measure pressure, temperature, salinity, relative electrical conductivity, and density is then calculated using the thermodynamic equation of state for seawater, TEOS-10. However, this approach has certain limitations due to the variability of the salt composition of the world's oceans, which requires regional corrections that do not fully solve the problem. The Laboratory of the Institute of Natural and Technical Systems is developing a device for measuring local density of liquid, which allows direct measurements of local density using only sensors for differential pressure and temperature. The development is based on a basic model of a single-channel measuring device (Gaisky, 2023) but differs from it in simultaneous use of two reservoirs with reference liquids of different densities, which compensate for the variation of gravity acceleration at significant depths. Figure 1 shows the structural diagram of the two-chamber local density measuring device.

Within the required standard density measurement range of 1,01000-1,03000 g/cm, the expected measurement accuracy is 0,00001 g/cm<sup>3</sup>, which corresponds to a relative accuracy of  $5 \times 10^{-4}$ .

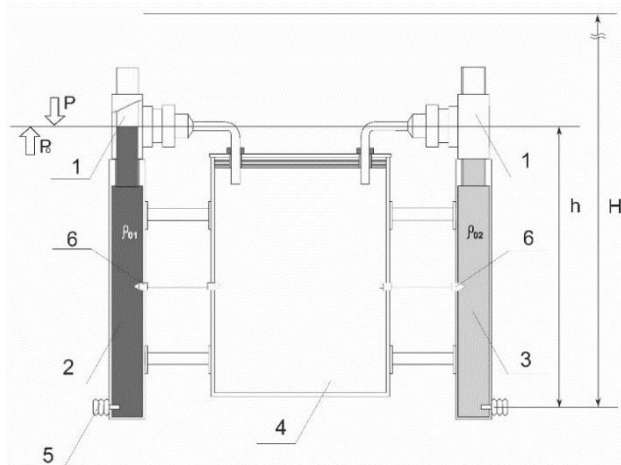


Figure 1 – Structural diagram of the two-chamber local density measuring device, 1 – differential pressure sensor, 2 – reference liquid with density  $\rho_{01}$ , 3 – reference liquid with density  $\rho_{02}$ , 4 – measuring container, 5 – siphon, 6 – temperature sensor, 7 – H – immersion depth of the device, 8 – h – measurement base

The proposed approach to the design of density measuring devices aims to eliminate limitations associated with the variability of the salt composition of the world's oceans and provide more accurate measurements that do not require verticality during probe immersion. Further development and application of such devices can significantly improve our understanding of the distribution of seawater density and its physical properties.

*The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 121122300070-9 "Development of new tools and measuring information technologies for natural water research").*

### References:

Gaisky V.A. Patent for invention of the Russian Federation No. 2792263. Liquid density meter and its variants: applicant and patent holder: Federal State Budgetary Scientific Institution "Institute of Natural and Technical Systems". Published on 21.03.2023. Bulletin No. 9.

**ON THE ISSUE OF TECHNOLOGY AND SENSORS FOR RECORDING THE ACTIVITY OF AQUATIC ORGANISMS IN ONLINE BIOMONITORING**

*Komarova E.P.<sup>1</sup>, Gudimov A.V.<sup>2</sup>, Alloyarov K.B.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Southern Federal University, Rostov on Don, Russia

<sup>2</sup>Murmansk Marine Biological Institute of RAS, Murmansk, Russia

<sup>3</sup>Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia

alexgud@mail.ru

Emerging and future technologies of environmental monitoring are ultimately turned to online systems of automatic and continuous monitoring coupling of environmental data parameters with bioindication. Serial oceanographic probes are successfully used for continuous monitoring of hydrological, physical and some chemical parameters of the aquatic environment. However, a proper ecological (hydrobiological) probe, necessary for online biomonitoring of water quality and environmental safety control, has not been developed yet but this probe and the technology are in the initial stage of worldwide development by a few of scientific groups.

The fact is that the task of creating a technology for automatic monitoring of the water quality in the natural environment is much more complicated than the use of biological online control at water supply stations. Online biomonitoring is based on organism - biosensor responses and requires mandatory comprehensive fundamental research into the activity of monitor -organism in natural conditions (in addition to laboratory experiments).

When exploring of various technical systems for online biomonitoring of the aquatic animals activity, it was, in particular, discovered that the selection or development of adequate, reliable and easy-to-use sensors is a key point for the online recording technique, including for the hardware - software complex for online biomonitoring (HSC OBM) and bioindication we developed (Gudimov, 2020)..

It has been established that the electromagnetic sensors used in domestic and foreign analogues for recording the behavioral activity (gaping) of bivalves, like the conventional cardiac sensors for invertebrates, are mainly reliable under controlled conditions, but have a number of disadvantages that complicate the setup and operation of the system; and which can make troubles for long-term use of the complex in real natural conditions, especially, remote areas.

In addition, existing sensors are completely unsuitable or of little use for small invertebrates, which make up the majority of species diversity in marine and fresh waters. The need to develop and apply sensors of a different type is obvious.

One of the potential materials that are promising for the design of new types of sensors is ferroelectric ceramics, which is highly sensitive to weak movements and vibrations. The main problem is that the properties of ferroelectric ceramic products in regard to the possibilities of their use for recording weak vibrations in the aquatic environment have not been explored yet.

References:

Gudimov A.V. The first IT systems for ecological online monitoring in water environment // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. – 2020. – INSPEC Accession Number: 20179101. DOI: 10.1109/FarEastCon50210.2020.9271293.

**FEATURES OF TRANSFORMATION OF ENERGY  
IN WIND ELECTRIC PLANTS**

*Krasnodubets L.A., Kanov L.N.*

Institute of the natural-technical systems, Sevastopol, Russia

Sevastopol state university, Sevastopol, Russia

Inkanov48@mail.ru

Economical and ecologically safe wind electric plants present modern direction in development of electro energy. In (Dologlonyan, 2022) the perspective method of transformation of energy of wind is offered for the reliable energy supply of users in changing wind terms. The wind electric plant contains a wind turbine and electric machine, mechanically connected with the revolved loading and connected to the electric network, figure 1. There are of interest features of transformation of power of wind in electric power of the electric system and in mechanical power of loading.

Electric part of wind plant is described equalization of electric machine

$$R_C E = I_B \cdot [R_E \cdot (R_C + R_B) + R_C R_B] - R_E U_C + (R_C + R_E) U_B, \quad (1)$$

where  $U_B = W \frac{d\Phi}{dt}$  is tension of excitation;  $W$  it is a number of coils of puttee of excitation;  $\Phi(I_B)$  it is a magnetic stream;  $I_B, R_B$  it is a current and resistance of excitation;  $E(k_\Omega \Omega, \Phi)$  – EMF, depending on speed of rotation of wind turbine  $\Omega$ ;  $k_\Omega$  it is a transitivity reducing gear from wind turbine to the electric machine;  $I_E, R_E$  it is a current and resistance of anchor of electric machine.

Equation of wind turbine is presented by equality of mechanical moments

$$J \frac{d\Omega}{dt} + M_{TP} + M_E + M_H = M_{BT}, \quad (2)$$

where the first element is a dynamic moment of wind turbine;  $M_E(I_E, \Phi)$  it is a moment of electric machine;  $M_H(k_H \Omega)$  it is a moment of loading;  $k_H$  it is a transitivity reducing gear from an electric machine to loading;  $M_{BT}(\Omega, \alpha, V)$  it is a rotary-type moment of wind turbine;  $\alpha$  it is a corner of setting of its blades;  $V$  it is speed of wind. The mode of operations of wind plant is determined speed of wind  $V(t)$  on the basis of decision of equations (1), (2), figure 2.

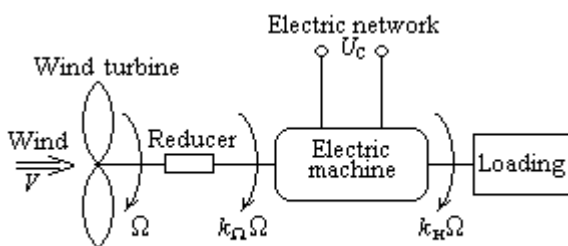


Figure 1 Flow-chart of wind electric plant

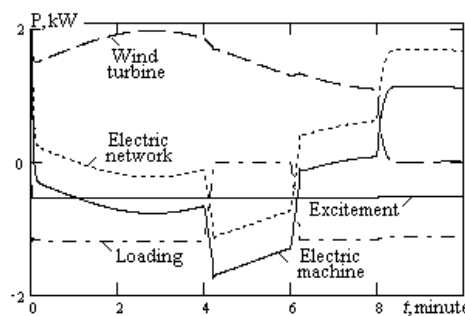


Figure 2 Mode of wind electric plant

On a figure 2 the power parameters of the mode of the wind electric plant are showed during four characteristic time domains. On an interval from 0 to 4 minutes considerable wind, and loading, excitation and network take in power of wind turbine. On an interval from 4 to 6 minutes, loading is turned off, and all of power of wind turbine is taken in a network and excitation of machine. In the followings 2 minutes, loading is restored, and speed of wind falls. Now along with a wind turbine power is generated a network. On the final interval of supervision speed of wind falls to the zero, and all of power is generated a network. An electric machine serves as only the mean of passing to power from a wind turbine and network to loading and on excitation.

Reference:

Dologlonyan A.V., Safonov V.A., Klimenko A.G. Method of transformation of energy of wind in mechanical // Environmental Control Systems – 2022 / Conference abstracts of the International Scientific and Practical Conference. – 2022. – Sevastopol: IP Kulikov A.S., 2022. – P. 123.

**BIVALVE MOLLUSKS SERIES ACTIVITIES ANOMALIES DETECTION BY THE SARIMAX MODEL FOR THE AQUATIC ENVIRONMENT'S AUTOMATED COMPLEX**

*Mavrin A.S., Grekov A.N., Vyshkvarkova E.V.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
aveiro\_7@mail.ru

The purpose of this study is to develop an algorithm for detecting anomalies in the activity series of bivalve mollusks. Due to the increasing load on water bodies against the backdrop of industrial development of mankind, urbanization, and agricultural development, such studies are extremely relevant. The developed software algorithm for detecting anomalies will be included in the software of the automated biomonitoring complex for the aquatic environment.

The initial information for the development of the ARIMA predictive model was the activity data of the freshwater bivalve mollusks *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758), obtained for the period March-April 2017. The data was obtained from an author's complex of automatic biomonitoring of the aquatic environment based on recording behavioral reactions bivalves (Grekov, 2019).

Time series modeling was carried out using the SARIMA model (ARIMA model with a seasonal component).

The work was carried out in stages:

1. Decomposition of time series to determine the seasonality dimension "m".
2. Determination of the optimal model, that is, determination of the parameters of the SARIMA model: p, P, d, D, q and Q.
3. Construction of the SARIMA model using the optimal parameters determined in step 2.
4. Data forecasting.
5. Evaluation and analysis of results.

As a measure for detecting anomalies in the data, we will use the root of the mean squared error (RMSE – Root mean squared error).

Data analysis was carried out in the Python programming language (V3.9.12) using the scikit-learn machine learning package (V 1.2.2) and the statsmodels package of statistical models (V 0.14.0).

An anomaly detection algorithm has been developed.

Calculating the threshold for the RMSE value at each averaging time (from 5 to 30 minutes) of the data made it possible to determine the response time of the algorithm when an anomaly is detected.

*The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation № 23-29-00558, <https://rscf.ru/project/23-29-00558/>.*

**References:**

Grekov A.N., Kuzmin K.A., and Mishurov V.Z. Automated early warning system for water environment based on behavioral reactions of bivalves // 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) IEEE. – 2019. – P. 1–5.

## **APPARATUS AND ANALYTICAL TECHNIQUE FOR BIOMASS AND MATERIALS**

*Moe Thanda Kyi*

Myanmar Aerospace Engineering University, Meiktila Township, Mandalay Region, Myanmar  
moethandakyi@gmail.com

This research paper presented the concept, design and construction of the device to thermogravimetric measurements and the results of tests carried out on wood pellets. The purpose of this paper is to study the characteristics and thermal degradation behavior of wood pellets for biofuel production via gasification technology. The elemental properties of the feedstock were characterized by an elemental analyzer while thermal properties were investigated using thermogravimetric analyzer (TGA). The gasification processes were being carried out at room temperature up to 900°C in the presence of nitrogen and air as gasification agents, gas flowing at 500 ml/min. The investigated parameters are particle sizes and heating rate. The particle size used is in the range of 425 to 500  $\mu\text{m}$ . The heating rate applied is 10°C/min. Sample weights were varied from 0,5 to 1 gram, and a stainless - steel tray was used for the test. The further part of the paper contained the results of the tests carried out on wood pellets in the form of thermogravimetric curves. These studies are conducted by looking at opportunities to improve the energy efficiency of the gasification process of biomass.



Figure 1 – Overall construction of experimental apparatus

### References:

Aliasa N.B., Ibrahima N., Hamid M.K.A. Pyrolysis of empty fruit bunch by thermogravimetric analysis // *Energy Procedia*. – 2014. – Vol. 61. – P. 2532. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.12.039.

Ahiduzzaman M., Sadrul Islam A.K.M. Thermo-gravimetric and Kinetic Analysis of Different Varieties of Rice Husk // *Procedia Engineering*. – 2015. – Vol. 105. – P. 646–651. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.05.043.

Meher S.K. Kinetic study of rice bran by thermogravimetric analysis. – Odisha, India, 2015. – 36 p.



## **MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMIZATION OF INFORMATION LOGISTICS**

*Moiseev D.V., Shokin A.G.*

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

AGShokin@sevsu.ru

Modern network infrastructures of any level require solving complex problems of ensuring both reliability and throughput. Solving the complex task of managing and dispatching the information infrastructure causes the problem of taking into account a variety of dynamic, heterogeneous characteristics.

The presence of a large number of characteristics that affect the operational characteristics of network traffic flows requires the development of new specific modeling and decision-making methods, numerical methods, decision-making under conditions of uncertainty, risks, operations research in a fuzzy formulation using probabilistic evaluation criteria.

Systems operating in the "swarm" mode, based on a network–centric model, cause a number of problems related to the dynamism of the "swarm" itself - the number of components, its connections and their states, the versatility of the use of technologies, mutual influence, the use of the synthesis method [1,2] and a number of other aspects make modeling tasks, optimizing the construction of structures and decision-making is difficult not only from the point of view of obtaining the indicators themselves, but also from the point of view of choosing methods for obtaining them.

To solve this problem, it is planned to use a polymodel complex of functional tasks for optimizing information logistics, taking into account all the specifics of the identified issues.

The achievement of the task is ensured by using a matrix of model solutions, and also includes a model for discrete optimization with a multi-index structure of basic functional tasks and basic stochastic models of a polymodel complex.

In turn, the model for discrete optimization with a multi-index structure of basic functional tasks and basic stochastic models of the polymodel complex are based on models for maximizing the noise immunity of transmitted messages, minimizing time losses associated with ensuring information exchange, minimizing the cost indicators of information traffic and maximizing the reliability functions of network traffic.

### References:

Kuleshov I.A., Babkin A.V., Malakhov Yu.A., Duplinsky M.A. Analysis of methods for synthesizing the structure of communication networks // Scientific and Technical Bulletin of SPbSTU 1' – 2010 – P. 106–112.

Batenkov K.A., Batenkov A.A. Analysis and synthesis of communication network structures by deterministic stability indicators // Digital information and telecommunication technologies - Proceedings of SPIIRAN. – 2018.– Issue 3 (58). – P. 128–157.

**ESTIMATION OF ATMOSPHERIC METHANE LEVELS OVER THE REPUBLIC OF TATARSTAN TERRITORY USING SATELLITE REMOTE SENSING DATA**

*Nikitin O.V.<sup>1</sup>, Kuzmin R.S.<sup>1</sup>, Safin A.A.<sup>2</sup>, Latypova V.Z.<sup>3,4</sup>*

<sup>1</sup>LLC Ecoaudit, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Center for Children's Creativity “Tankodrom”, Kazan, Russia

<sup>3</sup>Kazan Federal University, Kazan, Russia

<sup>4</sup>Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia

olnova@mail.ru

Methane (CH<sub>4</sub>) is the second most prevalent greenhouse gas after carbon dioxide. Its concentration in the atmosphere has been increasing at an accelerated rate in recent years, primarily attributed to anthropogenic activities. At present, it is feasible to quickly assess atmospheric methane levels using information provided by the European Space Agency's Sentinel-5 Precursor satellite. Access to the data and key operations were conducted through the Google Earth Engine cloud platform. Maps were created using QGIS 3.12. Data processing was carried out using Statistica 10.0 and MS Excel 2007.

As an example, a map of the averaged methane content over the the Republic of Tatarstan territory in 2023 (from January to October) is presented, along with the indicator's trend from 2019 to 2023 (Figure 1). On average, methane concentration in 2019 was 1837±8 (mean ± standard deviation), in 2020 – 1851±13, 2021 – 1867±13, in 2022 – 1871±11, and in 2023 – 1879±11 ppb (parts per billion), respectively.

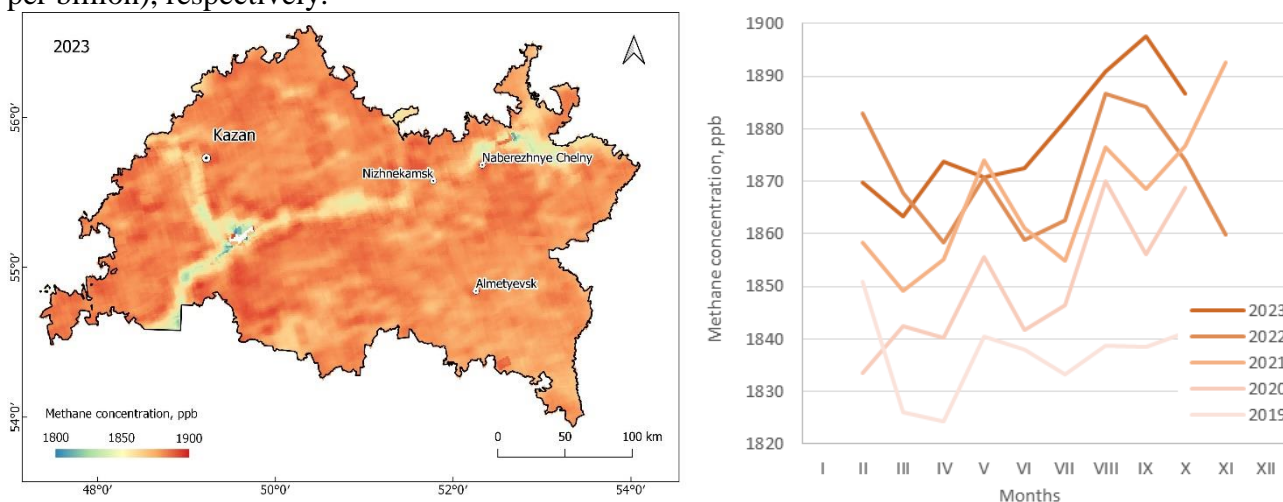


Figure 1 – Average methane concentration in the atmosphere over the Republic of Tatarstan territory in 2023 (left) and the indicator's monthly dynamics from 2019 to 2023 (right)

There is a trend of increasing annual methane background levels. For instance, in comparison to the year 2019, the concentration on the territory of the Republic increased by 2,3% in 2023. Additionally, substantial monthly variations in background methane concentrations are highly noticeable (with the highest values occurring in autumn and the lowest in the spring season). A statistically significant ( $p<0,01$ ) inverse relationship between atmospheric methane content and the degree of forestation of the area and a direct relationship with the percentage of pastures in the region have been identified. It is worth noting that despite the convenience of working with Sentinel-5 Precursor satellite data, due to the strong influence of cloud cover on methane measurements, it is advisable to map its concentration with long-term averaging (monthly, seasonal, annual).

*This work was funded by the subsidy allocated to Kazan Federal University for the state assignment in the sphere of scientific activities (No. FZSM-2022-0003).*

## NITROGEN DIOXIDE CONTENT ESTIMATION WITHIN THE TROPOSPHERE OVER THE REPUBLIC OF TATARSTAN TERRITORY BASED ON TROPOMI SPECTROMETER DATA

Nikitin O.V.<sup>1</sup>, Kuzmin R.S.<sup>1</sup>, Vaziev I.I.<sup>2</sup>, Latypova V.Z.<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>LLC Ecoaudit, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Center for Children's Creativity "Tankodrom", Kazan, Russia

<sup>3</sup>Kazan Federal University, Kazan, Russia

<sup>4</sup>Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia

olnova@mail.ru

Air pollution is one of the primary factors negatively affecting both public health and the environment. Therefore, a comprehensive atmospheric monitoring system is needed, which includes the assessment of the concentration of individual substances. One of the efficient ways to carry out environmental monitoring is satellite remote sensing, for instance, using the European Space Agency's Sentinel-5 Precursor spacecraft. Within the scope of this study, a nitrogen dioxide content estimation within the troposphere over the Republic of Tatarstan territory was performed in 2023 (from January to October). Access to the data and primary operations were carried out using the Google Earth Engine cloud platform. Maps were created in QGIS v.3.12. The processing of the acquired data was performed using the Statistica 10.0 software.

In Figure 1, a map of tropospheric nitrogen dioxide pollution in the Republic of Tatarstan for the year 2023 is presented. On average, the nitrogen dioxide content was  $25 \pm 6 \mu\text{mol}/\text{m}^2$  (mean  $\pm$  standard deviation), ranging from 17 to  $77 \mu\text{mol}/\text{m}^2$  with a variation of 60 units.

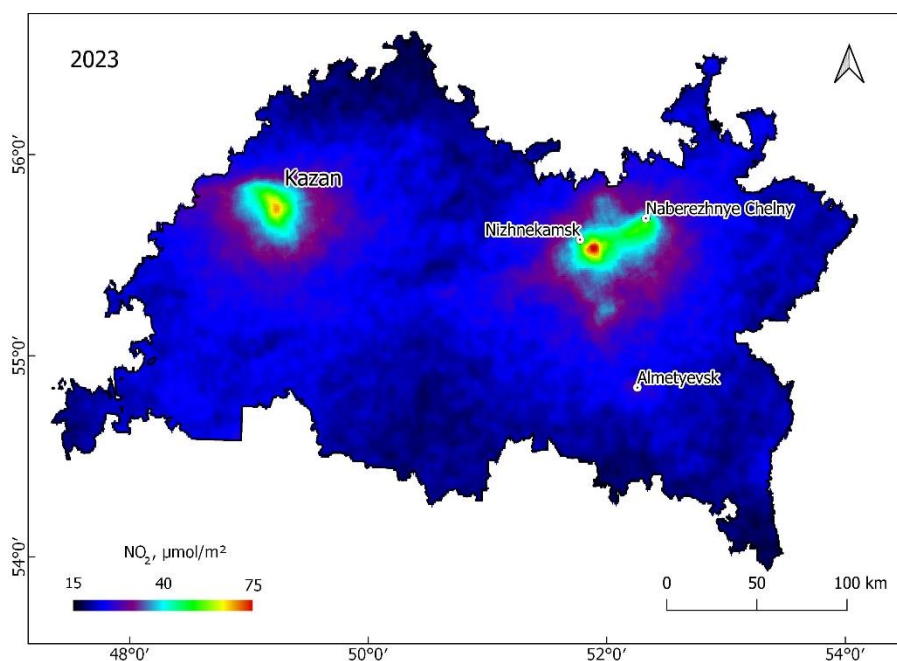


Figure 1 – Averaged nitrogen dioxide concentration in the troposphere over the Republic of Tatarstan territory in 2023 based on satellite monitoring data

Due to the contrast between natural and anthropogenic sources of pollution,  $\text{NO}_2$  is a convenient atmospheric component for satellite-based mapping. As seen in the figure, major metropolitan areas, such as Kazan, Naberezhnye Chelny, Nizhnekamsk, and Yelabuga, are the primary contributors to nitrogen dioxide pollution in the troposphere over the Republic. Owing to the high density of vehicular traffic and the abundance of industrial facilities, these areas display significantly higher concentrations of this gas, far surpassing background levels.

## APPLICATION OF OPTICAL DISPLACEMENT MEASUREMENT METHODS TO MONITOR ENGINE VIBRATION

Nurzai V.A., Gubarev F.A., Lei V.A.

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

VANurzai@sevsu.ru

In modern realities, many propulsion units operated at water treatment facilities, water supply systems, and the mining industry of Sevastopol and Crimea have significant wear and require increased vibration control.

Monitoring can be carried out on an ongoing basis or periodically, depending on the importance of the object or the degree of its wear and tear. Particular attention should be paid to transient processes, such as starting and stopping motors, due to their passage through resonant frequencies and a significant increase in the oscillation amplitude. The main task of monitoring is to identify changes in the vibration state of mechanisms and structural elements, and to prevent or minimize the consequences of man-made accidents.

As part of the work, there was made a study of the possibility of using two non-contact optical methods for monitoring the states of objects to measure the frequency composition and vibration amplitude of electric motors.

The photomodulation control method using thin films (Nurzai, 2022) and the laser speckle correlation method (Elugachev, 2023) were used. The test objects were used are: laboratory vibration stand UP-709, a laboratory installation for studying industrial vibration with an eccentric motor shaft, and an asynchronous motor paired with a DC generator.

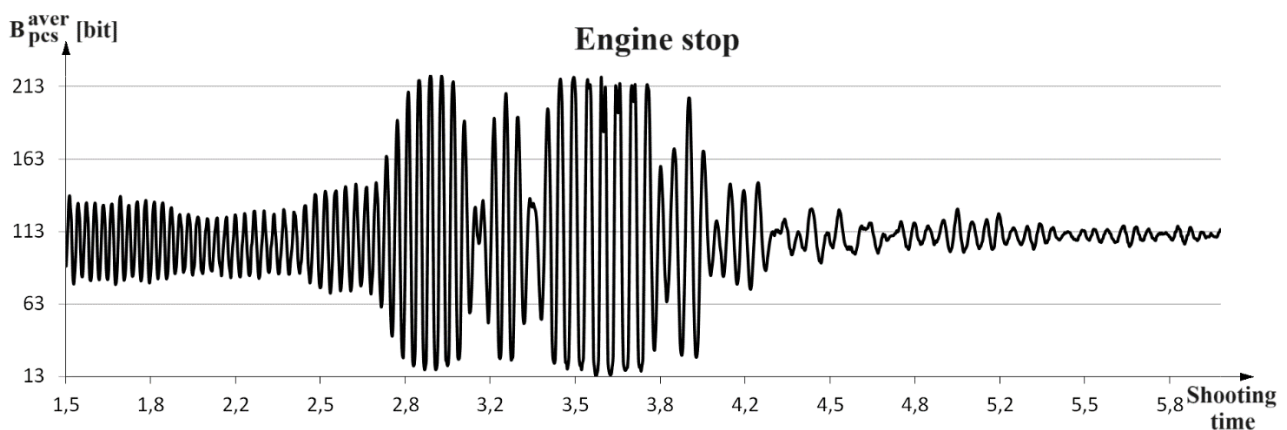


Figure 1 – Vibration during engine stopping, recorded by photomodulation method

Both methods demonstrated high identical readings, and in the opinion of the authors of the study, they can be used for periodic express monitoring of the vibration state of industrial engines.

### References:

Nurzai V.A., Bykovsky Yu.M. Investigation of the effect of illumination on the error of vibration measuring of technological objects by the photomodulation holographic method // *Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy (Monitoring systems of environment)*. – 2022. – No. 3 (49). – P. 117–126. DOI: 10.33075/2220-5861-2022-3-117-126.

Elugachev P.A., Gubarev F.A., Bannikov A.A., Mostovshchikov A.V. Road bridge monitoring using digital image correlation // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta (Journal of Construction and Architecture)*. – 2023. – Vol. 25 (2). – P. 191–206. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-2-191-206.

**MATHEMATICAL DESIGN OF PASSING TO ELECTRIC POWER FROM REMOTE WIND ELECTRIC STATIONS**

*Oleynikov A.M., Kanov L.N.*

Institute of the natural-technical systems, Sevastopol, Russia

Sevastopol state university, Sevastopol, Russia

Inkanov48@mail.ru

In off-shore wind and wave power-stations the electric systems present difficult up-diffused the aggregate of generators and transformers, connected by cable networks. The analysis of the modes in the similar systems is executed on the mathematical models of machines, cables in which equivalent resistances are taken into account and to inductance of tendons of cables (Oleynikov, Kanov, 2022). Actual to the present tense is a task of analysis of the electro energy modes taking into account lengths and in-out parameters of cables, examined as electric chains with the up-diffused parameters (Bessonov, 2012).

A research purpose is a construction of method of mathematical design of process of passing to energy on extensive cables taking into account the unevenness of distributing of their parameters on length.

On figure 1,a the simplified flow-chart of off-shore power-station is represented with a few by a synchronous wave and by wind generations with tension  $U_s = 660$  V, tie a cable with the water-side power system of variable tension  $U_c = 380$  V. For calculation length of cable parts on 10 intervals. The specific values of inductance and capacity of cable are fixed permanent:  $L_0 = 3,18$  mkGn/m;  $C_0 = 0,44$  mkF/m. The graphs of dependences of specific resistance and conductivity on length of cable are resulted on figure 1,b, where the possible changes of these parameters are taken into account from a temperature and humidity of environment.

Taking into account scope terms in points connection of homogeneous areas of cable and on terms at the beginning and end of cable the algorithm of calculation of tensions is built, currents and powers in the elements of the system and on length of cable. By virtue of individual wind terms of every setting taken into account displacement on the phase of tensions of generators displaced on a phase from each other.

On figure 2 the results of calculation of powers are showed on length of cable in the moment of time through 5 seconds with from the beginning of supervision, Picture shows that, in spite of considerable vibrations of active-powers, produced generators, a total active-power, transferable in a network, tests small vibrations only. Considerable part of active-power is lost in a cable, that is explained the choice of specific parameters of cable, in particular, longitudinal resistance and transversal conductivity. Distributing of reactive-power along a cable has the brightly expressed wave character with considerable amplitudes of standings waves.

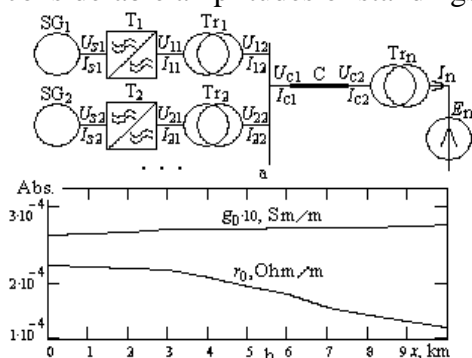


Figure 1

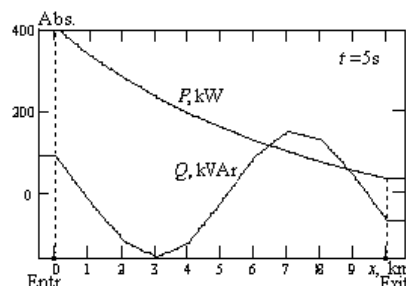


Figure 2

References:

Oleynikov A.M., Kanov L.N. Features of mathematical design of passing to electric power from wind electro stations in the off-shor areas of // Environmental Control Systems – 2022 / Conference abstracts of the International Scientific and Practical Conference. – 2022. – Sevastopol: IP Kulikov A.S., 2022. – P. 43.

Bessonov L.A. The Electrical circuits. – M.: Publ. House of «Yurayt», 2012. – 701 p.

## PRACTICAL ASPECTS OF SEAWATER DENSITY PROFILE MEASURING

Penkov M.N.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

veter4750@mail

Measuring the density profile is a crucial component of oceanographic research, providing data on the vertical distribution of seawater density. This information is essential for understanding hydrodynamic processes in the ocean, predicting climate change, and studying marine ecosystems. Currently, several schemes using pressure sensors are employed for measuring density profiles. For example, Figure 1 illustrates a construction proposed by Fedotov (Fedotov, 2013), utilizing four pressure sensors arranged in a triangular pyramid configuration. However, existing schemes have drawbacks such as high cost and complex mechanical systems, as well as the need for compensating for angular oscillations during freefall. Therefore, the development of new methods for measuring density profiles that are more efficient, affordable, and user-friendly is highly relevant.

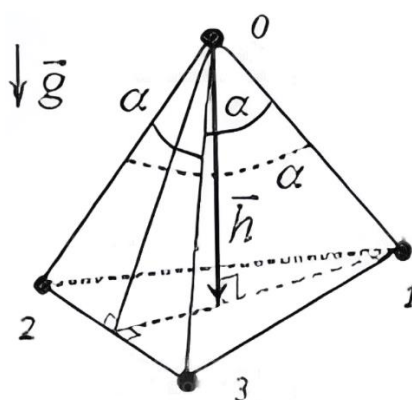


Figure 1 – Pressure sensor arrangement

To address these challenges, a design with two pressure sensors and one accelerometer is proposed. There is a wide selection of suitable accelerometers available, with the necessary resolution in all three dimensions and various output interfaces. Additionally, the optical method based on measuring the refractive index of light as a function of seawater density is considered. This method involves using two pentaprisms and a beam deflection sensor (position sensor) with high resolution. Currently, there are optical linear sensor-photoreceivers with resolutions of up to 80,000 points per inch.

A density profile measurement device with a similar design is more suitable for sounding devices such as "ISTOK" and others. The practical aspects discussed in this paper can serve as a foundation for the development of convenient and effective tools for scientific research in the field of oceanography and hydrodynamics. Measuring density can provide valuable information about the vertical distribution of water masses, significantly enhancing our understanding of ocean processes.

*The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 121122300070-9 "Development of new tools and measuring information technologies for natural water research").*

### References:

Fedotov G.A. A new modification of the hydrostatic method for determining seawater density // Fundamental and Applied Hydrophysics. – 2013. – Vol. 6, Issue 1. – P. 58–65.



## AUTOMATED LABORATORY STAND FOR STUDYING THE INFLUENCE OF INHOMOGENEITIES IN WATER ON THE OUTPUT SIGNALS OF THE DEVELOPED MEASURING CHANNELS

Ryazanov V.A., Pasyukov M.A., Alekseev S.Iu., Shmyreva I.G.  
 Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
 sevmixa@mail.ru

The development and creation of measuring channels intended for in situ operation is associated with many difficulties. Firstly, the measuring channels must be close to the standards in their metrological characteristics, and in terms of technical capabilities they must withstand high pressures and operate in aggressive conditions, for example, in sea water. Fulfillment of such requirements will make it possible to detect various pollutants in fresh and sea waters and determine their levels not only on the surface, but also at great depths. For this purpose, in the laboratory of hydroacoustic and optical methods and means of monitoring the state of the environment of the Institute of Natural and Technical Systems, an automated laboratory stand was developed and created, in which various measuring channels were installed, both developed by the authors and purchased. At this stage, the stand includes the following measuring channels: propagation speed, absorption, scattering and attenuation of acoustic signals, electrical conductivity of sea water, electrical impedance, water temperature, optical density and transmittance. Software has been developed, tested and installed on a PC for all measuring channels. In the future, the stand will be improved and equipped with additional measuring channels, which will allow us to explore, model and formulate the structure and determine the expected technical capabilities of future multifunctional information and measurement systems designed to operate in harsh marine conditions, with high sensitivity and acceptable uncertainty.

The structural and functional diagram of the automated laboratory stand is presented in Figure 1.

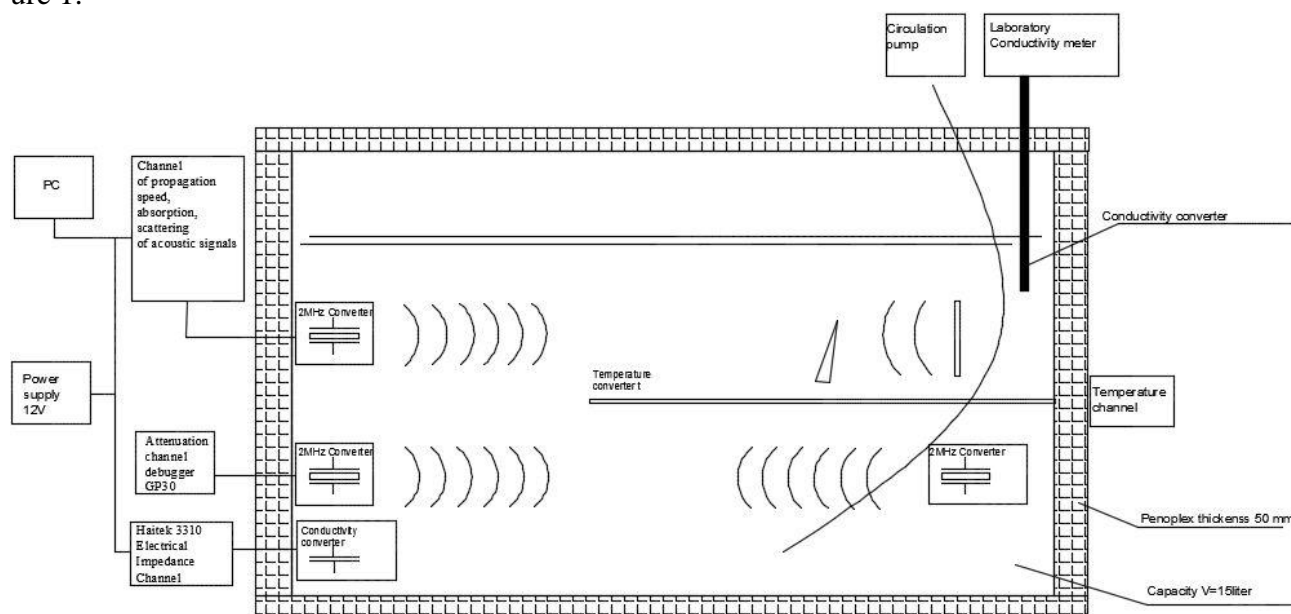


Figure 1 – Structural and functional diagram of an automated laboratory stand

### References:

Grekov A.N., Grekov N.A., Sychov E.N., and Kuzmin K.A. Razvitiye akusticheskikh izmeritel'nykh priborov dlya issledovaniya vodnoy sredy in situ (Development of in situ acoustic instruments for the aquatic environment study) // Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy. – 2019. – No. 2 (36). – P. 22–29. DOI: 10.33075/2220-5861-2019-2-22-29.

**HYDROGELS – NEW GENERATION SORBENTS IN NATURAL WATER  
MONITORING FOR COMBINED ANALYSIS METHODS**

*Senin V.G., Mikhailova A.V., Kuzmina T.G., Simakina Ya.I., Senin P.V.*

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences,  
Moscow, Russian Federation  
valsenin@mail.ru

Weakly cross-linked polymer hydrogels (cLHPs) are three-dimensional networks of hydrophilic copolymers or homopolymers. They are also called hydrophilic hydrogels because they hold large volumes of water. Elasticity, swelling and absorbency are important properties of cLHPs. Synthetic cLHPs have better water absorption capacity and hydrophobic-hydrophilic network stability than natural ones. Currently, cLHPs is used in the food industry, agriculture, cosmetics, medicine, etc., they are widely used due to their low cost, non-toxicity and environmental friendliness. The purpose of this work is to show the possibility of using cLHPs in analytical chemistry as sorbents for concentrating inorganic components of water and their difference from traditional sorbents. The method of working with cLHPs includes a minimum of operations: a certain amount of cLHPs is added to a known volume of water and after the polymer swells, it is dried at 70-100°C. The water evaporates, and all macro- and microcomponents remain in the cLHPs. Dry granules can be analyzed by various instrumental methods, for example XRF, INAA. Concentrates are stored for a long time. Moreover, the polymer is a homogeneous matrix that does not affect the XRF readings. The use of cLHPs allows concentration to be carried out immediately at the location of the object - rivers, lakes, peat bogs. This is especially important for inaccessible places, from where it is difficult to deliver water samples to the laboratory at the right time. cLHPs was tested by the authors on model water objects with the joint concentration of ions of four elements and their determination in the volume of the solid phase of cLHPs using XRF (*Simakina, 2021*). The detection limits for metals in the solid phase are 0,0002, 0,0003, 0,0002 and 0,0005 wt. % for Fe(III), Cr(VI), Cu(II) and Mn(II) ions. The relative standard deviations are 4,1, 3,2, 4,1 and 5,2%, respectively. In continuation of the work, the authors tested the water of rivers and lakes in the Ostashkovsky district of the Tver region near lake Seliger. The Volga River originates in the region. Assessments of the water quality of the main reservoirs and rivers of the center of the European part of the Russian Federation that are of economic importance have been carried out for a long time. The objects we selected (small rivers Blizna, Bolshaya Kosha, Glushitsa and Uskroinya) have not been observed previously, since they are not directly related to recreational water use objects. However, due to the fact that this territory is small in area (3,8% of the area of the Russian Federation) with a high population density, the provision of clean water resources has sharply decreased over the years. Anthropogenic impact leads to an increase in the concentrations of sulfates, chlorides, sodium, potassium, petroleum products and BOD5 relative to the background content. There may be a shortage of recreationally accessible water resources here. Natural unprotected aquatic ecosystems are capable of self-purification if the anthropogenic load does not exceed certain limits. If this limit is exceeded, their degradation occurs and at the same time their ability to self-purify is reduced. Therefore, monitoring small rivers that feed major water bodies is extremely important today.

References:

Simakina Ya.I., Kuz'mina T.G., Senin V.G. Study of the sorption properties of polymer hydrogels based on acrylamide using spectral methods // *Journal of Analytical Chemistry* – 2021. – Vol. 76, No. 11. – P. 1290–1295. DOI: 10.1134/S1061934821110137.



**DEVELOPMENT OF A NAVIGATION SYSTEM MODULE FOR A CONDITIONALLY DISPOSABLE OCEANOGRAPHIC PROBE**

*Shapovalov O.Y.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
neoton@list.ru

At present, 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 (Arkhipkin, 2009). These probes should be inexpensive and have an operational communication channel with the base station. The study presents a description of the development of a navigation system module for a conditionally disposable oceanographic probe. The structural diagram 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 the physical parameters of the sea area (Solovyov, 2000). The probes can be used for monitoring changes in critical parameters of the marine environment, climate research, pollution detection and other important tasks. The effective implementation of such probes requires the development of a reliable navigation system that provides accurate determination of the probes' location and georeferencing of their position to the points of the sea area space.

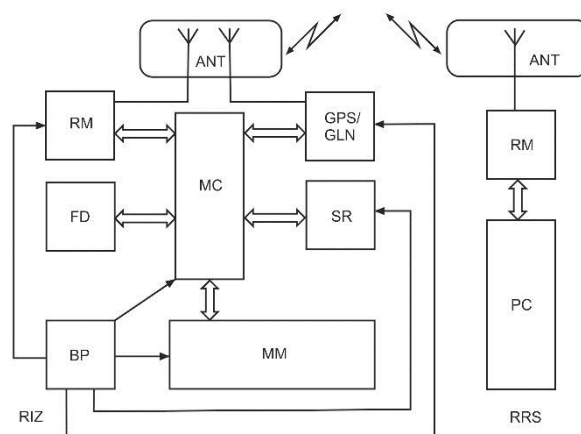


Figure 1 – Block diagram of building a system based on conditionally disposable measuring probe

The measurement system consists of a single measurement probe (RIZ) and a radio receiving station (RRS). The RIZ includes a radio modem (RM) designed for communication via radio channel with the RPS, GPS/GLONASS module.

The RRS includes: radio modem, designed to provide two-way communication with the RIZ; personal computer device (PC) to control the measurement system for registration of incoming data and their subsequent processing.

The RIZ electronics includes the following units: microcontroller (MC), designed to control the operation of the electronic block of the RIZ according to the specified program; radio modem (RM), designed to transmit data to the shore or ship RPS and receive commands from the RPS; 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. 121122300070-9 "Development of new tools and measuring information technologies for natural water research").*

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. – 267 p.

**DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY FOR VISUALIZATION  
AND ALGORITHMIC SUPPORT FOR AUTOMATING PROCESS ANALYSIS  
OF MARINE ENVIRONMENT PROFILE MEASUREMENTS DATA**

*Shishkin Iu.E.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
iurii.e.shishkin@gmail.com

Modern technology for automating visual data analysis processes plays an increasingly important role in the field of marine research (Shishkin, 2016). Structuring and analyzing large amounts of spatially distributed marine environment profile measurement data is one of the key tasks in this area. The study proposes an evolution of information technology and its implementing algorithmic software, aimed at automating the process of analyzing marine environment profile measurement data through the introduction of monitoring data visualization and displaying correlational relationships among them.

The objective complexities of analyzing marine environment profile data are: first, the volume and complexity of the data – marine environment monitoring involves collecting a large amount of data, including information about various physical, chemical, and biological parameters, and processing such a large amount of data requires powerful computational resources and efficient algorithms. Second, the marine environment has a high degree of uncertainty and variability, and factors such as current, wind, and climate change impact can lead to significant distortions in the observed environmental parameter fields, creating difficulties in understanding and interpreting data when trying to identify trends and patterns. The third factor is the complexity of studying parameters – the marine environment is a complex system with many interrelated parameters, understanding these interrelationships is a nontrivial task, especially with nonlinear and heterogeneous systems.

The proposed solution to this problem is the comprehensive use of visual aids, including four system-forming blocks. Interactive maps: creating interactive maps showing the fields of the required physiochemical fields of the marine environment allows for targeted data analysis, selecting the parameters of interest, and scaling them to obtain detailed information. Data visualization in the form of graphs and diagrams allows for visualizing correlations and temporal trends between key environmental parameters, statistical indicators, and the distribution dynamics of parameters over time and depth. Animations allow for a natural visualization of the chronology of parameter changes over time and space for the user. The use of 3D visualization allows for displaying complex three-dimensional data, such as the topography of the seafloor or the distribution of plankton in space, which provides new opportunities for the analysis and understanding of the marine environment.

Thus, the proposed information technology when developing algorithmic software, simultaneously possessing such visualization tools as: interactive maps, graphs and diagrams, animations, and 3D visualization has functional completeness when solving the tasks of analysis, plays a key role in the automation of profile data research processes of the marine environment and identifying patterns and anomalies in them, allows for more relevant target results, simplifies the interpretation of the obtained data and increases the justification of conclusions made on their basis, allows researchers to more objectively study the internal processes of the marine environment and better understand the dynamics of changes occurring. Process automation through visualization tools opens up new opportunities for oceanography, climatology, and applied fields related to the rationalization of marine nature exploitation.

*The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 121122300070-9 "Development of new tools and measuring information technologies for natural water research").*

References:

Shishkin Y.E. Big Data visualization in decision making // Science in Progress. – Novosibirsk: NSTU, 2016. – P. 203–205.

## THE CONCEPT OF USING PRESSURE MEASUREMENT CHANNEL FOR EXPRESS ANALYSIS OF SEA WATER LOCAL DENSITY AT SHALLOW DEPTHS

Shishkin Iu.E.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
iurii.e.shishkin@gmail.com

Developing express analysis tools for local seawater density plays a crucial role in identifying anomalies and detecting significant dynamic changes in physical-chemical parameters in seas and oceans (Pokazeyev, 2010). A concept of using paired complementary measurement channels is suggested. These channels measure absolute pressure  $P_r$  inside a reservoir with a reference liquid of density  $\rho_r$ , separated by a flexible membrane, and  $P_e$  pressure outside in the sea water, respectively; schematic imaging of such a meter structure is shown in Figure 1. Since pressure depends on water density, the difference of measured values of pressure of these two channels can be used to calculate local density  $\rho = \rho_r - (P_r - P_e)/(g_z \cdot h)$ , where  $g_z$  – is free fall acceleration at depth  $z$ , and  $h$  – is the height of the reservoir with the reference liquid. Such an approach is based on using absolute pressure sensors of a narrow working range (similar to atmospheric), enabling quick and efficient express analysis of seawater density at shallow depths.

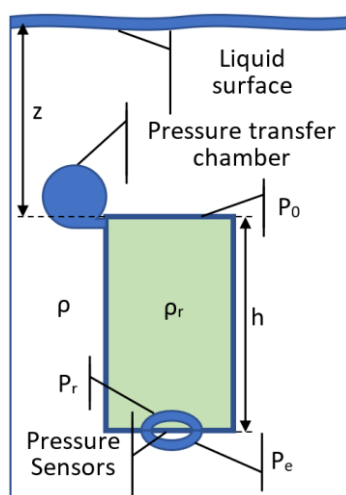


Figure 1 – Schematic imaging of the structure of a local liquid density meter

This concept can be applied in oceanographic research to study processes associated with changes in water density, and can assist in investigating the impact of density changes on sea ecosystems, which is particularly significant when examining anthropogenic factors such as pollution and changes in salt composition and effects on marine biodiversity. It could be useful in determining predictors of migrations of fish and other marine organisms, as well as in developing strategies for aquaculture and sustainable fishing. Additionally, measurement channels based on the proposed approach can be used for measurement and control of seawater density near structures of marine facilities such as lighthouses, oil platforms, and wind turbines, enabling more effective management and safe operation of such structures. The simplicity and technology of manufacturing such class of devices significantly reduce their cost, allowing for the installation of such measurement systems at a number of points in a chosen sea area to obtain more comprehensive information about the distribution of water density fields.

*The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 121122300070-9 "Development of new tools and measuring information technologies for natural water research").*

### References:

Pokazeyev K.V., Chaplina T.O., Chashechkin Yu.D. Ocean Optics: A Tutorial. – Moscow: MAKS Press, 2010. – 216 p.

**STUDY OF INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELD WITH FREQUENCY  
300 Hz ON MARINE MICROBIOTA**

Stepanova O.A.<sup>1</sup>, Sholar S.A.<sup>2</sup>, Penkov M.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

<sup>2</sup>Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, Russia  
solar-ua@ya.ru

At the base of Institute of Natural and Technical Systems (INTS), studies of the influence of the electromagnetic field (EMF) on the Black Sea microbiota were continued. Our first experiments showed that the effect of electromagnetic load on marine microbiota leads to a decrease in the infectious titer in algal viruses and an increase in resistance (decrease in sensitivity) to viral lysis in microalgae by 1–2 orders of magnitude (Stepanova et al., 2023).

The purpose (goal) of continued research was the study the effect of EMF with a maximum frequency of 300 Hz and a signal level of 120-150 mV on marine microbiota.

The experiments were carried out using a laboratory installation developed at the Laboratory of Hydrophysical and Bioelectronic Measurement Systems and Technologies of the Center for Environmental Engineering and Sustainable Energy INTS (LHBMST CEISE INTS) (Penkov et al., 2022), which, after improvement, made it possible to create EMF with a maximum frequency of 300 Hz and a level signal 120–150 mV.

The studied marine microbiota was used as viral suspensions of the algal virus TvV (strain TvV-SI-1) with different infectious titers and viral host – a culture of the microalgae *Tetraselmis viridis*. The methodology for setting up experiments and recording the results were described in detail earlier (Penkov et al. 2022; Stepanova et al., 2023).

A total of 12 experiments were carried out, of which 6 were on EMF irradiation of a liquid culture of the microalgae *Tetraselmis viridis* and 6 on the effect of EMF on the viral suspension of the TvV-SI-1 strain. The results for the first time recorded an increase in the infectious titer of the used algal virus strain TvV by 1–4 orders of magnitude after exposure to an EMF with specified characteristics (300 Hz and 120–150 mV). In the microalgae *Tetraselmis viridis*, in 4 experiments, no differences were noted between the irradiated (experimental) culture and the control sample in sensitivity to viral lysis; in 2 cases a decrease in resistance by 2 orders of magnitude was observed.

According to our assumption, the fact of an increase in the infectious titer of the algal virus of microalgae *Tetraselmis viridis* (strain TvV-SI-1) recorded in experiments after exposure to EMF with a high frequency (300 Hz) and an enhanced signal level may be associated with a sharp decrease in adhesion properties (gluing, gluing, adhesion) in viral particles. This can lead to an increase in the concentration of viruses in the suspension and leveling out the usually inhibitory (oppression) effect of the electromagnetic load.

Research in this direction will be continued to further study the effect of the electromagnetic field on marine microbiota.

*The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 121122300070-9 "Development of new tools and measuring information technologies for natural water research") and FSBSI FRC MHI on topic No. FNNN-2021-0003 "Operational oceanology".*

References:

Stepanova O.A., Sholar S.A., Penkov M.N. Results of studying the influence of the electromagnetic field on marine microbiota // Environmental Control Systems. – 2023. – No. 2 (52). – P. 32–39.

Penkov M.N., Sholar S.A., Stepanova O.A. Laboratory installation for studying the influence of an alternating electromagnetic field on marine microbiota // Environmental Control Systems. – 2022. – No. 3 (49). – P. 37–43.

## HIGH-SPEED VISUALIZATION OF ELECTRIC ARC SYNTHESIS OF CERAMIC MATERIALS

*Torganov D.V., Tsiron M.S., Lavrenchuk A.A., Spiransky M.Y., Gubarev F.A.*  
Sevastopol State University, Sevastopol, Russia,  
torganov\_d@mail.ru

Silicon carbide SiC is a relatively inert substance: it practically does not interact with most acids, except for concentrated hydrofluoric, nitric and orthophosphoric acids. High thermal, chemical and radiation resistance make SiC highly demanded in many fields of science and technology.

The simplest methods of producing ultradisperse SiC powder is the carbothermal synthesis method at temperatures of 1400–1700°C. SiC synthesis is carried out in furnaces with a protective argon atmosphere, the method of mechanosynthesis is based on mechanical impact on solids in order to pulverize and mix the components. More modern methods include high-temperature synthesis, plasma-chemical methods, plasmodynamic synthesis. All these methods have a number of disadvantages in the form of complexity of technological installations, expensive maintenance, use of various protective environments.

In recent work on the synthesis of metal and nonmetal carbides (Pak, 2022), was used a direct current electric arc plant. Currently, we are working on the production of silicon carbide using an alternating current electric arc plant.

The problem with the study of electric arc fusion is the high temperature of the process and the bright emission of light, which does not allow direct observation of the processes in the plasma. In addition, fusion takes place in a crucible, which also complicates observation. Meanwhile, visual information about the synthesis process is necessary to understand the occurring processes and the dynamics of product formation. A laser monitor based on an active agent on bromide vapors, coupled with a high-speed camera, makes it possible to visualize fast high-temperature processes in real time (Gubarev, 2022). Figure 1 shows the scheme of the experiment. The paper discusses the results of visualization and prospects for the development of the method of electric arc synthesis of metal and nonmetal borides and carbides.

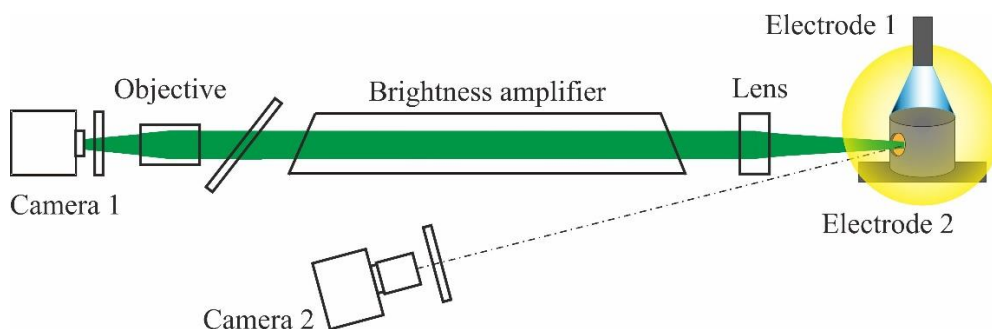


Figure 1 – Scheme of the experimental setup

### References:

Pak A.Y. Regularities and characteristics of processes of producing ceramic materials on the basis of carbides under the influence of atmospheric electric arc plasma. Thesis of ScD. – Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2022. – 340 p.

Gubarev F.A. Visualization of combustion of metal nanopowders using pulsed and continuous illumination lasers // Polzunov Bulletin. – 2022. – Vol. 2, No. 4. – P. 151–158.

**BEHAVIORAL REACTIONS OF FRESHWATER MOLLUSKS PEARL BARLEY  
TO NON-INVASIVE EFFECTS OF PHYSICAL ENVIRONMENTAL FACTORS  
IN COMPLEXES OF AUTOMATED BIOSENSOR CONTROL OF WATER IN NATURAL  
CONDITIONS OF RESERVOIRS**

*Trusevich V.V.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
trusev@list.ru

In modern conditions, with the rapidly increasing intensity of pollution of rivers, freshwater reservoirs and other sources of water supply to the population, automated bioelectronic systems for continuous monitoring of water entering the water supply systems of populated areas are becoming increasingly important. We have developed and are testing in the area of fresh water intakes in the city of Sevastopol an automated monitoring system for the aquatic environment, based on the behavioral reactions of bivalve mollusks (*Unio pictorum*). For the use of this complex in freshwater environments, information about the characteristics of the behavioral reactions of mollusks included in the complex is decisive (Trusevich, 2017).

Using the complex we developed, year-round studies of the characteristics of the behavior of mollusks in the natural conditions of the river were carried out over 4 years. Chernaya, in the water intake area of the Sevastopol water utility. It has been established that normally the movements of the valves of mollusks are subject to a daily rhythm, manifested in the daily appearance of a series of frequent deep collapses of the valves at sunset, all seasons of the year, even in winter when the water temperature drops to 1-2°C. Mollusks react sharply by changing the frequency of collapse and the amplitude of opening of the valves to sharp fluctuations in physical environmental factors. Non-invasive short-term influences, such as: sudden changes in temperature, changes in water flow speed, a fallen shadow or a sharp change in light flux, shocks, loud knocks in the immediate vicinity of the device with attached mollusks cause instantaneous short-term synchronous slamming of the valves, after which after 3-5 minutes the normal level of disclosure is restored. These reactions are in the nature of protective reflexes. With frequent repetitions of such impacts, the level of reaction of the mollusks quickly decreases and after several repetitions the reaction disappears. Such frequently occurring reactions of mollusks noted should be taken into account by computer programs as insignificant (Grekov, 2019). The mollusks fixed in the device remain operational for a year or more, and can be easily replaced with new ones.

Long-term operation of the complex has shown the high efficiency of its use for assessing the quality of the aquatic environment of freshwater reservoirs and rivers. The design features of such a complex provide for the possibility of its use both as stationary stations for automated monitoring of the water environment, and in a portable version for active monitoring of individual regions, as well as the ability to easily create large water monitoring networks managed online from a single center.

Thus, the most important advantages of the proposed system are: a high degree of automation of water monitoring, as well as high reliability, ease of maintenance, durability, and relatively low cost.

References:

Trusevich V.V., Kuzmin K.A., Mishurov V.Z. Biomonitoring vodnoy sredy s ispol'zovaniyem presnovodnykh dvustvorchatykh mollyuskov (Biomonitoring of the aquatic environment using freshwater bivalves) // Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy. – 2017. – No. 7 (27). – P. 83–93.

Grekov A.N., Kuzmin K.A., Mishurov V.Z. Automated Early Warning System for Water Environment Based on Behavioral Reactions of Bivalves // International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – 2019. – P. 1–5.

**MODIFICATION OF THE LORA PROTOCOL STACK FOR THE DEPLOYMENT OF WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR RECORDING ENVIRONMENTAL PARAMETERS**

*Varagushin P.A.*

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Crimean Federal University named after. V. I. Vernadsky”, Simferopol, Russia  
mechanic216@gmail.com

Solutions used for the organization of monitoring systems and information collection at the present stage of the development of wireless technologies are often referred to the Internet of Things (IoT), a particular type of which are wireless sensor networks (WSN).

The existing systems in the target area are networks of unlicensed ISM bands, the most common of which are WiFi (IEEE 802.11 b/g /n), Bluetooth (IEEE 802.15.1) and ZigBee (IEEE 802.15.4) standards. The main disadvantage of such devices is the small radius of action, which limits their use, reducing it to local placement on some small object. Devices with spectrum expansion, an example of which are LoRa modules, have extremely low power consumption, a large range of operation and the ability to manage the budget of the radio channel for optimal tuning of the radio module.

Among the communication standards in IoT, LoRaWAN has been widely used, but it also has no drawbacks - the only possible topology of the "star" type network, which forces, if necessary, to increase the coverage area, divide the network into clusters and use additional gateways for communication between them.

To solve many problems in the field of accounting for environmental parameters that do not require the transmission of a large amount of data (for example, ensuring fire safety, accounting for seismic activity, etc.), it is advisable to abandon the LoRaWAN network layer protocol and use the LoRa physical and channel layer protocol (Maltseva et al., 2018). In this case, the use of a modified network protocol will allow organizing the entire set of nodes into a mesh network and covering a fairly large area, which is relevant for solutions in remote areas with difficult access. Also, the use of this solution will increase the information reliability of the distributed monitoring system. Figure 1 shows a hybrid drawing of a modified LoRa stack, consisting of a node stack, a gateway stack, as well as a model of interaction between nodes and the gateway.

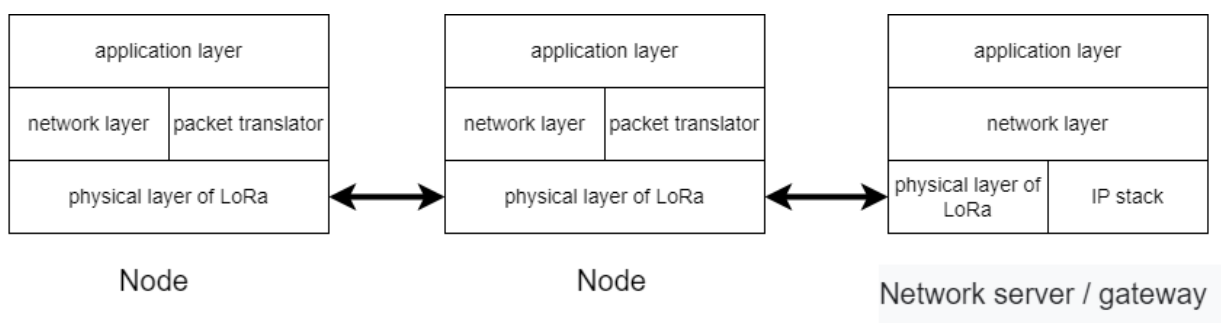


Figure 1 – The proposed model of stack and node-node-gateway interaction

The proposed model is a modification of the LoRaWAN stack, which provides the deployment of a mesh network consisting of autonomous sensors, with the ability to cover a large area.

The direction of further research lies in the field of simulation modeling of networks of the proposed type, as well as in the field of development and implementation of hardware and software.

References:

Maltseva N.S., Zubova A.D., Marysheva I.N. Analysis of methods for constructing wireless sensor networks // Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region: scientific and technical journal / Astrakhan State University of Architecture and Construction. – Astrakhan: GAOU JSC VO "AGASU", 2018. – No. 2 (24). – P. 31–36.

**SECTION 2**

**GLOBAL AND REGIONAL CHANGES  
IN CLIMATE AND ENVIRONMENT**





**COMPARATIVE STUDY OF THE INFLUENCE OF THE EAST ATLANTIC/WESTERN  
RUSSIAN AND SCANDINAVIAN OSCILLATIONS ON THE WIND STRESS CURL OVER  
THE BLACK SEA REGION**

Averyanova E. A., Gubarev A.V., Polonsky A.B.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

eisal@mail.ru, alexgub@inbox.ru, apolonsky5@mail.ru

The Scandinavian and East Atlantic/West Russian Oscillations (SCA and EA/WR) are the most important large-scale oscillating modes that affect the formation of climatic conditions in Eurasia. Different points of view have been discussed in the literature regarding the influence of SCA and EA/WR on the variability of various hydrometeorological characteristics over the Black Sea, and their effect on the formation of wind stress curl (WSC) has not been studied in detail (Bardin, 2015; Dyakov, 2016; Polonskii, 2020). The variability of the WSC has a significant impact on the Black Sea circulation, and so we studied the influence of the SCA and EA/WR over the Black Sea. We used urgent wind field data arrays from the MERRA2 reanalysis and the values of the SCA and EA/WR indices for the period 1980–2019. The methodology for analyzing and processing data is described in detail in (Averyanova, 2022). It has been shown that for most part of the year there is a significant increase in the cyclonic WSC during the positive phase of SCA in different parts of the sea. For September-October and on average for winter during the positive phase of the EA/WR a significant increase in anticyclonic WSC has been obtained over the inner part of the Black Sea. In general, it has been found that the SCA influences the formation of the spatiotemporal structure of the WSC stronger than the EA/WR.

*This work was made within the frame of the IPTS state task № 0012-2021-0003 «Fundamental research of processes in the climate system that determine the spatial and temporal variability of the natural environment on a global and regional scale» (state registration number 121122300074-7).*

References:

Bardin M.Yu., Platova T.V., Samokhina O.F. Specific features of variability of cyclone activity in Northern extratropics associated with leading atmospheric circulation modes in Atlantic-European sector // *Fundamental and applied climatology*. – 2015. – Vol. 2. – P. 14–40.

Dyakov N.N., Lipchenko A.E., Ryabinin A.I. Modern hydrometeorological conditions in the Black and Azov seas // *Trudy Gosudarstvennogo okeanograficheskogo instituta*. – 2016. – No. 217. – P. 222–240.

Polonsky A.B., Sukhonos P.A. Analysis of the influence of Atlantic-European large-scale atmospheric modes on winter anomalies of the surface air temperature in the Black Sea-Caspian region // *Monitoring systems of environment*. – 2020. – Vol. 42, No. 4. – P. 13–19.

Averyanova E.A., Gubarev A.V., Polonskii A.B. Influence of the North Atlantic oscillation and East Atlantic pattern on wind stress curl over the Black Sea // *Russian meteorology and hydrology*. – 2022. – No. 1. – P. 24–35.

**A SYSTEM FOR TRACKING SHIFTS IN SPECIES CLIMATIC RANGES**

*Bogdanovich A.Yu.*

Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia  
bogda-anton@yandex.ru

Mathematical modeling of the climatic ranges of species is an important tool for assessing the impacts of climate change. The report describes the RANGES system, which, based on measured climate data or climate modeling data, as well as the values of climate predictors, assesses the confidence of whether a given point in geographic area belongs to the climatic range of a certain species. This approach tests the limits of climate predictors for each year of the time period under consideration, not for their average values (Semenov et al., 2020).

The report will present the results of calculating the climatic ranges of the Mediterranean fruit fly and gypsy moth for the climates of 1990–1999, 2030–2039 and 2050–2059 under different scenarios (Bogdanovich et al., 2023a; Bogdanovich, 2023b). 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., Dobrolyubov N., Krylenko S., Baranchikov Y., Lipka O., Semenov S. Climatic range of spongy moth in Russia corresponding to climates of the late 20th century and the 21st century // *Fundamental and Applied Climatology*. – 2023b. – Vol. 9, No. 1. – P. 65–106. DOI: 10.21513/2410-8758-2023-1-65-106.

Semenov S. M., Popov I.O., Yasyukevich V.V. Statistical Model for Assessing the Formation of Climate-related Hazards Based on Climate Monitoring Data // *Russian Meteorology and Hydrology*. – 2020. – No. 5. – P. 59–65.

## REGIONAL MANIFESTATION OF SEASONALITY IN THE YEARLY COURSE OF SURFACE MONTHLY MEAN AIR TEMPERATURE

*Dobrolyubov N.Yu.*

Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia  
dobronik@yandex.ru

The transformation of the yearly course of monthly mean air temperature when moving in geographic space is described.

Data source: NOAA-CIRES-DOE 20th Century Reanalysis V3.

Temporal scale: climatic, i.e. three decades, namely 1981–2010.

Spatial coverage: global. Spatial resolution:  $1^\circ \times 1^\circ$ .

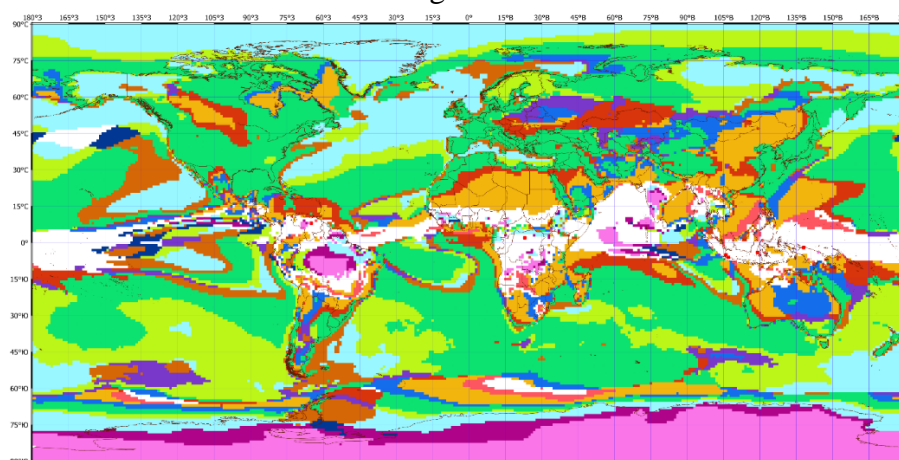
Subject of the study: long-term variations of monthly mean surface air temperature.

Task: classification of types of yearly course.

The yearly course is characterized in the simplest way, namely with the cold and warm periods of the year (relative to the annual mean value). Let us denote  $X_{i,j}$  the monthly mean temperature in the  $j$ -th month of the  $i$ -th year. Based on the data set  $\{X_{i,j}\}$ , estimates of the parameters of the yearly course  $\{\hat{b}_j\}$  and their standard deviations  $\{s_j\}$  are calculated. Next, the sequence  $\{R_j\}$  is composed of numbers (-1), 0 or 1 according to the following rule:  $R_j = -1$ , if  $\hat{b}_j < -1,645s_j$ ;  $R_j = 1$ , if  $\hat{b}_j > 1,645s_j$ ;  $R_j = 0$  in other cases (1,645 is the 95th one-sided quantile of the normal distribution).

Classification: the yearly course of two elements of a spatial grid has the same class if the corresponding R-sequences are coincided combined by cyclic permutation. This classification corresponds to the “physical” concept of warm and cold seasons: the monthly mean temperature is higher or lower than the annual mean, respectively.

The classification result is shown in the figure.



| № класса | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 3        | -1 | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 |
| 1        | -1 | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 |
| 2        | -1 | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | -1 |
| 32       | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 7        | -1 | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | -1 |
| 5        | -1 | -1 | -1 | -1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | -1 |
| 8        | -1 | -1 | -1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | -1 |
| 4        | -1 | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | -1 |
| 6        | -1 | -1 | -1 | -1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | -1 |
| 26       | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 13       | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | -1 |
| 10       | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | -1 |
| 181      | -1 | 0  | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 | 0  | 1  | 1  | -1 | -1 |

Figure 1 – The 12 most numerous classes (above) and their corresponding R-sequences (below) are presented

**PRINCIPLES OF ACCOUNTING SPATIAL VARIABILITY OF SNOW COVER  
IN DIFFICULT TERRAIN FOR CLIMATE SERVICES OF ECONOMIC**

*Fasolko D., Pigoltsina G.*

Voeikov Main Geophysical Observatory, Saint Petersburg, Russia  
dvfasolko@mail.ru

Detailed microclimatic assessment of changes in different climatic indices (basic and tailored) is necessary for the sustainable operation of infrastructure in difficult terrain. Negative environmental impacts and economic damage can be caused by using only data of weather stations in mountainous areas, without considering morphometric relief indicators. Most climatic indices are highly dependent on the shape and height of the terrain, including snow cover, which are most difficult to account due to high spatial variability. The building code “Loads and Impacts”, which displays the snow load zone map, is primarily used for designing economic objects. The map scale is a significant drawback, as it hinders our ability to take into account meso- and micro-relief features and analyze detailed snow load assessments for specific relief points. Furthermore, the map identifies significant areas of poorly studied mountainous regions where the lack of meteorological data has hindered more detailed zoning.

The study presents a method for assessing the spatial distribution of snow cover indices in indices terrain using cluster analysis. The selection of weather stations at different heights and in homogeneous microclimatic conditions is possible using this method. This allows obtaining vertical distribution of the snow cover height in the studied region (Pigoltsina et al., 2013, 2020, 2022). However, this approach is not universal, as there may be no meteorological observation data in mountain areas. In this case, a methodology based on short-term on-route observations of snow cover is proposed (Fasolko et al., 2022). The developed methods make it possible to determine the patterns of snow cover distribution in various mountain systems and to quantify the spatial variability of specialized indices of snow cover.

The obtained results make it possible to update the existing system of tables of microclimatic variability, substantially complementing it with indicators of snow cover for further use in designing infrastructure objects in a complex relief.

References:

Fasolko D.V., Pigoltsina G.B. Improvement accounting technology for microclimate information in the calculation of specialized characteristics of snow cover on the example of the mountain relief of the North Caucasus // Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory. – 2022. – No. 605. – P. 25–40.

Pigoltsina G., Fasolko D. Methodology for calculating the spatial distribution of snow depth in complex terrain with insufficient meteorological information: a case study for the Anyuy // Russian Meteorology and Hydrology. – 2022. – No. 2. – P. 45–52.

Pigoltsina G., Fasolko D. Microclimatic approach to the estimation of snow cover spatial variability in mountainous relief with insufficient meteorological information // Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory. – 2020. – No. 599. – P. 26–44.

Pigoltsina G., Zinovyeva N. Spatial distribution of snow-cover height of the site of the Winter Olympic Games «Sochi-2014» for mountain cluster // Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory, – 2013. – No. 569. – P. 137–147.

**NUMERICAL SIMULATION OF THE EVOLUTION OF A JET ZONAL  
WIND FLOW USING COMBINED DISSIPATION**

*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 large-scale circulation was carried out with the simultaneous use of two mechanisms of vorticity dissipation on subgrid spatial scales: spectral filtration of higher harmonics and ordinary viscosity with a very small coefficient under the action of a stationary inhomogeneous external vorticity flow simulating the effect of wind on the ocean. With such parametrization, the dissipative operator affects only a small-scale part of the energy and enstrophy spectrum, the rest of the spectral dynamic range is not affected in this way, unlike the use of biharmonic viscosity, which simultaneously performs the function of ensuring energy flow on scales comparable to the spatial step of the computational grid affects absolutely all harmonics of the flow structure, although to a lesser extent in compared with small scales.

This circumstance may be the cause of distortion of physical processes in the energy-carrying part of the spectrum. One of the results of using combined dissipation is a decrease in the intensity of energy runoff and enstrophy on a small scale and the development of jet flow at lower values of wind load in comparison with similar numerical experiments performed with biharmonic viscosity. An additional problem that has arisen with the use of combined dissipation is an increase in the characteristic time periods of adaptation of the simulated processes to changes in the external parameters of the problem, primarily to the changing intensity of wind force.

The paper demonstrates the evolution of the vortex field on scales close to the Rossby scale. Experiments were carried out for two values of wind intensity, time and energy parameters of changes in the intensity of circulation were analyzed separately, a separate emphasis was placed on the process of formation of intense vortex rings. The main time scales of energy fluctuations of the upper layer are highlighted.

Compared with experiments with biharmonic viscosity, this work demonstrated the possibility of the formation of vortices with a vorticity modulus exceeding the vorticity modulus of the main flow, which confirms the purely nonlinear mechanism of amplification of such vortices due to the impossibility of amplifying them due to advection, in addition, the transition of planetary vorticity to relative vorticity will not give such an effect. Firstly, because of the lack of meridional transfer in the direction of the latitude of rest, and, secondly, simply because of the insignificant meridional gradient of planetary vorticity.

Experiments were carried out for two values of wind intensity, the time and energy parameters of changes in the intensity of circulation were analyzed separately, a separate emphasis was placed on the process of formation of intense vortex rings. The main time scales of energy fluctuations of the upper layer are highlighted.

**INVESTIGATION OF THE EVOLUTION OF JET ZONAL  
WIND FLOW USING ARTIFICIAL SOURCES AND DRAINS OF VORTICITY**

*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, taking into account the real geographical features of the water area under consideration, was carried out on the example of the North Atlantic. The North Atlantic as a water area has not a rectangular, but a trapezoidal shape. As a result, an essential feature of the applied numerical scheme is the inclusion of additional sources and effluents that have a physical meaning in it. Thus, the vortex fields generated as a result of the baroclinic instability of the jet stream to the north and south of it have different propagation conditions. These conditions can be formulated as follows:

- a) the numerical value of the meridional gradient of the Coriolis parameter (beta effect) in the northern part of the water area is insignificant, but lower than in the southern part, which gives a corresponding difference in the phase velocity of Rossby wave propagation;
- b) the area of the northern part of the "trapezoid" is significantly smaller than the southern one, which gives a much higher density of packing vortices in the cyclonic part of the cycle;
- c) the linear zonal distance from the vortex generation area to the western shore in the northern part is significantly less than in the southern part, which gives a longer propagation time of anticyclonic vortices to the zone of the western boundary current.

The main attention in the work is paid to the change in the zonal extent of the North Atlantic water area depending on geographical latitude. The actual solution of the system of equations describing large-scale circulation is carried out in a square computational domain, while the use of artificial sources and effluents of relative vorticity makes it possible to take into account the real geography of the water area, while numerical calculations are performed, as before, in a square computational domain. The negative vorticity drain is formed near the western shore of the calculated area, and the source is algorithmically organized through a uniform redistribution of the remote negative vorticity throughout the rest of the calculated area, in which the vorticity is negative, so that the total amount of vorticity of both signs remains unchanged.

The initial field is a jet stream decaying due to baroclinic instability at a distance of approximately 4.0 dimensionless units in the zonal direction, at this moment a mechanism was applied to artificially include negative vorticity in the numerical flow scheme in the area of the narrow western boundary layer. As a result, after 6000 days of model time, the structure of the current near the western shore has changed dramatically: the northern part of the western boundary current significantly lengthened and reached a lower latitude in comparison with the initial field, the jet stream, leaving the origin area, sharply headed north and, reaching the middle of the calculated area in the meridional direction, turned to the east. The reversal of the jet stream to the east occurs at the same latitude where the formation of the jet stream was located in traditional numerical modeling, namely, at the latitude at which the sign of the wind flow of vorticity changes from cyclonic to anticyclonic.

**CLIMATIC NORMS AS AN INDICATOR OF VARIABILITY  
TEMPERATURE ALONG THE COAST OF PRIMORSKY KRAI**

*Gayko L.A.*

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia  
Dalrybvtuz, Vladivostok, Russia  
gayko@yandex.ru

The study of the variability of hydrometeorological parameters both from month to month and from year to year is important in practical activities. One of the indicators of climatic variability is the change in climate norms. Climatic norms – 30-year periods of averaging climatic indicators. Climatic norms are approved by the World Meteorological Organization (WMO). Significant climate change is currently occurring, so the WMO has adopted a but two-tier approach to 30-year climate norms. It was decided to update climate norms not every 30, but every 10 years. The additional row 1981–2010 was selected in 2014, and 1991–2020 from July 1, 2022. The period from 1961 to 1990 was retained as a baseline period for a long-term assessment of climate change. (<https://www.meteorf.gov.ru/press/news/28963/> from 07.10.2023).

The area of this study is the coast of the Primorsky Krai, which is washed by the waters of the Sea of Japan and the Tatar Strait. Five coastal weather stations of the Primorsky Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring are located on the coast: Possyet; Vladivostok and Nakhodka (southern group of stations); Rudnaya Pristan and Sosunovo (east coast). Based on observation data, average annual (Table 1) and monthly average water and air temperatures were calculated for each station and compared to each other.

Table 1 – Average annual climatic norms of water and air temperature averaged for the periods: 1961–1990 (I), 1981–2010 (II) and 1991–2020 (III), for coastal stations of Primorye

| Coastal stations | Water temperature, °C |     |     | Air temperature, °C |     |     |
|------------------|-----------------------|-----|-----|---------------------|-----|-----|
|                  | I                     | II  | III | I                   | II  | III |
| Possyet          | 8,9                   | 9,3 | 9,5 | 6,0                 | 6,5 | 6,8 |
| Vladivostok      | 8,4                   | 9,0 | 9,4 | 5,7                 | 6,6 | 6,7 |
| Nakhodka         | 7,0                   | 7,5 | 7,8 | 5,3                 | 6,1 | 6,4 |
| Rudnaya Pristan  | 6,1                   | 6,5 | 6,5 | 3,8                 | 4,4 | 4,6 |
| Sosunovo         | 4,8                   | 5,4 | 5,6 | 2,0                 | 2,5 | 2,8 |

The value of the average annual water and air temperature climate norms (Table 1) increases from period to period. Analysis of the average monthly climatic norms of water and air temperature by stations shows more complex relationships between periods. Comparison of norms III and II with I at stations shows that positive anomalies prevail. A rather significant increase in water temperature at all stations (up to 2,2°C) for the III and II norms is observed from April to August. From the general background of warming, east coast stations stood out, even negative anomalies of water temperature relative to the III and II norms (up to -0,6°C) were noted here in September, November and December. The air temperature is more stable, mainly the excess of III and II norms over I was noted, with the exception of December, when the temperature of II norm exceeded the temperature of III. In the annual aspect, the temperature of water and air is dominated by exceeding the III norm over I.

Thus, when comparing climatic norms with each other, it is obvious that the value of norms following each other in the time interval of 20 and 10 years' increases. Therefore, the overall temperature background of this area is increasing, i.e. the process of warming the climate in the region continues.



**LONG-TERM DYNAMICS AND TRENDS OF OXIDIZED SULFUR AND NITROGEN DEPOSITION WITH PRECIPITATION IN THE AREAS OF EMEP STATIONS**

Galushin D.A.<sup>1</sup>, Gromov S.A.<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
galushin2012@yandex.ru

The transfer of pollutants, in particular sulfur and nitrogen oxides, is key in the formation of transboundary air pollution. Due to chemical transformations in the atmosphere, these pollutants fall in the form of acid precipitation on the territory of neighboring countries. (Bruskina et al., 2023).

The purpose of the work is to analyze the long-term dynamics and trends in the deposition of oxidized sulfur and nitrogen at EMEP stations for the period 2000–2020 and compare them with the results of modeling for 2021.

For the analysis, the values of calculated sulfur and nitrogen deposition in 0,1x0,1° cells for the EMEP modeling region were used. We compiled graphs with information about wet deposition of pollutants by year (Fig. 1).

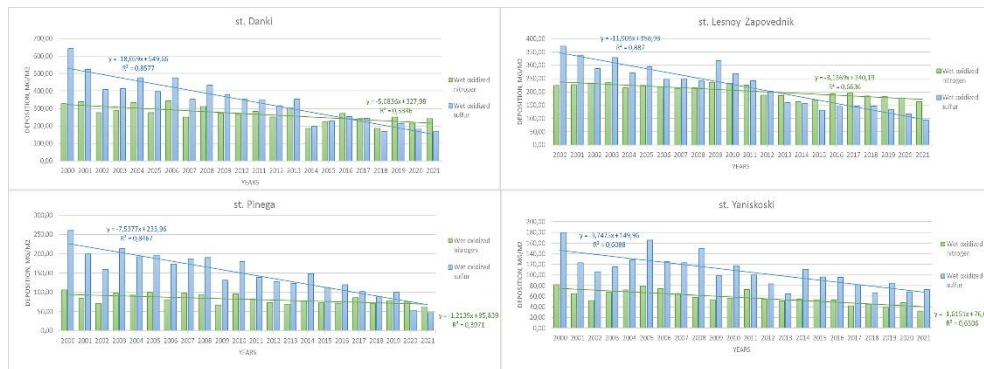


Figure 1 – Fallout of oxidized sulfur and nitrogen compounds with precipitation at the station. Danki, Lesnoy Zapovednik, Pinega, Yaniskoski for the period from 2000 to 2021

The results of model calculations show that in 2021, compared to the previous year, there is a decrease in the deposition of oxidized sulfur at all stations, with the exception of st. Janiskoski. Here, precipitation increased by 4,74 mg/m<sup>2</sup> and reached 72,25 mg/m<sup>2</sup>. However, along the trend line one can notice a smooth decrease (from year to year) in the deposition of oxidized sulfur at this point.

The results of modeling the deposition of oxidized nitrogen at EMEP stations in 2021 also show a decrease in deposition compared to 2020, but at the Danki station, which is located in the south of the Moscow region, there is a slight increase in deposition of oxidized sulfur compared to 2020. (240,55 mg/m<sup>2</sup>).

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 theme of the Institute of Geography RAS AAAA-A19-119022190168-8 (FMGE-2019-0010)*

References:

Bruskina I.M., Gromov S.A., Aleksandrova M.S. et al. Air and precipitation pollution according to EMEP stations // Review of the state and pollution of the environment in the Russian Federation for 2022. – M.: FSBI « IGCE», 2023. – P. 64–66.

**AN ATTEMPT OF SIMULATION MODELING OF THE RUNOFF OF RIVERS  
AND KARST SPRING SYSTEMS OF THE CRIMEA**

*Gartsman B.I.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Water Problems Institute RAS, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
gartsman@inbox.ru

Experiments on simulation modeling of the runoff of rivers and karst spring systems (KSS) of the Crimea were conducted for the first time using the FCM model. The Flood Cycle Model (FCM) is a conceptual water-balance model with lumped parameters designed to simulate the rain runoff of the warm season in the small river basin. The development of the FCM model includes a description of the dynamics of the main components of the total moisture reserve of the basin and reproduces the effect of spatial expansion of the drainage network due to temporary surface and subsurface watercourses during extraordinary floods. The accepted conceptual assumptions of the model, consistent with rational hydrological considerations, lead to three modes of flow formation, called intra-volume, surface and "breakthrough".

The FCM model is characterized by a small number of parameters, for most of them specific procedures have been developed for independent (without calibration) parameterization based on standard hydrometeorological observations. Verification and testing of the model was carried out in various regions with a predominance of rain floods in the river regime, based on both standard network data and original author's field observations. Among the most important results of the development of the FCM model are the so-called the effect of basin counterregulation is the most striking manifestation of the strong nonlinearity of extreme runoff formation.

Simulation modeling was performed for two pairs of objects, each of which includes one small river basin and one KSS. The investigated objects are the Kuchuk-Uzenbash river near Mnogorechye and Karst spring near Mnogorechye, as well as the Angara River near Perevalnaya and the Red Cave Spring (Krasnopeschernaya river) near Kizil-Koba. The objectives of the study are: a) confirmation of the conceptual adequacy of the model in relation to the regional peculiarities of the hydrological regime of the rivers of the Mountainous Crimea; b) comparison of the features of the formation of runoff in river basins and KSS, comparable in size and located in similar physical and geographical conditions.

The performed numerical experiments on simulation modeling of the runoff of the objects listed above allow us to draw the following preliminary conclusions. The conceptual foundations and computational algorithms of the model are sufficiently adequate to the conditions of the formation of runoff in the Mountainous Crimea, and this applies both to the runoff of small rivers and KSS (springs). Estimates of the results over a multi-year period show satisfactory, sometimes high, quality of simulation modeling of the runoff hydrograph for all the studied objects. This pattern is violated mainly in the presence of obvious gross errors in the data of observations of the runoff. A specific feature of the simulation results was the typical instability of such model parameters as critical flow and runoff depletion index. In the Mountainous Crimea, there is a need for their calibration, unlike in other regions, where they are very stable. This is clearly related to the development of karst processes in all the studied catchments, and manifests itself much more strongly in the flow regime of the KSS than in river basins.

*The work was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Natural and Technical Systems (state registration no. 121122300072-3).*

**THE ROLE OF REGIONAL HYDROMETEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE FORMATION OF ANOMALOUS pH VALUES IN THE UPPER LAYER OF WATER IN THE DEEP PART OF THE BLACK SEA**

*Grebneva E.A., Polonsky A.B.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
Lenagrebneva12@gmail.com

The climate of the Mediterranean-Black Sea region is significantly influenced by circulation processes in the North Atlantic (Rogers, 1997). Changes in the regime of cyclogenesis and anticyclonic blocking are manifested in anomalies in the fields of pressure, temperature and precipitation, wind friction stress on the sea surface and other. As a result, there is a change in the stratification of the water column, the intensity of vertical mixing, the rate of upwelling and downwelling and other parameters of the marine environment. Such variations in regional hydrometeorological conditions have a significant impact on the hydrochemical composition of the Black Sea waters (Oguz, 2005). One of the most important hydrochemical characteristics that express the direction of biogeochemical processes in seawater is the pH value. In the surface layer of the deep-sea part of the Black Sea, quasi-cyclic fluctuations with a period of ~ 10 years are determined in the time course of the pH value (Polonsky, 2022). It is most likely that the main reason for such variability in pH is associated with variations in regional hydrometeorological characteristics, including those caused by changes in cyclonic activity in the Atlantic-European sector (including the Black Sea region). In this regard, the work analyzed the influence of four main spatiotemporal modes in the ocean - atmosphere system of the Northern Hemisphere - these are the North Atlantic and East Atlantic Oscillations (EAO), Scandinavian and East Atlantic - Western Russian Oscillations on the anomalies of the hydrogen index in open surface waters parts of the Black Sea.

Using the difference composites technique, it was found that in winter, EAO has the greatest effect on pH anomalies. From November to February, during the negative phase of the EAO, a positive average seasonal pH anomaly was obtained (on average for the inland sea area, about 0.09 pH units). With a positive phase of EAO (EAO+), the pH anomaly is negative and, on average over the water area, exceeds (in absolute value) –0.08 units. pH. Thus, the difference between the pH anomalies on the sea surface from November to February in the positive and negative phases of the EAO is about –0.17 units. pH. Moreover, in the positive phase of the EAO in the field of the spatial composite, negative pH values prevail over almost the entire water area. Significance areas of the composite are located in the eastern and western parts of the sea, where a sufficient number of measurements have been made. The obtained patterns of spatiotemporal pH variability are due to the peculiarities of regional hydrometeorological conditions in the Black Sea region during various phases of the EAO (in particular, the increase in the frequency of atmospheric cyclones here during the EAO–), accompanying intensification of mixing of the upper layer of the sea and biogeochemical processes.

References:

Rogers J.C. North Atlantic Storm Track Variability and Its Association to the North Atlantic Oscillation and Climate Variability of Northern Europe // *Journal Climate*. – 1997. – Vol. 7. – P. 1635–1647.

Oguz T. Black Sea Ecosystem Response to Climatic Teleconnections // *Oceanography*. – 2005. – Vol.18, No. 2. – P. 122–133.

Polonsky A.B. and Grebneva E.A. O mezhgodovoy izmenchivosti velichiny rN v poverkhnostnom sloye glubokovodnoy chasti Chernogo morya (On the interannual variability of the pH value in the surface layer of the deep-water part of the Black Sea) // *Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy*. – 2022. – No. 2 (48), – P. 12–21. DOI: 10.33075/2220-5861-2022-2-12-21.

## EFFECTS OF SOLAR ACTIVITY IN THE DYNAMICS OF CHARACTERISTICS OF ATMOSPHERE ACTION CENTERS IN THE NORTH ATLANTIC

Gurevich D.A.<sup>1</sup>, Cheredko N.N.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Tomsk State University, Tomsk, Russia

<sup>2</sup>Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia  
darya.volguntzova@yandex.ru

An assessment was made of the effects of solar activity (SA) in the dynamics of the characteristics of the centers of atmospheric action in the North Atlantic: the Icelandic minimum and the Azores maximum. They belong to the energy-active zones of the World Ocean. In them, sensitivity to various kinds of external influences is increased. Disturbances of this zone by these influences trigger fairly rapid changes of different time scales in the zone of their greatest influence and, further, in the entire ocean-atmosphere interaction system. The study period is 1954–2021, corresponding to the decline branch of the secular SA cycle.

For the first time for this period of study, it was shown that the Icelandic cyclone intensified in even SA cycles (the pressure in the center was lower), and in odd cycles it was weaker (Fig. 1). Such dynamics were revealed both by the average annual pressure values and by the average for winter and cold periods, when the Icelandic minimum is most pronounced.

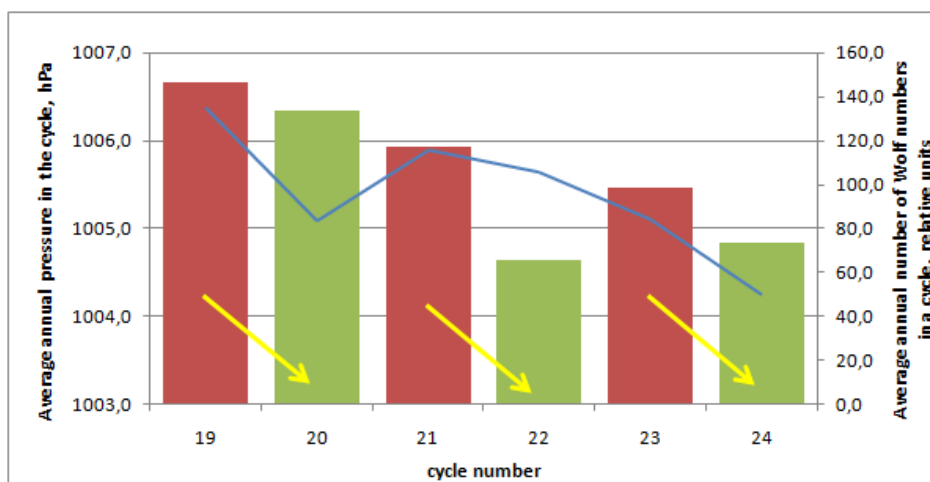


Figure 1 – Change in the average annual pressure in the Icelandic minimum and the average number of Wolf numbers from the 19th to the 24th solar cycle

In the Azores anticyclone, such unambiguous changes in pressure were not revealed. Although in the last four cycles he was stronger in odd cycles, and weaker in even cycles.

Pressure extremes in the centers of action of the North Atlantic atmosphere over the period of years under consideration are not observed in the years of SA extremes themselves, but shift. The Icelandic minimum was most often strengthened in the zone of maximum SA and weakened in years of reduced SA. A similar pattern was observed in the Azores anticyclone.

To a greater extent, the dynamics of the NAO index is determined by changes in the intensity of the Icelandic low (the coupling coefficient is 0,81). Most of the minimum NAO values were observed during the years of SA minimum and near it. Increased index values were observed most often in years of increased SA. In even SA cycles, the index values are much higher than in odd ones.

In the fluctuations of winter pressure values in the center of the Icelandic low and winter NAO, the most significant cycles are with periods of about 8–9 and 20–22 years.

The largest deviations of pressure from the average in winter were observed in the even solar cycle 2009–2019, the weakest of all considered, and coinciding with the minimum of the secular SA cycle.

**DETECTION OF HIDDEN PERIODICITIES IN MASS-BALANCE SERIES  
OF THE DJANKUAT GLACIER**

*Khoroshunova D.A.*

Sevastopol Branch of Lomonosov Moscow State University, Sevastopol, Russia  
dashkhoroshunova@gmail.com

Any use of glaciers is associated with the need to identify and study the main trends in the dynamics of glaciation. The study of cyclicity in the quantitative series of balance characteristics of glaciers is closely related to understanding the mechanism of phenomena and the possibility of creating prognostic calculations. The Djankuat glacier, for whose mass-balance series the harmonic analysis was performed, is not only a reservoir of fresh water in the region, but also a reference object for studying the dynamics of glaciers of the entire Central Caucasus. In this regard, the identification of one or another periodic component in the series of glacier accumulation, ablation and mass balance is of both practical and scientific importance and, in the context of modern climatic changes, is one of the most urgent tasks of modern glaciology (IPCC, 2019).

To perform the analysis, the longest possible series of observations of glacier balance characteristics is needed. Direct instrumental observations on Djankuat glacier have been made from 1967 to the present day, but glaciological scientists were able to extend the observation series to a duration of 151 years using indirectly reconstructed data derived from meteorological observations during the period when glaciological measurements were not available. After removing the linear trend, periodograms were constructed, representing the spectral density of the signal, as well as plots of integrated periodograms, which can be used to identify statistically significant periodicities. The graphs were plotted separately for values obtained from direct observations, for values reconstructed from indirect data, and for the entire series of observations as a whole (1871–2022).

As a result, no significant periodicities were found in the accumulation series from 1967 to 2022 (direct measurements). However, in the series from 1871 to 1967 (reconstructed values) and for the entire period of observations, from 1871 to 2022, harmonics with periodicities of 4,8 and 3,4 years contribute less than 5% to the total variance of the series at the 95% significance level. At the same time, for all balance components of the glacier, the plots of integrated periodograms are visually similar for the periods 1871–2022 and 1871–1966. This is probably explained by the length of the series of reconstructed values sufficient for statistical analysis. The revealed periodicity can be related to interannual anomalies of precipitation and, to a lesser extent, temperature. In turn, interannual variations in temperature and precipitation affecting the balance characteristics of glaciers can be explained by climate variability due to the dynamics of large-scale circulation processes.

References:

IPCC, 2019: Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. In press. – 755 p.

## THE FUTURE OF THE WIND ENERGY POTENTIAL OF THE CRIMEAN PENINSULA ACCORDING TO THE CORDEX REGIONAL MODELING PROJECT

Lubkov A.S.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
andrey-ls2015@yandex.ru

In this study, using 14 chains of regional climate models and global climate models (RCMs-GCMs) and 3 RCM driven by ERA-Interim reanalysis of the CORDEX project, the spatial and temporal features of wind generation of the Crimean Peninsula in the present and future under the scenario of high emissions of 8,5 MW/m<sup>2</sup> were studied in detail. The most efficient areas for wind energy were the Kerch Peninsula, the Tarkhankut Peninsula and the Syvash Bay (Figure 1). In these areas, the wind turbine can generate its efficiency by more than 60% relative to the nominal. The results of the study showed that the contribution of intra-annual and intra-daily variability exceeds by an order of magnitude the contribution of long-term changes. In summer the wind power is 27% less than in winter, and at night-time it is 38% less than day-time. The average annual changes the wind power by the end-21st century did not generally exceed 3%. A pronounced spatial irregularity of wind power changes in the 21st century was noted, which was considered in detail for the summer and winter seasons, and at day-time and night-time. The most significant changes relate to the summer season. In this season by the end-21st century there is a significant decrease in wind power generation in the foothills, mountains, central Crimea and Syvash Bay and a increase in the Tarkhankut Peninsula. In this study changes in intra-day, intra-annual and inter-annual variability were analyzed. Changes in the variability of these scales rate within 5%.

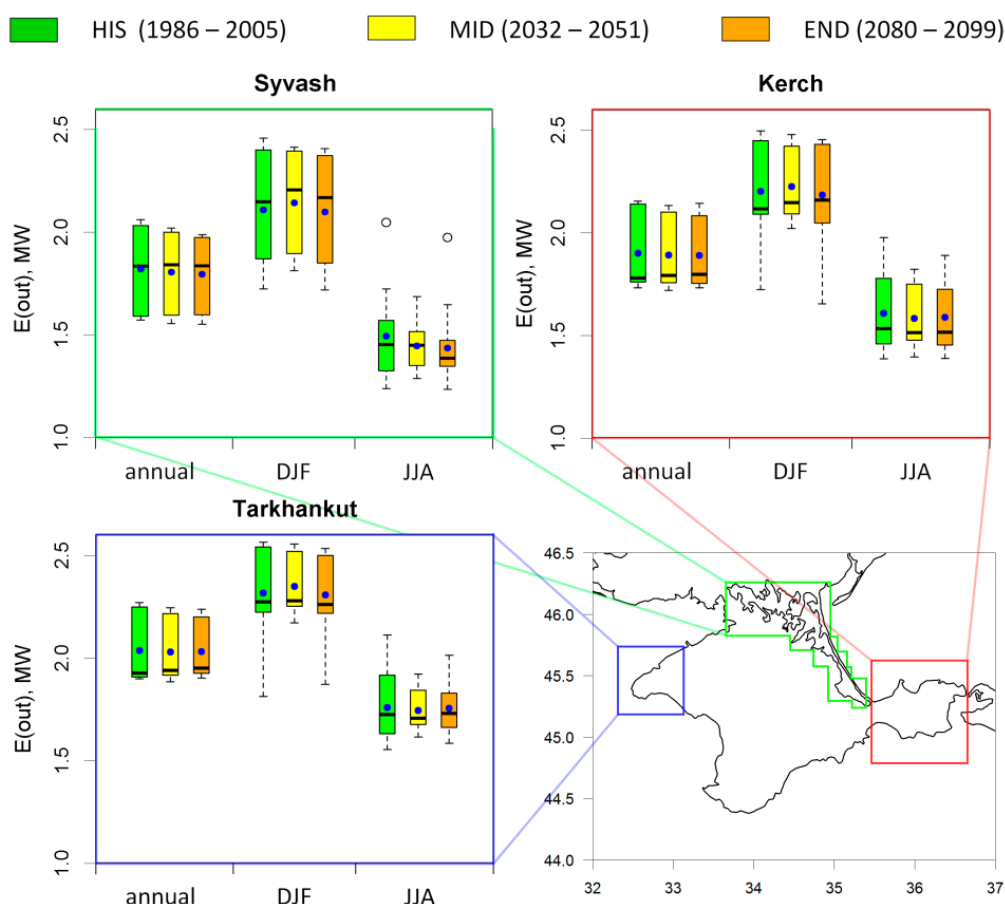


Figure 1 – Boxplots for 14 RCM-GCM chains: the current state (HIS) and future changes (MID and END) of the wind energy potential in the Kerch Peninsula, Tarkhankut Peninsula and Sivash Bay on the example of the Vestas V-126-3.45 wind generator

## ON THE EXPERIENCE OF THE OCEAN HEAT CONTENT IN THE UPPER 300-METER LAYER USING AS AN ADDITIONAL PREDICTOR OF THE NEURAL NETWORK MODEL FOR THE ENSO FORECAST

Lubkov A.S., Voskresenskaya E.N.

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
andrey-ls2015@yandex.ru

El Niño – Southern Oscillation (ENSO) is a global quasi-periodic (2–7 years) process of the ocean-atmosphere system, having two opposite extreme states: El Niño and La Niña. El Niño and La Niña with characteristic climatic responses over the Globe. Traditionally, the ENSO events are determined using the Nino 3.4 index. Previously, the authors of this work proposed a model based on artificial neural networks (NN) to predict the state of the ENSO (Lubkov et al., 2020). A feature of this model is the detailed providing of predictors - anomalies in the global ocean-atmosphere system, for Nino 3.4 index forecast. In this paper, the possibility of including the ocean heat content fields (HC) of 300-meters upper layer as a predictor vector in a model, based on NN is proposed. The difficulty of adding such a vector of predictors is the time limitation of a series of data on HC in a 300-meter layer.

The evaluation of NN model skills to forecast a Nino 3.4 index in comparison with the dynamic models of the North American Multi-Model Ensemble is shown in the figure. It can be noted that the NN model with the participation of HC predictors is better to reproduce the Nino 3.4 index with a lead time of up to 5 months. At the same time, the forecasting skills decreased starting from a lead time of 6 months. This may be a consequence of a shorter series of teaching procedure. Oceanic reanalysis data sets are usually shorter than atmospheric reanalysis data sets. The ORAS5 data set is available only since 1958, as a result, training period decreased by 10 years. That could affect negatively the model's ability to forecast for a higher lead time.

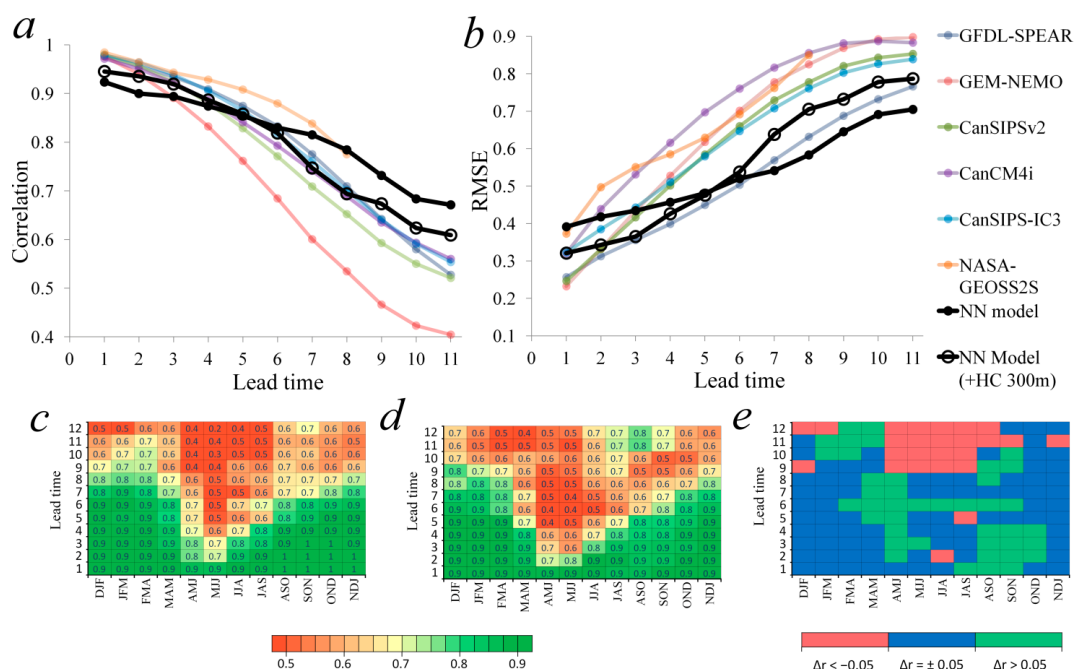


Figure 1 – All-season correlation (a) and the standard deviation relative to the Nino3.4 index (b); seasonal correlation for NN from (Lubkov, 2020) (c), NN using additional HC predictors (d) and the difference in correlation coefficients (e)

### References:

Lubkov A.S., Voskresenskaya E.N., Marchukova O.V. Forecasting El Niño/La Niña and Their Types Using Neural Networks // Russ. Meteorol. Hydrol. – Vol. 45, No. 11. – 2020. – P. 806–813. DOI: 10.3103/S1068373920110084.



**COMPOSITION OF FLUID EMISSIONS FROM LASPI BAY INTO  
THE ATMOSPHERE AND HYDROSPHERE (SOUTH COAST OF CRIMEA)**

*Lysenko V.I.*

Lomonosov Moscow State University, the branch in Sevastopol, Russia  
niagara\_sev@mail.ru

Nowadays, much attention is paid to the study of hydrocarbon degassing at the bottom of seas and oceans. Their emissions influence the greenhouse effect of heating the atmosphere. These processes are significantly influenced by hydrocarbon gas bubbles in the shallow coastal zone. They enter the atmosphere entirely, so much attention is paid to their study. Coastal seeps in Laspi Bay are a testing ground where samples can be easily taken to determine the composition of fluids.

The purpose of our research was to study the characteristics of fluids in Laspi Bay.

Gas seeps in Laspi Bay are confined to the intersection of the Laspinsky and Beregovoye faults. Barn owls are found at a distance of 10 to 60 meters from the water's edge of the coastline on the surface of beach bacterial structures.

A sifter with constant bubble release was selected for gas sampling. Samples were taken in 2022 and 2023 in 100 ml containers. They were closed with two plugs in a submerged position. Material for analysis was collected after an hour. The gas sampling time ranged from 8 to 15 minutes. Gas samples were studied in the laboratory of Moscow State University.

According to the analysis results, in addition to hydrocarbons, the fluids contained oxygen, nitrogen, carbon dioxide and helium. The presence of hydrogen sulfide was determined by an organoleptic method. The concentration of hydrocarbon gases in the samples varied from 57,56 to 61,48%. This is mainly methane. The ethylene content ranged from 0,96 to 1,03, and the propane content from 0,0019 to 0,002%. The samples contained ethane, propylene, butane and pentane, but their total concentrations did not exceed 0,004%. Carbon in fluid hydrocarbons was characterized by a heavy isotopic composition ( $-\delta^{13}\text{C} - 35,22\text{‰}$ ).

Of the non-carbon gases, the fluids contained oxygen (4,76–8,96%), nitrogen (9,62–23,61%), carbon dioxide (0,23 to 0,34%) and helium (0,43–1,19%).

Additional data on fluid composition were obtained during a hydrochemical survey of salinity at seep outcrops. For this purpose, water was taken from the seep funnels at the moments of gas emissions. Twelve-five samples were collected over two years. The salinity in them varied from 6,8 to 14,7 $\text{‰}$ . For comparison, nine water samples were taken from the bottom of the bay at a distance from the seeps. The salinity index in them varied from 18,3 to 18,9 $\text{‰}$ , which corresponds to the salinity in this sector of the Black Sea. The presented results proved that multicomponent gas fluids were accompanied by “hydrothermal solutions” that were not visually detected. Emissions of desalinated water had insignificant volumes and some periodicity.

The results of our research confirmed that modern fluids in Laspi Bay are of endogenous origin. The following signs indicate this: the location of gas jet outlets in the fault intersection zone; control of emissions by regional tectonics; geochemistry of carbonate cement of beach buildings; the presence of nitrogen, carbon dioxide, helium, hydrogen sulfide, methane, ethane, propane, ethylene, propylene, butane, pentane; heavy carbon isotope composition; periodicity and pulsating nature of eruptions; variability of emissions volumes and gas composition; geochemistry of carbonate cement and the absence of a thick cover of alluvial sediments on the underwater coastal slope.

As a result of our research, it was found that, that fluids besides methane contain other gases and aqueous solutions. All these products enter the atmosphere and hydrosphere. Perhaps today, deep inputs from the subsurface are the main controllers of the composition of the atmosphere and hydrosphere.



**LA NINA RESPONSES ACCORDING TO ERA5  
AND ITS TRIPLE MANIFESTATION DURING 2020-2023**

*Marchukova O.V.<sup>1</sup>, Voskresenskaya E.N.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Tyumen State University, Russia

<sup>2</sup>Institute of Natural and Technical Systems, Russia  
olesjath@mail.ru

In the fall of 2020, the World Meteorological Organization (WMO) announced on its official website the development of La Niña conditions. According to the Global Producing Centers of Long-Range Forecasts, this phenomenon was supposed to last until next year with a 90% probability and affect the climatic conditions of the Earth different regions. In the summer of 2022, the WMO provided another forecast that for the first time in the 21st century, the La Niña will cover three consecutive winter seasons of the northern hemisphere. These three consecutive cold events in the equatorial Pacific Ocean were called "triple-dip La Niña".

The La Niña event is a negative phase of the global climate oscillation – El Niño–Southern Oscillation (ENSO). ENSO, in turn, is a quasi-biennial and eight-year oscillation of the Earth's climate and the first mode of monthly mean ocean surface temperature (SST) anomalies decomposition. In a narrower sense, La Niña is characterized by the SST extreme decrease in the equatorial Pacific with duration of 5 months. On average, these events last 12 months, but their existence can span two boreal winters.

In this work, the composites of air temperature, precipitation and surface pressure were recalculated using ERA5 reanalysis ( $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ ) during different La Niña type years (Eastern and Central Pacific) from 1940 to 2022. In addition, an analysis of the latest La Niña 2020–2022 events was made according to the NCEP/GODAS oceanic reanalysis data. The first La Niña event of the trio of subsequent events was found to be of the Central Pacific (CP) type, and the other two were of the Eastern Pacific (EP) type.

Analysis of air temperature responses in different La Niña type years revealed the most maximum absolute and significant anomalies relative to the average climate (1981–2010) are formed from December "0" to March "+1" (Fig. 1).

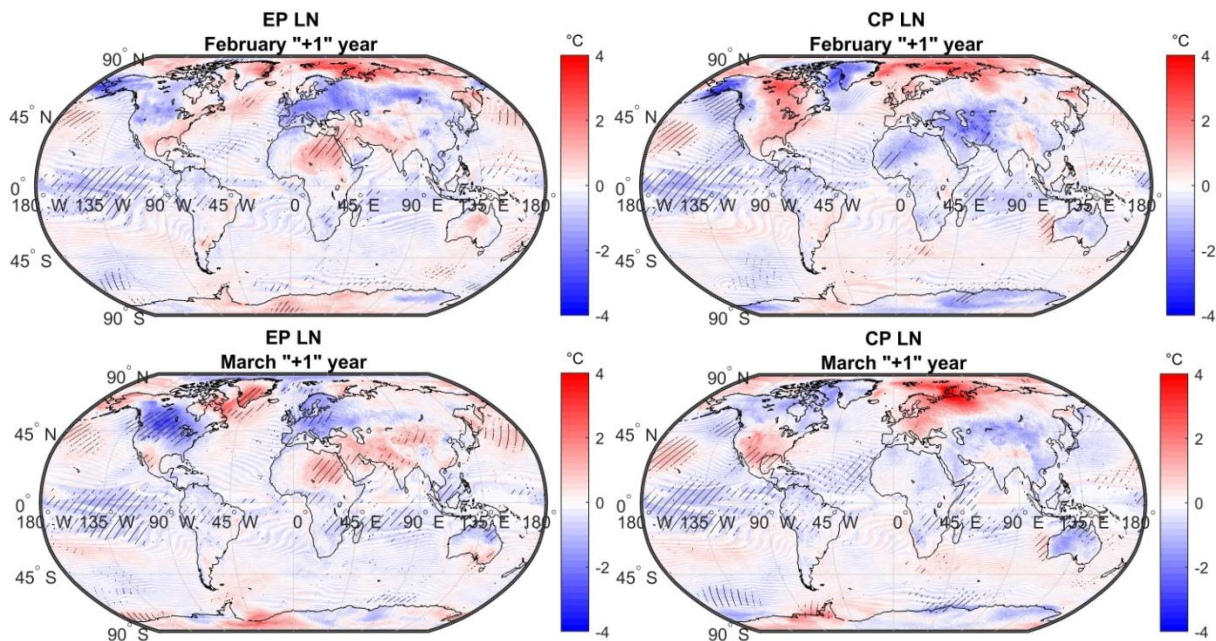


Figure 1 – Composites of air temperature anomalies for EP (9 events) and CP (11 events) La Niña types according to Era5 data set

**SELECTION AND VERIFICATION OF CMIP6 MODELS  
FOR STUDY TRADE WINDS**

*Marchukova O.V.<sup>1</sup>, Voskresenskaya E.N.<sup>2</sup>, Afanaseva V.V.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Tyumen State University, Russia

<sup>2</sup>Institute of Natural and Technical Systems, Russia

<sup>3</sup>Moscow State University, Russia

olesjath@mail.ru

Trade winds (easterly winds) are constantly prevailing winds blowing from east to west, in the equatorial zone of the Earth. The strengthening of the trade winds leads to the activation of drift currents in the tropical waters of the Pacific Ocean. In the area of enhanced trade winds, conditions are created for the divergence of warm surface waters and the rise of deep cold waters to the surface, which leads to the formation of the La Niña phenomenon. When the trade winds weaken, El Niño conditions are created.

Positive trends in pressure changes above sea level in the eastern Pacific Ocean, and at the same time negative pressure trends in the Indonesian region over the past forty years, lead to a shift away from the strengthening of the Pacific trade winds (Sohn et al., 2016; Zhao and Allen, 2019). This shift is well traced in the calculations of linear trends of the trade wind indices EP TWI (eastern), CP TWI (central), WP TWI (western) according to the NCEP/NCAR reanalysis from 1979 to the present. The WP TWI and CP TWI indices calculated no further east than 140°W have negative values of the first coefficients of the linear trend equation, while the EP TWI index, on the contrary, has a positive trend.

The purpose of this work is to select climate models of the CMIP6 project that correctly reproduce the trends of trade winds in three regions of the Equatorial Pacific sector for the historical period from 1979 to 2014. Predictive scenarios for the sixth generation of CMIP begin in 2015. All models (47 in number) that had calculated values of the zonal wind component (U) for the historical period were involved in the analysis. The data were obtained from the official website of the climate project "Copernicus".

Based on the results of the verification analysis, 11 models were selected in the work that correctly reproduce the linear trend indicators for all three trade wind indices, have the greatest correlation and variance and standard deviations close in values with the NCEP/NCAR reanalysis data. These models were HadGEM3-GC31-LL, INM-CM4-8, NorESM2-MM, F GOALS-f3-L, CMCC-ESM2, CanESM5-CanOE, CESM2-WACCM, CESM2, AWI-ESM-1-1- LR, HadGEM3-GC31-MM. In the future, ensembles of trade wind indices will be created from them to carry out calculations for two development scenarios: optimal (SSP2-4.5) and extremely unfavorable (SSP5-8.5). On this basis, conclusions will be drawn about changes in trade winds conditions by the end of the XXI century.

References:

Sohn B.J., Lee S., Chung E.S., Song H.J. The role of the dry static stability for the recent change in the Pacific Walker circulation // *Journal of Climate*. – 2016. – № 29(8). – P. 2765–2779. DOI:10.1175/jcli-d-15-0374.1.

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. – № 1(2). – 021003. DOI:10.1088/2515- 7620/ab0dab.

**POSSIBLE CHANGES IN WINTER CYCLONIC ACTIVITY IN THE  
MEDITERRANEAN-BLACK SEA REGION IN THE 21ST CENTURY  
BASED ON THE CMIP6 MODEL ENSEMBLE**

*Maslova V.N., Zhuravsky V.Y., Lubkov A.S.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
VectorJ@mail.ru

The purpose of this work was to analyze changes in winter cyclonic activity in the Mediterranean-Black Sea region, as part of the North Atlantic-European sector, in three 15-year periods: the beginning, middle and end of the 21st century. Our forecasts were based on an ensemble of seven Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) Phase 6 models that showed the best agreement with the NCEP/NCAR and ERA5 reanalyses under the moderate SSP2-4.5 scenario and the SSP5-8.5 scenario. The results showed a consistent increase in the frequency of cyclones over Central Europe and the British Isles, which was associated with a shift in the cyclone track: north of the western Mediterranean and south of the Icelandic Low region.

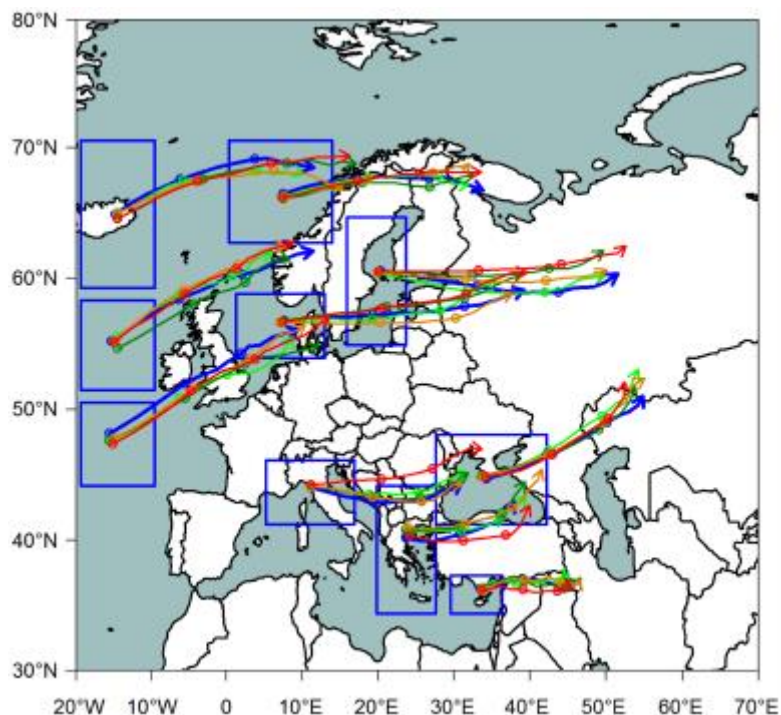


Figure 1 – Average position of cyclone tracks emerging from cyclogenesis areas marked with blue rectangles. The blue track corresponds to the period of the beginning of the century, the light green track corresponds to the middle of the 21st century according to the SSP2-4.5 scenario, the green track corresponds to the end of the century according to the SSP2-4.5 scenario, the orange track corresponds to the middle of the 21st century according to the SSP5-8.5 scenario, and the red track corresponds to the end of the century according to the SSP5-8.5 scenario

References:

Khromov S.P., Petrosyants M.A. *Meteorology and Climatology*, 5th ed. – MSU: Moscow, 2001. – 528 p.

Lionello P., Bhend J., Buzzi A., Della-Marta P., Krichak S., Jansa A., Maheras P., Sanna A., Trigo I., Trigo R. *Cyclones in the Mediterranean region: Climatology and effects on the environment* // In *Mediterranean Climate Variability*; Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R., Eds. – Elsevier: Amsterdam. The Netherlands, 2006. – Vol. 4. – P. 325–372.

## INVESTIGATION OF THE "HEAT ISLAND" OF MAGNITOGORSK

Nikishova V.D., Korotkova N.V.

Saratov National Research State University named after N. G. Chernyshevsky, Saratov, Russia  
Nikishova.V@yandex.ru

A heat island is a phenomenon in which a certain territory or area becomes significantly warmer than the surrounding areas. Currently, there is an increase in urbanized areas, which may affect the temperature field. After all, heat sources are located in cities – these are industrial enterprises, transport and facilities related to housing and communal services (Baldina et al., 2015), also small areas of vegetation cover are observed in the city.

The purpose of the study: to identify the "heat island" of the city of Magnitogorsk and to assess its temperature regime according to satellite monitoring data.

The method of work was carried out in several stages. The first stage was to analyze the average monthly temperature values for the Magnitogorsk meteorological station for 2020 (day and night hours).

The second stage, from the Internet resource (EARTHDATA, 2022), estimated the average monthly temperature. To begin with, a plot was taken that coincided with the location of the weather station and then the temperature for this section was calculated. Then the data on ground and satellite monitoring were compared.

The third stage is the division of the city into sectors and the analysis of temperatures from each site, and as a result, the compilation of a map—scheme of the temperature field of the city. The result of the work is shown in Figure 1.

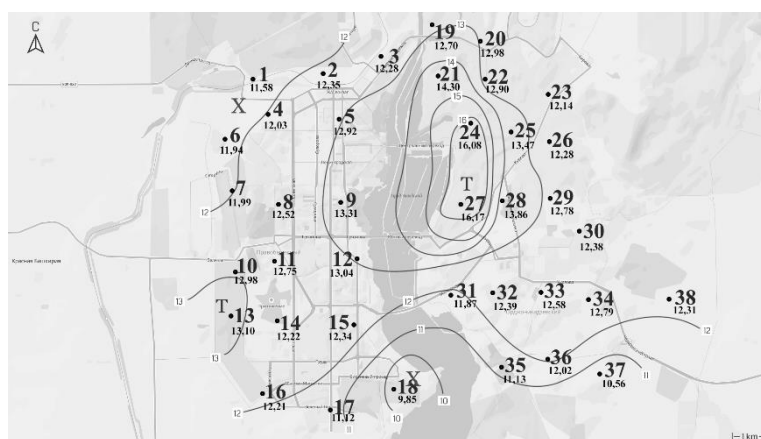


Figure 1 - Diagram of the average annual values of the underlying surface temperature per day obtained using the MODIS spectroradiometer

Based on the above, it turns out that human activity makes a significant contribution to the temperature field. Temperature is one of the most important characteristics that makes it possible to understand various processes, such as climate change, cloud formation, the possibility of cultivating crops, etc.

### References:

Baldina E.A., Konstantinov P.I., Grishchenko M.Y. Investigation of urban heat islands using remote sensing data in the infrared range / E.A. Baldina, P.I. Konstantinov, M.Y. Grishchenko, M.I. Varentsov // Earth from Space. – 2015. – Special Issue. – P. 38–42.

EARTHDATA/ Appears/ [Electronic resource]: URL:  
<https://appears.earthdatacloud.nasa.gov/> (accessed: 05.11.2022).

**COMPARISON OF THERMOHALINE CHARACTERISTICS OVER THE KOLA SECTION WITH CLIMATE INDICES FOR THE NORTH ATLANTIC**

*Novoselova E.V.<sup>1</sup>, Belonenko T.V.<sup>1</sup>, Gordeeva S.M.<sup>2</sup>, Budyansky M.V.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup>V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Vladivostok, Russia

elena.novoselova@spbu.ru

The Kola Section is a century-old standard section located in the Barents Sea, namely along the meridian 33°30' E from the coast of the Kola Bay to 77° N. At the moment, the section is one of the longest series of oceanographic data in the world: taking into account small breaks, the total period observations on the Kola Section are 104 years old (Karsakov et al., 2022). The Kola Section consists of 16 stations and extends north to 77° N, but the most regular observations are made at the southern 10 stations (up to 74° N), which are located in the area of distribution of warm Atlantic waters. The area of distribution of the bulk of the Atlantic waters is mainly limited to the parallel of 74° N (Lisitsyn, 2021).

The Kola Section data are available on the website of the Polar Branch of VNIRO: <http://www.pinro.vniro.ru/ru/razrez-kolskij-meridian/ryady-nablyudenij>. The data of the global vortex-resolving reanalysis GLORYS12V1 (Global Ocean Physics Reanalysis) are available on the CMEMS portal (Copernicus Marine Environment Monitoring Service): [https://data.marine.copernicus.eu/product/GLOBAL\\_MULTIYEAR\\_PHY\\_001\\_030/description](https://data.marine.copernicus.eu/product/GLOBAL_MULTIYEAR_PHY_001_030/description).

It was found that the full-scale measurements on the Kola Section (KS) and the data of the GLORYS12V1 reanalysis (KS–GLORIS) are very well coordinated and have high temperature correlation values in the range of 0,94–0,99 and slightly lower values for salinity (0,70–0,80). Next, we traced the relationship between the anomalies of water temperature on the Kola Section and the indices PC1, PC2, NAT, NAT1, NAT2, which were developed and introduced in the article (Gordeeva, Belonenko, 2022). It was found that the relationship of water temperature at all stations of the Kola Section with conjugate indices is determined primarily by trends and long-wave fluctuations. The high correlation of PC2 (NAT1 and NAT2) with the water temperature on the entire Kola Section in the surface 200-meter layer in the main branch of the Murmansk current reaches 0,80 for in situ data and 0,81 for GLORYS12V1 data. This means that the temperature of the North European Basin is determined by the transport of heat coming from Atlantic waters.

It is obvious that the processes affecting the temperature regime on the Kola Section are determined by many factors that are unequal in time, and simple linear relationships estimated over the entire length of time series cannot describe many aspects of the variability of these processes. This requires research that takes into account, among other things, regional peculiarities. However, it can be confidently stated that the temperature regime in the Barents Sea basin is not directly affected by the transport (advection) of waters from the Atlantic Basin, namely the heat carried by these waters.

*The publication was made with the financial support of the SPBU grant No. 94033410.*

References:

- Karsakov A.L. Oceanographic studies on the Kola Section in the Barents Sea for the period 1900–2008. – Murmansk: PINRO Publishing House, 2009. – 139 p. [In Russian].  
Lisitsyn A.P. et al. Barents Sea system. – Moscow: GEOS, 2021. – 672 p. [In Russian].  
Gordeeva S.M., Belonenko T.V. New indicators responsible for heat transfer from the Atlantic to the Arctic // ESDB repository, GCRAS. – 2022. DOI: 2022ES000792-data.

**CLIMATIC CONDITIONS OF AUTUMN PERIOD IN THE SARATOV REGION**

*Ormeli E.I., Solodovnikova Zh.A.*

Saratov State University, Saratov, Russia

zhanna.solodovnikova.01@mail.ru

The Saratov region is one of the largest agricultural regions in Russia, but most of the region's territory is located in a zone of insufficient moisture. The article calculates the dates of the transition of air temperature beyond the limits of 10°C and 0°C towards its decrease, the duration of the autumn season, and assesses the hydrothermal conditions of the territory according to data from five meteorological stations (m/s Khvalynsk, m/s Balashov, m/s Saratov, m/s Ershov, m/s Aleksandrov Gai). The research is based on daily meteorological archival material from the official website of VNIIGMI-WCD (Archive..., 2023). In conditions of regional climate warming, there is a shift in the dates of the transition of air temperature through 10°C and 0°C to later dates. The duration of the autumn period in the Saratov region is 40-44 days (Pryakhina, Ormeli, 2018). Table 1 presents the values of average monthly air temperature and precipitation in September and October for the period from 2011 to 2020 in comparison with the climatic norm (Average..., 2023).

Table 1 - Average values of air temperature, °C, and precipitation, mm, for stations of the Saratov region for the period from 2011 to 2020 in comparison with the climatic norm

| Meteorological station | T, °C           |               |                 |               | R, мм           |               |                 |               |
|------------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
|                        | IX              |               | X               |               | IX              |               | X               |               |
|                        | T <sub>av</sub> | Climatic norm | T <sub>av</sub> | Climatic norm | R <sub>av</sub> | Climatic norm | R <sub>av</sub> | Climatic norm |
| Khvalynsk              | 14,9            | 14,9          | 7,1             | 7,4           | 42              | 47            | 37              | 40            |
| Balashov               | 14,3            | 14,0          | 7,4             | 6,8           | 52              | 46            | 36              | 42            |
| Saratov                | 14,8            | 14,8          | 8,0             | 6,6           | 43              | 39            | 30              | 33            |
| Ershov                 | 14,8            | 14,5          | 7,2             | 6,7           | 56              | 42            | 27              | 36            |
| Aleksandrov Gai        | 15,8            | 15,7          | 8,0             | 7,7           | 32              | 25            | 22              | 33            |

Note: T<sub>av</sub> – average long-term air temperature values (°C) for the period from 2011 to 2020; R<sub>av</sub> – average long-term precipitation (mm) for the period from 2011 to 2020; Climatic norm – data on the climatic norm of temperature and precipitation for the period from 1991 to 2020.

Table 1 shows that in September and October, at all meteorological stations, air temperature indicators are close to climatic norm; in October, the largest deviation from the norm is observed in Saratov and amounts to 1,4°C. In September, precipitation exceeds the climatic norm in Balashov by 6 mm, in Saratov by 4 mm, in Ershov by 14 mm, in Aleksandrov Gai by 7 mm, in the north of the region – in Khvalynsk there is a decrease in precipitation by 5 mm. In October, the amount of precipitation is below climatic norm at all meteorological stations, with the largest deviations in Ershov (by 9 mm) and Aleksandrov Gai (by 11 mm).

References:

Archive of monthly average air temperature values at the stations of the Saratov region / Website of the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information. – World Data Center [Electronic resource]: URL: <http://meteo.ru/> (accessed: 01.08.2023).

Pryakhina S.I., Ormeli E.I. Agroclimatic characterisation of the seasons of the year in Saratov region // *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences.* – 2018. – Vol. 18, No. 4. – P. 243–247.

Average long-term values of air temperature and precipitation (climatic norm) at stations in the Saratov region / Hydrometeorological Center of Russia [Electronic resource]: URL: <https://meteoinfo.ru/climatcities/> (accessed: 01.08.2023).



**THE MOST LIKELY SCENARIO UNDER THE EXISTING SYSTEM OF LEGAL  
REGULATION AND CONTROL OF ANTHROPOGENIC  
GREENHOUSE GAS EMISSIONS**

*Pekarnikova M.E.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, 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 coordinating joint actions to control anthropogenic emissions of greenhouse gases and aerosols, including in the field of legal regulation of this problem.

The report will present an analysis of the most likely climate scenario in the implementation of the existing system of legal regulation and control over anthropogenic greenhouse gas emissions by the main issuing countries that are parties to the Paris Agreement (Paris Agreement, 2015).

Based on the analysis of the existing regulatory framework in the main emitter countries (responsible for more than 75% of global greenhouse gas emissions) and data on greenhouse gas emissions for 2022 (inclusive), it is concluded that with the current state of legal regulation of GHG emissions in most of the countries responsible for the bulk of global emissions greenhouse gases, achieving the declared goal of the Paris Agreement is almost impossible (Pekarnikova, 2022).

Even if most of the declarative statements of the countries participating in the Paris Agreement, not supported by relevant national legal acts, about commitment to its goals are implemented, the best result that can be achieved will probably correspond to the scenario SSP2-4.5 of the 6th IPCC Assessment Report (IPCC, 2021). At the same time, the increase in global surface temperature by the end of the 21st century will be in the range of 2,1-3,5 degrees compared to the pre-industrial level.

*The work was carried out within the framework of the state task and PTS No. of state registration 121122300074-7.*

References:

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.

Paris Agreement of 21.12.2015 [Electronic resource]: URL: [/http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/rus/109r.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/rus/109r.pdf).

Pekarnikova M.E., Polonsky A.B. (2022). Analysis of the realism of achieving the main goal of the Paris Agreement under the existing system of legal regulation and control of anthropogenic greenhouse gas emissions"// Fundamental and Applied Climatology. – Vol. 8, No. 2. – P. 190–208.

**PROJECTIONS OF CHANGES IN THE AMOUNT OF WINTER  
PRECIPITATION IN THE BLACK SEA REGION IN THE XXI CENTURY**

*Polonsky A.B., Sukhonos P.A.*

Institute of natural and technical systems, Sevastopol, Russia

pasukhonis@mail.ru

Analysis of possible climate change in the 21st century under the influence of anthropogenic factors on a regional scale is an urgent task. As is known, the Black Sea region is characterized by uncertainty in the trends of climate change in the historical period. For this region, projections of changes in the amount of atmospheric precipitation have been obtained, which often contradict each other (Polonsky, 2023). In this regard, trends in changes in the amount of precipitation in the 21st century in this region require clarification. The our purpose is to assess projections of changes in the amount of winter precipitation in the Black Sea region in the short-term (2021–2050) and medium-term (2051–2080) perspective in relation to the historical period (1976–2005) for several scenarios of changes in greenhouse gas concentration (RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5) based on the regional climate model SMHI-RCA4.

We used monthly values of the amount of precipitation in December based on the SMHI-RCA4 numerical model, part of the CORDEX project (Jacob, 2014), with a spatial resolution of  $0,5 \times 0,5^\circ$  for the period 1951–2099. The choice of this regional climate model is due to its ability to adequately represent the average values and long-term trends in changes in winter precipitation over the Black Sea during the historical period (Polonsky, 2023). The Black Sea region is limited by coordinates  $40\text{--}48^\circ \text{N}$   $26\text{--}42^\circ \text{E}$ .

It was found that under an unlikely RCP2.6 scenario, in the short-term perspective the median amount of precipitation increases by 25–50% along the Anatolian coast. In the medium-term perspective, a decrease in the median amount of precipitation in the northeast of the Black Sea region and an increase in the studied parameter in small areas in the south, southwest and northwest of the Black Sea region are expected.

Under a more likely RCP4.5 scenario in the short-term perspective, the areas of increase (more than 25%) in the median amount of precipitation are small in area. In the medium-term perspective, an increase in the median amount of precipitation in the central and southern parts of the Black Sea region is expected. The largest increase in the median amount of precipitation (over 50%) was found along the Anatolian coast. In the northwestern part of the Black Sea region there is an area of decrease (more than 25%) in the median amount of precipitation.

Under the pessimistic (and less likely) scenario RCP8.5, in the short-term perspective, the median amount of precipitation increases in almost the entire Black Sea region, with the exception of small areas in the northwestern and southwestern parts of the Black Sea. The greatest increase (over 50%) in the median amount of precipitation is observed in the vicinity of the Kerch Strait, the southeastern part of the Black Sea and along the Anatolian coast. In the medium-term perspective, almost the entire territory of the Black Sea region is characterized by an increase (over 50%) in the median amount of precipitation.

*The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (Project Reg. No. 121122300074-7).*

References:

Polonsky A.B., Sukhonos P.A. Raschot klimaticheskikh kharakteristik osadkov nad Chornym morem regional'nymi klimaticheskimi modelyami (Simulation of climatic characteristics of precipitation over the Black Sea with the data of regional climate models) // Gidrometeorologicheskkiye issledovaniya i prognozy. – 2023. – No. 3 (389). – P. 59–74.

Jacob D., Petersen J., Eggert B. et al. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research // Reg. environ. change. – 2014. – Vol. 14, No. 2. – P. 563–578.



**ASSESSMENT OF THE QUALITY OF REPRODUCTION OF THE CHARACTERISTICS OF THE WIND REGIME IN THE CRIMEAN REGION BY THE ERA5 REANALYSIS**

*Polonyankin D.A., Lubkov A.S.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

p0l0nyank1n.denis@gmail.com

Changes in the wind regime and the frequency of extreme winds over the past few decades (Evstigneev et al., 2017; Belokopytov et al., 2017), including in the Crimean region, are of interest not only in the scientific community, but also among the circle of strategic decision makers. This indicates the relevance of studying changes in wind parameters, which requires data of proven quality.

To conduct the study, it is planned to use data on the wind of the global reanalysis ERA5 (Hersbach et al., 2019), from which data on the Crimea will be selected. In order to identify the adequacy of the model of this reanalysis for this region, it is necessary to check the quality with the involvement of observation data, which is the purpose of this study. In the work, such an analysis was carried out immediately by comparing it with the data of meteorological observations.

The data set of the reanalysis ERA5 represents the characteristics of the *u* and *v* components of the wind at a height of 10 m for the period from 1959 to 2022. The high spatial resolution ( $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ ) of this data array makes it possible to take into account most of the geographical features of the Crimean Peninsula. For comparison, the data of observations of 22 weather stations of the Crimea on wind speed at an altitude of 10 m for the period 2005–2020 were selected.

The analysis showed that the ERA5 as a whole overestimates the wind speed values for most stations. The greatest values of the difference are typical in general for the winter months. Maximum errors (from 2 to 3 m/s) are noted for Kerch, Krasnoperekopsk, Dangerous, Feodosia and the Black Sea. The mean values of the RMS error (RMSE) are 2,38 m/s, reaching 3-4 m/s in the winter months on the periphery. The correlation coefficient between the data series reaches 0,77 (Simferopol Airport), although for Alushta it was only 0,24.

As a result, it was found that the reanalysis of ERA 5 does not fully reflect the peculiarities of the distribution of wind speed for the Crimean Peninsula and needs some amendments to work with it. The smallest errors of reanalysis in combination with high correlation values are characteristic of the center of Crimea. The largest errors in combination with low correlation values are typical for the southern and northern coasts of the Crimea, as well as for mountainous areas.

References:

Belokopytov V.N., Fomin V.V., Ingerov A.V. On multidisciplinary investigations of dangerous natural phenomena in the Azov-Black Sea basin // *Physical Oceanography*. – 2017. – No. 3. – P. 28–44.

Evstigneev V.P., Naumova V.A., Voskresenskaya E.N., Evstigneev M.P., Lyubarets E.P. Wind-wave conditions of the coastal zone of the Azov-Black Sea region. – 2017. – 319 p.

Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al. The ERA5 global reanalysis // *Q. J. R. Meteorolog. Soc.* – 2020. – No. 146 (730). – P. 1999–2049. DOI: 10.1002/qj.3803.

**MATHEMATICAL MODELING OF ELBRUS GLACIERS IN THE XXI CENTURY**

*Postnikova T.N.<sup>1</sup>, Rybak O.O.<sup>1,2,3</sup>, Gubanov A.S.<sup>4</sup>, Zekollari H.<sup>5,6</sup>, Huss M.<sup>5,6,7</sup>*

<sup>1</sup>Water Problems Institute of RAS, Moscow, Russia

<sup>2</sup>FRC SSC RAS, Sochi, Russia

<sup>3</sup>Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

<sup>4</sup>Department of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>5</sup>Earth System Science and Department of Geography, Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Belgium

<sup>6</sup>Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology (VAW), ETH Zürich, Zürich, Switzerland

<sup>7</sup>Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), Birmensdorf, Switzerland

<sup>7</sup>Department 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 thirty glaciers. Under the most aggressive climate scenarios, almost all glacier ice in the Northern Caucasus will be concentrated on Mt. Elbrus (Postnikova et al., 2023). In this study, 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. 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. 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 lake at the place of the Dzhikaugenkez 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:**

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.

Postnikova T., Rybak O., Gubanov A., Zekollari H., Huss M., Shahgedanova M. Debris cover effect on the evolution of Northern Caucasus glaciation in the 21st century // *Frontiers in Earth Science*. – 2023.

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.

**PARAMETERIZATION OF CLOUDINESS IN ENERGY BALANCE MODELS  
OF MOUNTAIN GLACIERS**

*Rybak O.O.<sup>1,2,3</sup>, Rybak E.A.<sup>2,3</sup>, Korneva I.A.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Water Problems Institute of RAS, Moscow, Russia

<sup>2</sup>FRC SSC RAS, Sochi, Russia

<sup>3</sup>Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

<sup>4</sup>Institute of Geography of RAS, Moscow, Russia

*o.o.rybak@gmail.com*

Solar radiation is the main contributor to the surface melting of mountain glaciers. Two factors regulate the performance of solar radiation and determine the melting regime. The first factor that determines attenuation of incoming solar radiation on the upper boundary of the atmosphere is its transmissivity. Attenuation of the radiation flux is a consequence of the influence of a complex of processes depending on the composition of the atmosphere and the presence of various types of impurities, and cloud cover. The second factor is determined by the properties of the surface on which radiation comes and from which it is partially reflected (albedo). Sometimes, in various applications, the transmissivity of the atmosphere, due to the characteristics of its composition, and cloudiness are not separated, but are considered together, using the term “integral transmissivity”.

Instrumental measurement of atmospheric transmissivity is a rather complex process, but it can be indirectly assessed using various numerical algorithms. The disadvantage of such calculation methods is that they are usually based on time-averaged parameters of the state of the atmosphere, and cannot take into account short-period variations caused, for example, by changes in air masses with different contents of impurities (dust, aerosol, etc.). Depending on the type of clouds and the altitude of the sun, clouds can either transmit most of the direct solar radiation or do not transmit at all. It is obvious that using in calculations total cloud cover observed at a weather station data without taking into account the transmissivity of cloud cover will lead to significant distortions in evaluation of the energy balance. By retaining direct radiation, cloud cover thus increases the share of diffuse radiation in the total flux, and under certain circumstances can enhance the flux of long-wave radiation. Comparison of cloud cover characteristics determined at a regular weather station and those calculated from observational data shows significant difference. In this view, one needs to revise some well-established generally accepted algorithms for calculating radiation fluxes in glaciological models.

The problem becomes significantly more complicated in prognostic calculations, when it is necessary to rely on various kinds of indirect estimates, “typical values”, stochastic models, etc. This naturally causes increasing uncertainty in the results of mathematical modeling of the glacial surface energy balance, and, ultimately, in forecasts of its dynamics and evolution.

To make the model simulate energy exchange processes realistically on a single glacier, it is necessary to appropriately tune key model parameters on the basis of observational data. Apparently, this reduces the universality of the model approach and makes the model dependent on specific geographical conditions. The purpose of this study is to make the model approach as unified as possible. To achieve this goal, we analyzed some aspects of cloud parameterization in glaciological models. We used series of observations at automatic weather stations on the Dzhankuat and Garabashi glaciers in the Central Caucasus and at the Terskol regular weather station, which is located in close proximity to both glaciers.

*This study was funded by the RSF grant number 23-27-00050.*

## ANOMALIES OF THE THERMAL UPWELLING INDEX IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN

*Serebrennikov A.N., Polonsky A.B.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
swsilv@gmail.com

Anomalies of the thermal upwelling index (TUI) are considered using the example of the Pacific upwellings (Chilean, Peruvian and California), which are part of the eastern boundary upwelling system (EBUS). TUI is calculated by subtracting the average ocean surface temperature (SST) in the offshore zone from each value in the upwelling zone for each latitude.

Each upwelling system was divided into two parts: northern and southern. SST and temperature anomalies were calculated for each day from 1982 to 2021 with a spatial resolution of  $0,05^{\circ} \times 0,05^{\circ}$ . Surface wind (SW) was calculated for each day from 1988 to 2022 with a spatial resolution of  $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ . Wind with a velocity module less than 4 m/s was not taken into account.

It is shown that for the northern and southern parts of the Pacific upwellings, the maximum area of the positive SST anomaly in the upwelling zone coincides (with an accuracy of up to one month) with the maximum absolute value of the TUI. The statement is also true for the negative temperature anomaly, with the exception of the northern part of the Chilean upwelling, where such a coincidence is only with the minimum TUI value. In most cases, positive temperature anomalies over the occupied area are significantly larger than negative ones. Since no such anomalies were observed in the offshore zone, we can conclude that these changes are due to changes in the intensity of upwellings, which, in turn, are associated with variations in the SW field.

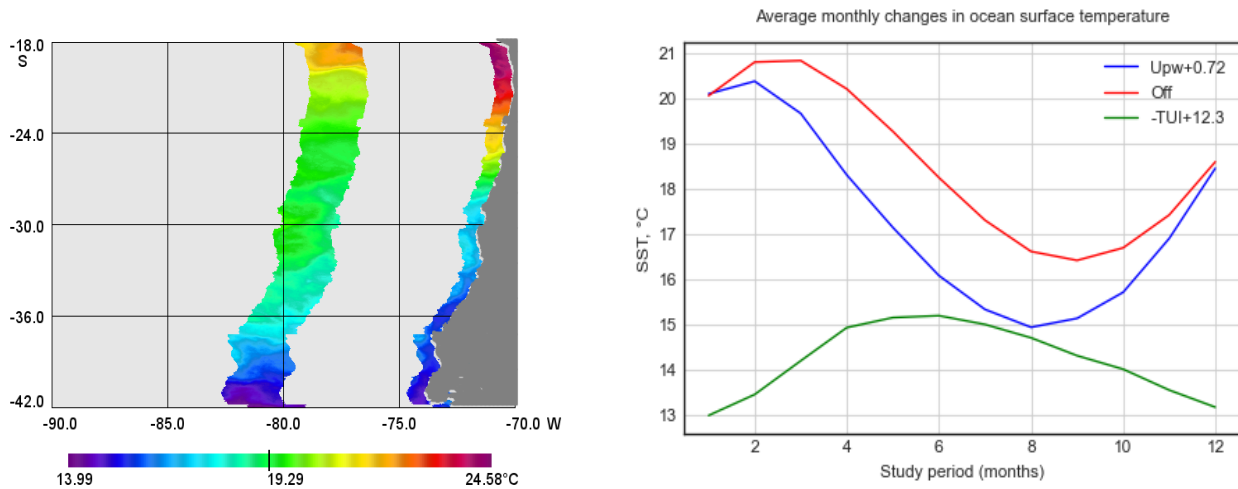


Figure 1 – Offshore and upwelling zones of the Chilean upwelling (left). Right: seasonal changes in SST in the offshore and upwelling zones (red and blue curves) and TUI for the northern part of the Chilean upwelling. For clarity, a constant of  $0,72^{\circ}\text{C}$  is added to the upwelling curve, the TUI curve is shown with the opposite sign and a constant of  $12,3^{\circ}\text{C}$  is added to it

**SURFACE TEMPERATURE OF THE OPEN PART OF THE PACIFIC OCEAN, WIND, AND THERMAL INDEX OF EASTERN BORDERAL UPWELLING SYSTEMS**

*Serebrennikov A.N., Polonsky A.B.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
swsilv@mail.ru

The Pacific upwellings (Chilean, Peruvian and Californian), included in the eastern border upwelling system (EBUS), are considered. The influence of external (relative to upwelling and the adjacent region) ocean surface temperature (SST) on changes in the thermal upwelling index (TUI), which is the difference between SST in the coastal and offshore zones, is analyzed. Using data on the surface wind, trends in interannual changes in the sum of vertical velocities of Ekman transport and pumping are considered.

SST and TUI were calculated for each day from 1982 to 2021. with a spatial resolution of  $0,05^{\circ} \times 0,05^{\circ}$ . Surface wind was calculated for each day from 1988 to 2022. with a spatial resolution of  $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ . Wind with a velocity module less than 4 m/s was not taken into account.

Climatic conditions for the upwelling system cannot be the same due to its large latitude. Therefore, each system was divided into two parts: northern and southern. For example, the Chilean upwelling system, which has a length of  $24^{\circ}$  (more than 2660 km), was divided at a south latitude of  $30,0^{\circ}$ .

To analyze the influence of SST remote from the upwelling on the interannual variability of TUI, the so-called “external” regions were identified. They have a longitude extent of  $5^{\circ}$ , are removed from the upwelling zones and adjacent areas by  $1^{\circ}$ , and have the same latitude extent as the latter.

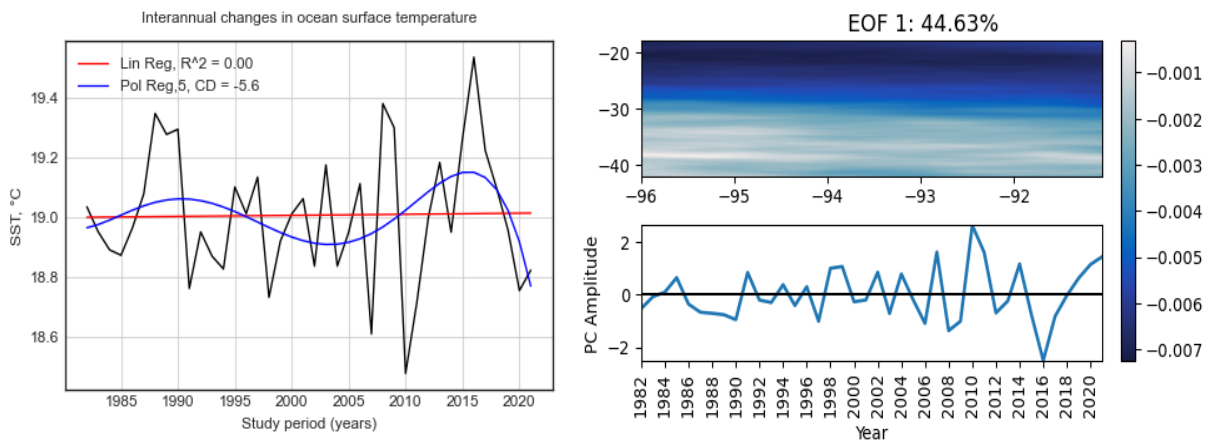


Figure 1 – Interannual SST changes in the “external” region of the Chilean upwelling with coordinates  $96,0^{\circ} - 91,0^{\circ}$  W. and  $42,0^{\circ} - 18,0^{\circ}$  S. (left) and its spatial structure EOF 1 (right)

According to the graphs of interannual changes in SST (Fig. 1, left) and the time coefficient of the main component (Fig. 1, right), there was no temperature trend in the outer region. The first empirical mode (EOF 1), responsible for 44,6% of the total dispersion of the average annual SST fields, shows that the largest interannual changes in negative temperature anomalies occurred in the northern part of the region. The absence of intensification of the Chilean upwelling according to TUI data was obtained and a connection was established between interannual changes in TUI with vertical velocities caused by Ekman transport (wind drive) and pumping (associated with horizontal inhomogeneity of the wind field). Similar results were obtained for other EBUS.

**RELATIONSHIP OF SURFACE TEMPERATURE WITH ATMOSPHERIC CIRCULATION INDICES IN THE CENTER OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA**

*Shishkin G.I., Guryanov V.V.*

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia  
 mr.GoraShi@mail.ru

The general circulation of the atmosphere is a determining factor in the creation and maintenance of weather and climatic conditions of any region on Earth.

The purpose of this study is to assess the influence of large-scale atmospheric circulation mechanisms on the nature of the thermal regime of the central regions of the European part of Russia (hereinafter referred to as the EPR – IV quasi-homogeneous climatic region: 50–63° N and 30–60° E). The predominance of westerly air transport throughout the entire thickness of the troposphere is clearly manifested in the territory considered by the authors. The ERA5 reanalysis data on surface air temperature for the period from 1979 to 2021 were used as source material. The choice of reanalysis data was determined by the absence of gaps and unnecessary inhomogeneities in the series. To describe the atmospheric circulation, we used monthly average series of the most informative indices for the same period: North Atlantic Oscillation (NAO), Arctic Oscillation (AO), Scandinavian Oscillation (SCAND), East Atlantic-Western Eurasian Oscillation (EA/WR). The results of the established connections for the central months of the seasons of the year are presented in Table 1.

Table 1 – Distribution of linear correlation coefficients between temperature series (T) and atmospheric circulation indices (1979–2021), in the center of the EPR (r 100)

| <i>r</i>    | January  | April  | July   | October   |
|-------------|--|--|--|---|
| T and NAO   | from <b>75</b> in the NW (60° N; 37° E) to <b>35</b> in the SE (51° N; 47-60° E)                   | from <b>15</b> in the NW (62° N; 31° E) to <b>-20</b> in the central part (54° N; 41° E) | from <b>near-zero values</b> in the N (north of 58° N) to <b>-30</b> in the S (south of 52° N) | from <b>40</b> in the NW (62° N; 32° E) to <b>-30</b> in the SE (53° N; 56° E)                    |
| T and AO    | from <b>65</b> in the W (west of 37° E) to <b>40</b> in the NE (east of 50° E)                     | from <b>20</b> in the N (north of 62° N) to <b>0</b> most of the area                    | from <b>20</b> to <b>35</b> most of the area   | from <b>50</b> in the NW (60° N, 33° E) to <b>-5</b> in the SE (south of 52° N and east of 47° E) |
| T and SCAND | from <b>-10</b> in the NW (61° N; 33° E) to <b>70</b> in the SE (south of 53° N and east of 52° E) | from <b>35</b> in the W (west of 33° E) to <b>-40</b> in the E (east of 57° E)           | from <b>60</b> in the NW (61° N; 33° E) to <b>0</b> in the E (east of 57° E)                   | from <b>10</b> in the W (west of 33° E) to <b>-50</b> in the E (east of 58° E)                    |
| T and EA/WR | from <b>10</b> in the W (west of 31° E) to <b>-20</b> in the NE (north of 60° N and east of 49° E) | from <b>-50</b> to <b>-70</b> most of the area   | from <b>-20</b> in the W (west of 33° E) to <b>-75</b> in the E (east of 49° E)                | from <b>-60</b> in the N (north of 60° N) to <b>-20</b> in the S (south of 52° N)                 |

Thus, during the work, close positive connections were noted:

- with the NAO index - during the cold season (mainly in the NW regions of the center of the EPR);
- with the AO index - during the cold season (mainly in the NW regions of the center of the EPR);
- with the SCAND index – during the cold season (in the SE regions); during the warm period (in NW regions).

The closest negative connections were noted:

- with the SCAND index - during the warm season (in the eastern regions);
- with the EA/WR index – mainly in the warm season.

**EL NIÑO AND LA NIÑA INFLUENCE ON EXTREMITY OF  
RECREATIONAL INDICATORS OVER THE CRIMEA**

*Stefanovich A.A.<sup>1</sup>, Voskresenskaya E.N.<sup>1</sup>, Lubkov A.S.<sup>1</sup>*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
amazonenko@mail.ru

Climatic change influence strongly the bioclimatic comfort and, accordingly, the features of recreational activities in the Crimea. Large-scale processes of the ocean-atmosphere system are responsible for interannual climate variability in the Black Sea-Mediterranean region. Among them it needs to note the Southern Oscillation having two active phases – El Niño (EN) and La Niña (LN).

The aim of present work is to identify the patterns of bioclimatic indicators variability over the Crimea associated with interannual processes in the ocean-atmosphere system - El Niño and La Niña, taking into account their two types. The following data sets were used in the work: daily surface data from ERA5 reanalysis (spatial resolution of 0,25°x0,25° in 1950–2020 dedicated to 22 Crimean meteorological stations and available data of hydrometeorological observations in 2005–2020, which were used to level out the distortions of the reanalyses database. Physiologically equivalent temperature (PET), stuffiness index (E), and Hill wet wind cooling index (H<sub>w</sub>) were calculated as bioclimatic indicators. The 5th and 95th percentiles of the average daily anomalies of the bioclimatic indices for each month were estimated as criteria for extreme climatic conditions. On this basis, the number of days above or below a relative threshold was considered. Using the composites method, the features were identified and quantitative estimates of EN and LN manifestation in the repeatability of extreme bioclimatic conditions over the Crimea were obtained, taking into account two types of each event.

It is shown that different types of EN and LN events are characterized by special character of extreme regional responses in study area. Thus, the eastern type of LN is characterized by colder and windy winters (January-February) and spring (March-April) at all stations of the Crimea, and, accordingly, the late beginning of spring. Due to the increase of the number of warm days in September, the duration of the holiday season with comfortable conditions increases in general. The central type of LN manifestations are more windy and cold days in late autumn and early winter at all stations, and in the warm period of the year – hotter and stuffier summer and more comfortable bioclimatic conditions in mid-autumn.

The eastern EN type manifestation is following. The cold period of the year is a bit like the eastern type of LN, but the cold and windy days increase begin in November and uncomfortable conditions last until January includingly. In such EN years, March is usually colder and windy at the stations of the Western, South-Western and North-Eastern Crimea. At the same time, a later beginning of spring is recorded. At the same time, the increase in warm days in October at the stations of the Northern, South-Western and South-Eastern Crimea provides favorable recreational conditions, extending the velvet season. The central type of EN corresponds to a colder December at the stations of the Southern, Southeastern and Eastern Crimea, very windy and cold conditions in the late winter - mid-spring is at all stations. At the same time, with this EN type, the number of warm days increases just in May. That makes it possible to start the bathing season in Crimea much more earlier.

The revealed patterns of bioclimatic indicators change can become a regulatory factor for the perspective planning and organization of various types of recreational activities on the territory of Crimea and, thus, provide more comfortable conditions for vacationers and local residents, as well as affect the duration of the recreational period.

*The study was supported by the state assignment of the Institute of Natural and Technical Systems, project reg. no. 121122300072–3.*

**CHANGES IN HEAT WAVES AND PM10 PARTICLE CONCENTRATION  
IN THE AZOV-BLACK SEA REGION**

*Sukhonos O.Yu., Voskresenskaya E.N., Egorkin A.A.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

kovalenko\_olga89@mail.ru

According to the latest reports from the Intergovernmental Panel on Climate Change and Roshydromet, recent decades have been characterized by an increase in the frequency of heat waves. Weather conditions experienced during heat waves can lead to increased concentrations of pollutants. Changes in the frequency of such phenomena are reflected in the health of the population (increased risk of death) and agriculture (risk of forest fires, decreased yields).

The purpose of the work is to analyze changes in summer heat waves and PM10 particle concentrations in the Azov–Black Sea region (ABS), limited by coordinates 40°–49° N, 25°–45° E. For this purpose, we used average daily air temperature data at a height of 2 m from the ERA5 reanalysis (Hersbach et al., 2020), average monthly concentrations of PM10 particles according to the results of calculations of the EMEP MSC-W model version rv4 (Simpson et al., 2012) for the period 1990–2020 in the ABS, as well as average monthly values of the indices of the North Atlantic Oscillation (NAO), East Atlantic Pattern (EAP), East Atlantic – Western Russia pattern (EAWR), Scandinavian Oscillation (SCAND) for the period 1950–2022.

In general, the obtained estimates of long–term changes in the characteristics of heat waves in the ABS are consistent with the results of global and regional studies. The increase in the number of summer heat waves and their duration, especially in the last 30 years (up to 1,4 events/10 years and up to 1 day/10 years, respectively), occurs against the background of global warming. Moreover, the most intense heat waves (for example, the 2010 event) were accompanied by an increased concentration of PM10 particles.

To determine the physical mechanisms responsible for fluctuations in time–frequency space in the analyzed time series, the connection with large–scale circulation processes was investigated. This analysis was performed using the cross–wavelet transform and wavelet coherence tools. Time series of characteristics of summer heat waves and concentrations of PM10 particles showed significant relationships with the NAO, EAP, and EAWR. For different circulation indices, the phase relationships in the time series differ. The variability of the NAO index with fluctuations in the characteristics of heat waves over a period of 8–12 years are in antiphase, while the variability of the NAO over the same period is ahead of fluctuations in PM10 concentration. Fluctuations in the all considered climatic characteristics over a period of 1–4 years are ahead of changes in the EAP index by approximately 0,5 years. Significant areas of coherent fluctuations between considered characteristics and the EAWR index are obtained only for the concentration of PM10 particles, and between considered characteristics and the SCAND – only for the number of summer heat waves and their duration. Thus, fluctuations in the climate indices and in heat wave characteristics and concentration of PM10 particles are closely related. This will be reflected in the quality of near–surface atmospheric air, which further opens up the prospect of long–term forecasting of the weather anomalies being studied.

*The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems, Project Reg. 121122300072-3.*

References:

Hersbach H., Bell B., Berrisford, P. et al. The ERA5 global reanalysis // Q. J. R. Meteorol. Soc. – 2020. – Vol. 146. – P. 1999–2049.

Simpson D., Benedictow A., Berge H. et al. The EMEP MSC-W chemical transport model – technical description Atmos // Chem. Phys. – 2012. – Vol. 12 (16). – P. 7825–7865.



**RELATIONSHIP OF COMPOUND EXTREMES OF AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION WITH MODES OF ATMOSPHERIC CIRCULATION IN EASTERN EUROPE**

*Sukhonos O.Yu., Vyshkvarkova E.V.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
aveiro\_7@mail.ru

Recent studies show an increase in the frequency of compound extremes in air temperature and precipitation in many parts of the world, especially under dry and hot conditions. Compound extremes have a significant impact on all spheres of human activity, such as health, agriculture, and energy. Features of atmospheric circulation are closely related to the occurrence of anomalies in air temperature and precipitation.

The article analyzes the relationship of atmospheric circulation modes with compound extremes that have had the greatest impact on the Atlantic–European region over the territory of Eastern Europe over the past 60 years on extreme air temperature and precipitation. Combinations of extreme temperature and humidity conditions (indices) – cold-dry (CD), cold-wet (CW), warm-dry (WD) and warm-wet (WW) – were used as compound extremes. Indices of compound extremes were calculated according to the E-OBS reanalysis data.

Estimates of the relationship between two time series were carried out using standard correlation and composite analyses, as well as cross wavelet analysis.

Phase relationships and time intervals for different climatic indices were different. The period of most fluctuations in the indices of compound extremes was from 4 to 12 years and was observed during 1970–2000. The coherent fluctuations in the time series of the WD and WW indices and the North Atlantic oscillation (NAO) index occurred rather in phase, those in the time series of the CD and WD indices and the Arctic oscillation (AO) index occurred in antiphase, and those in the time series of the WD and WW indices and the Scandinavia pattern (SCAND) index occurred in antiphase (fig. 1). Statistically significant increase in the number of warm compound extremes was found for the northern parts of the study region in the winter season with positive NAO and AO phases (Sukhonos, Vyshkvarkova, 2023).

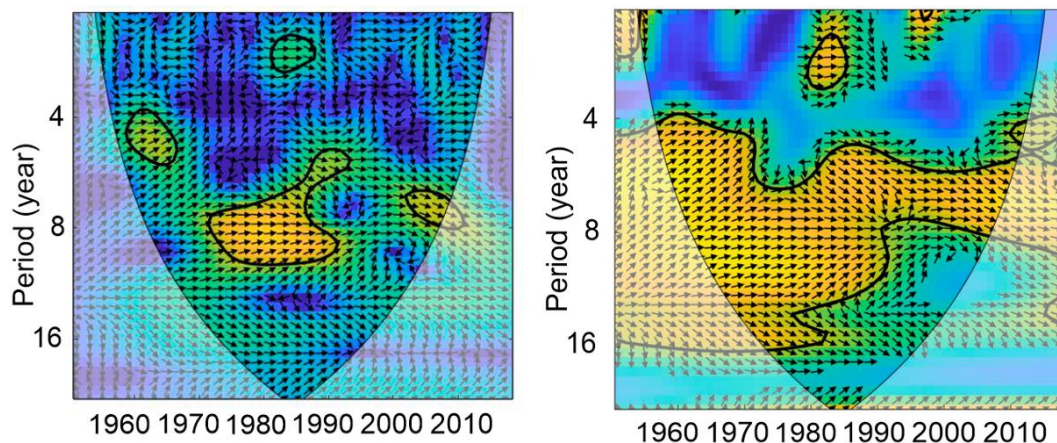


Figure 1 – Cross-wavelet spectrum (left) and Wavelet coherence spectrum (right) between WD index and NAO for winter season.

*The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (project reg. no. 121122300072-3).*

References:

Sukhonos O., Vyshkvarkova E. Connection of Compound Extremes of Air Temperature and Precipitation with Atmospheric Circulation Patterns in Eastern Europe // *Climate*. – 2023. – No. 11. – e98. DOI: 10.3390/cli11050098.

**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 Indian Ocean Dipole (IOD) is one of the main modes characterizing the interannual variability of large-scale interaction between the ocean and the atmosphere in the equatorial-tropical zone of the World Ocean (Saji, 2018). This phenomenon, manifests itself in the form of anomalous moisture transfer, accompanied by heavy rainfall or, conversely, abnormal droughts and causes serious damage to countries located on both the eastern and western coasts of the Indian Ocean.

Previously authors of this work identified a statistically significant signal identified in the field of surface air temperature (SAT) over the European region in the summer-autumn period, associated with IOD events independent from El Niño Southern Oscillation (ENSO) (Polonsky et al., 2022). It has been found that during the development of the positive phase of intense IOD events, extensive positive temperature anomalies over Europe reach + (3–4) °C.

This paper quantifies the impact of IOD on the interannual variability of SAT in the African-European region. The expansion of the study area by adding North Africa to it is due to the fact that the presence of a significant IOD signal in the European region in the summer-autumn months may be due to changes in the intensity of convective processes over North Africa.

ERA5 atmospheric reanalysis on monthly mean SAT values, as well as the IOD index for the period 1968–2022, were used. The spatiotemporal variability of the SAT fields to analyze the method of empirical orthogonal functions (EOF) were used. Using the expansion of the monthly SAT fields into EOF, was obtained the first four spatial empirical SAT modes that make the maximum contribution to the dispersion and the time coefficient corresponding to each mode. The average IOD index and EOF expansion coefficients were subjected to mutual statistical analysis, during which the correlation coefficients between them were calculated.

A statistically significant signal was identified in the field of surface air temperature over the African-European region in the summer-autumn period, associated with IOD. The IOD manifests itself to the maximum in the structure of the first EOF mode of the SAT field from June to October and is responsible for 13% of the total SAT dispersion. It is shown that the variability of meteorological parameters in the North African region, in the summer-autumn period, during the events of the IOD can affect the climate of Europe, most likely through the meridional transport of air masses.

*The work was be the within the framework of the IPTS state task «Fundamental research of processes in the climate system that determine the spatial and temporal variability of the natural environment on a global and regional scale» (state registration number 121122300074-7).*

References:

Saji N.H. The Indian Ocean Dipole // Oxford Research Encyclopedia of Climate Science. – 2018. – P. 1–46.

Polonsky A.B., Torbinsky A.V., Gubarev A.V. Response in surface air temperature fields of Europe to the Indian ocean dipole // SKOS. – 2022. – Vol. 4 (50). – P. 6–14.

**ON THE VARIABILITY OF DISSOLVED OXYGEN IN THE REGION OF THE COLD INTERMEDIATE LAYER OF THE BLACK SEA WATERS**

*Valle A.A., Polonsky A.B.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
ogorodovaa.a@mail.ru

As you know, the Black Sea is the most studied sea of the World Ocean. This is a unique basin with strong vertical stratification, which divides the sea into two layers. The first is an oxygen layer, the second is an oxygen-free layer in which hydrogen sulfide, methane and ammonium are present. The upper oxygen layer is highly desalinated due to river runoff and, to a lesser extent, precipitation. The lower layer has a higher salinity due to the influx of Marmara waters of Mediterranean origin through the Bosphorus Strait. An increase in salinity with depth prevents mixing and saturation of the lower layers with oxygen (Sorokin, 1982). The emerging vertical density stratification prevents convective mixing and the flow of dissolved oxygen into the region of intermediate and deep waters, which causes a lack of oxygen (anoxic conditions) in the main column of sea waters. The onset of anoxia is observed at depths of about 100 m. In most published works, to analyze long-term trends in the hydrological and hydrochemical characteristics of the Black Sea, observational data obtained in different parts of the sea and in different periods, and also with different spatiotemporal resolutions, were used. This does not allow us to obtain a reliable description of the variability of dissolved oxygen concentration and salinity on time scales exceeding several decades (Dobrzhanskaya, 1967; Stanev et al., 2013; Capet et al., 2016).

The purpose of this work is to analyze the long-term variability of salinity and dissolved oxygen concentration at horizons of 50, 75 and 100 m in the area of the western and eastern gyres of the Black Sea, as well as in the area of the depth slope off the northwestern shelf over a ~70–100-year period using archived data and identify the most likely cause of changes on such time scales.

The main result of this work is as follows. Analysis of trends identified based on updated archival data from 1923 to 2020 revealed an increase in salinity, as well as a decrease in the concentration of dissolved oxygen in the upper part of the main pycnocline in the centers of the western and eastern cyclonic gyres. On the periphery, opposite trends are noted. The probable reason for this difference is the increased vorticity of the wind field, which leads to intensified circulation and an increase in the rate of vertical rise of water in the centers of cyclonic gyres and their lowering at the periphery of these gyres.

*The work was carried out within the framework of the state assignment of IPTS on the topic “Fundamental research of processes in the climate system that determine the spatiotemporal variability of the natural environment on a global and regional scale (state registration number 121122300074-7).*

References:

Sorokin Y.U. Chernoe more: Priroda, resursy. – Nauka, 1982. – 218 p.

Dobrzhanskaya M.A. Zakonomerno-sti prostranstvennogo raspredeleniya kisloroda na razlichnyh glubinah Chernogo morya. // Okeanograficheskie issle-dovaniya Chernogo morya. – K.: Nauk. dumka. – 1967. – P. 154–169.

Stanev E.V., He Y., Grayek S., Boetius A. Oxygen dynamics in the Black Sea as seen by Argo profiling floats // Geophysical Research Letters. – 2013. – Vol. 40, №. 12. – P. 3085–3090.

Capet A., Stanev E.V., Beckers J-M., Murray J.W., Grégoire M. Decline of the Black Sea oxygen inventory // Biogeosciences. – 2016. – Vol. 13. – P. 1287–1297.

**ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF TEMPERATURE AND SALINITY  
IN THE ACTIVE LAYER OF THE BLACK SEA**

*Vorontsov A.A., Bulygin A.M.*  
RIHMI-WDC, Obninsk, Russia  
vorv10921@gmail.com

Warm winters of the last decades in the Black Sea region actually become a new climatic norm. Global warming of climate, restructuring of atmospheric circulation, which is accompanied by changes in both the wind regime and precipitation, lead to a change in the processes of the formation of the thermohaline structure of the active layer of the sea.

In conditions of global warming of the last decades, the relevance of studying changes in the regime of the sea and its coastal territories has increased significantly, especially in terms of identifying the main problematic processes, the monitoring of which should be carried out with special attention.

The results of the current state of the hydrological regime (temperature and salinity of sea water) are presented. The results and conclusions are based on the observation data made during the period 2017–2022 (Bulletin..., 2022), as well as on observations made in modern climatic periods of 1981–2010 and 1991–2020.

Based on the analysis of the results obtained, the main conclusions were formulated about the current state of temperature and salinity of the active layer of the Black Sea.

In the deep-sea part of the sea, the difference in the average water temperature for the last 5 years and the average values of the modern climatic period is from 0,0 to 3,8 °C in winter and from 0,7 to 6,6 °C in the summer.

In the coastal zone of the Russian Black Sea sector, an increase in water temperature is observed in winter 1,1–3,1 °C, in summer 0,8–1,7 °C.

The positive trend is also confirmed by satellite observations: over the past 39 years, the temperature of the surface layer of the sea increased by 1,8–3,4°C (Bulygin et al., 2023)

The long-term positive trend of increasing salinity is traced both according to deep-sea ship observations in the Black Sea, and by measurements made at sea coastal stations.

In the deep -sea part of the sea, the difference in the average values of the salinity of sea soda over the past 5 years and the average values of the modern climatic period is from 0,1 to 0,8‰.

In the coastal zone of the Russian Black Sea sector, there is an increase in salinity in the range of 0,1–0,9‰ (the exception is the area of Feodosia, a difference of 2,7‰ is recorded).

Climate warming has led to significant and continuing changes in the state of the Black Sea. At first, warming the active layer, and secondly, the fact of increasing the salinity of the surface layer of water.

**References:**

Bulletin of the hydrometeorological state of the Black and Azov Seas in 2021. Ed. Prof. Garsazina V.M. – Izhevsk: Print, 2022. – 268 p.

Bulygin A.M. et al/ 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.

## THE ROLE OF CLIMATE CHANGE IN THE DESTRUCTION OF CULTURAL HERITAGE SITES

*Vyshkvarkova E.V., Sukhonos O.Yu.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
aveiro\_7@mail.ru

Climate change is affecting all aspects of human and natural systems, including both natural and cultural World Heritage sites. The progressive loss of historical and archaeological sites due to climate change is often overlooked (IPCC). Observed and predicted trends in key meteorological parameters have and will continue to have devastating impacts on cultural heritage sites. The aim of the work is to study a climate change impact on cultural heritage sites in the European part of Russia.

There are 20 UNESCO cultural heritage sites in the European part of Russia (World Heritage List). The cultural heritage sites are located in contrasting climatic zones. Each site has unique features – the time of construction, the material from which it is made, the climatic conditions in which it is located, which requires an individual approach to assessing the impact of climatic conditions on the degradation of materials.

The data of the main meteorological parameters (surface air temperature, precipitation, dew point to calculate relative air humidity) from the ERA5 reanalysis for the period 1960–2020 were used. We used two indices for assessing frost damage, the so-called climate-based indices: the number of freeze-thaw cycles and the wet-frost index. Salt weathering is one of the most important degradation criteria in the historical heritage. We assessing the number of crystallization transitions of the sodium chloride salt and calcium sulfate.

For the territory of the European part of Russia, we obtained positive trends in the FTCs for almost all cultural heritage sites, except for the southern site (the Naryn-Kala citadel) (fig. 1). Our results showed an increase in gypsum formation in the northern regions and a statistically significant decrease in the southern regions (Vyshkvarkova, Sukhonos, 2023).

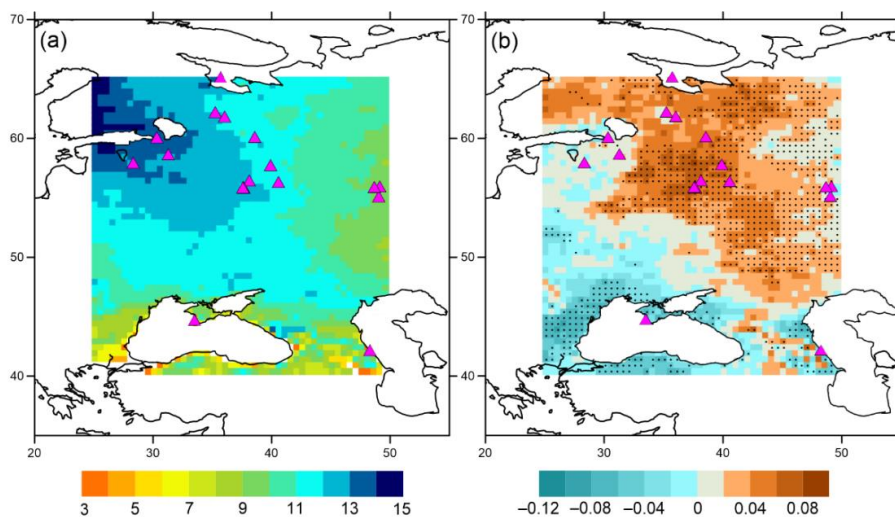


Figure 1 – Number of FTC (a) and trends (b) for period 1961–2020. Black dots correspond to statistically significant values ( $p < 0,05$ ). Purple triangle—cultural heritage sites.

*The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (project reg. no. 121122300072-3).*

### References:

World Heritage List. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/> (accessed on 8 December 2022)

Vyshkvarkova E., Sukhonos O. Climate Change Impact on the Cultural Heritage Sites in the European Part of Russia over the Past 60 Years // Climate. – 2023. – Vol. – No. 11. – e50. DOI: 10.3390/cli11030050.



**COMPARISON OF ENSO ACTIVITY WITH IREGULARITIES  
IN EARTH ROTATION**

Zotov L.V.<sup>1,2</sup>, Marchukova O.V.<sup>3</sup>, Sidorenkov N.S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>SAI MSU, Moscow, Russia, <sup>2</sup>MIEM NRU HSE г. Moscow, Russia,

<sup>3</sup>Tumen State University, Russia <sup>4</sup>Hydrometcenter of Russia

In the last decade, anomalies in the Earth's rotation have been observed: acceleration of its rotation velocity since 2016, almost complete decay of the Chandler wobble (CW) in 2019-2021, weakening of the signal of free core nutation (FCN). Strong El Nino events are known to affect westerly transport in the atmosphere and slow down the Earth's rotation. They occurred in 1983, 1997 and 2016. The last strong El Nino marked the LOD maximum, after which a deceleration began that continued until 2022, when the Earth's rotation velocity reached a maximum over the last 70 years (LOD minimum, Fig. 1). At the same time, the Chandler wobble decayed completely. These anomalies were accompanied by the La Nina triple event. In 2023, CW began to appear, and LOD also slowly started to increase. It is likely that El Nino will follow in 2024.

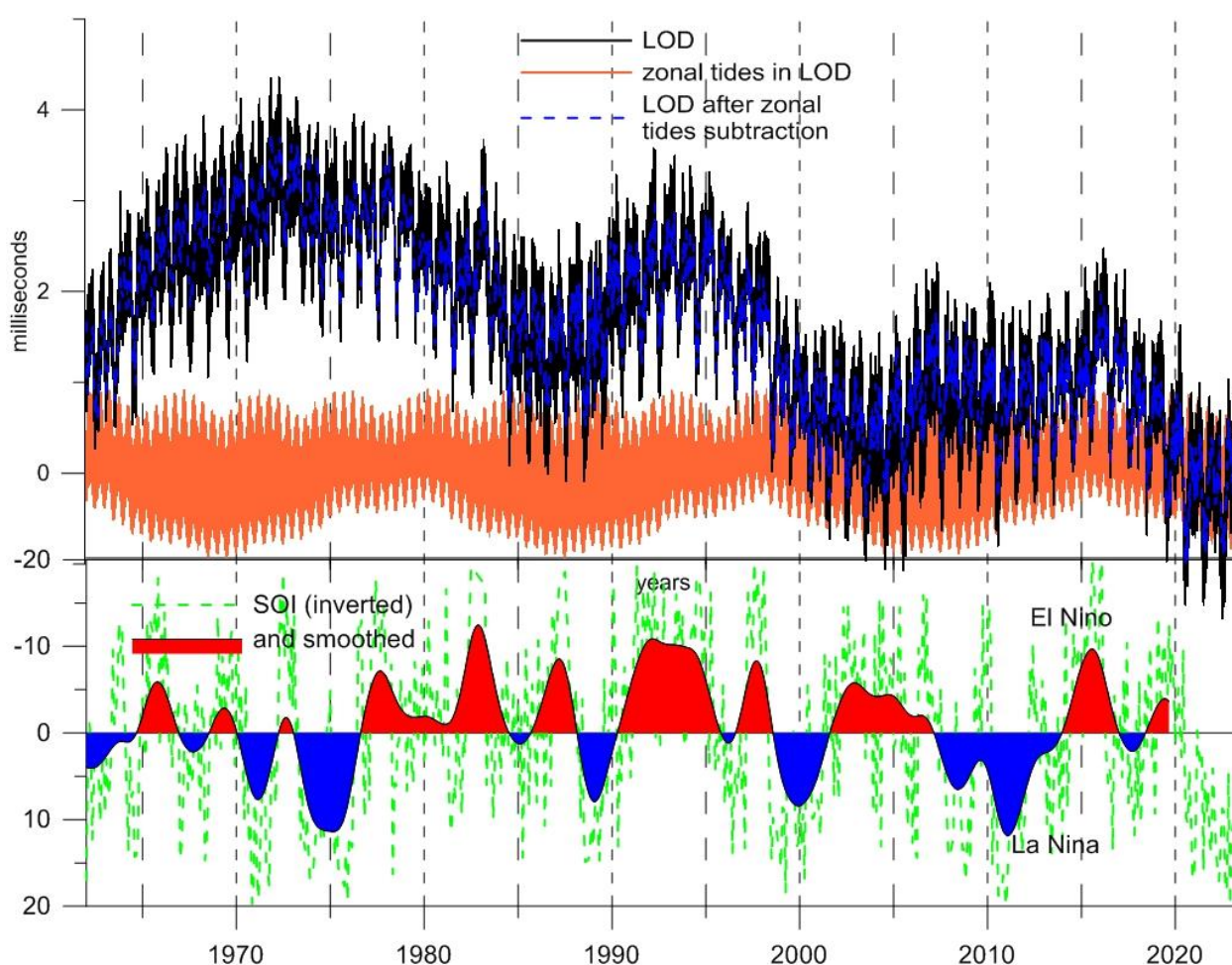


Figure 1 – Variations of the length of day LOD from EOP C04 data. Zonal tidal model for LOD. Southern oscillation index (SOI) inverted, representing ENSO activity

In the works of N. Sidorenkov, B. Chao, J. Dickey, I. Serykh, D. Sonechkin, Y. Wilson the question was earlier raised: Could El Nino Southern Oscillation (ENSO) be interrelated with the irregularities in the Earth rotation. In particular, based on the similarity of the spectra, the ideas about their determination by some common factor were put forward. Our work will collect arguments for and against these still unproven hypotheses. We will compared the features in the motions of the Moon that modulate the tidal influence with quasi-cycles of LOD, CW, ENSO.



## **SECTION 3**

# **ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF NATURE MANAGEMENT**





## CRITERION FOR OPTIMIZING THE NUMBER OF SOLAR COLLECTORS IN THE STRUCTURE OF HYBRID GAS TURBINE PLANTS

Ablaev R.R.<sup>1</sup>, Klimenko A.G.<sup>2</sup>, Dologlonyan A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

Ablaev.expert@mail.ru

<sup>2</sup>Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

kag195877@gmail.com, dologlonyan@mail.ru

Choosing the optimal structure of hybrid solar gas turbine installations is an urgent task (Atef et al, 2020). In the structural-parametric synthesis of such systems, the choice of the structure of a gas turbine installation and its operating modes is primarily a technical task. At the same time, the choice of the optimal structure and number of solar collectors in hybrid installations cannot be solved solely by technical optimization. Since the use of solar collectors in such installations always gives a positive technical effect in the form of a constant increase in total fuel economy.

To optimize the number of solar collectors in this case, the application of a technical and economic criterion is required. In (Ablaev, Dologlonyan, 2023), as a criterion for optimizing the number of solar collectors of a power plant, a coefficient was proposed that reflects the specific reduced costs per 1 money/year of the reduced income, which should tend to its minimum value. However, this indicator does not allow to accurately determine the number of solar collectors, the use of which in the structure of a hybrid installation is effective.

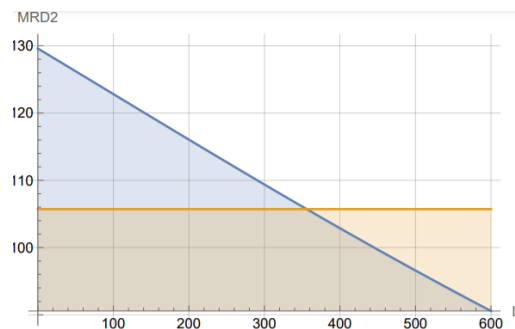


Figure 1 – Determination of optimal parameters of solar collectors in the structure of a hybrid installation

The conversion of this coefficient in comparison of the reduced costs and the reduced revenues of the use of solar collectors will allow us to establish a break-even point (see Figure 1), which will characterize the number of solar collectors that will be optimal.

Thus, the main criterion that will determine the optimal number of solar collectors in the structure of a hybrid power plant is the reduced break-even, which is determined by comparing the differential of the amount of fuel savings with the amount of reduced costs.

### References:

Ablaev R.R., Dologlonyan A.V. methodology of technical and economic optimization of solar hybrid gas turbine installations // Applied economic research. – 2023. – No. 2. – P. 140–147. DOI 10.47576/2949-1908\_2023\_2\_140.

Atef M., Khatib T., Abdullah M., Romlie M. Optimization of a Hybrid Solar PV and Gas Turbine Generator System Using the Loss of Load Probability Index // Clean Technologies. – 2020. – № 2. – P. 240–251.

**COMPOSITION OF MICROALGAE-FOULING ON PLATES COATED  
WITH PAINTS WITH NANOPARTICLES**

Andreeva N.A.<sup>1,2</sup>, Mosunov A.A.<sup>2</sup>, Sizova O.S.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

<sup>2</sup>Sevastopol State University, Sevastopol, Russia  
andreeva.54@list.ru

In the process of biofilm formation on various surfaces in seawater, almost all classes of microorganisms and algae participate, and almost all fouling agents contribute to corrosion. Microalgae and cyanobacteria (CB) are one of the components of biofilm, which is the first stage of the process of biocorrosion of various materials in marine conditions, but their contribution to this process has been poorly studied. Recent studies involving the use of atomic force microscopy (AFM) have revealed the relationship of diatoms with bacteria and with biocorrosion processes (Landoulsi et al., 2011). In the coastal waters of the Black Sea, we have identified 25 forms of Bacillariophyta. (Andreeva, 2021). They make up the bulk of the fouling biomass on surfaces submerged in the marine environment (Wetherbee et al., 1998). Cyanobacteria (Cyanoprokaryota) are another integral component of algocenoses of marine fouling. Due to the formation of different chemical compounds, CB can enter into a variety of allelopathic relationships in algocenoses.

The research was carried out in the coastal waters of Sevastopol in 2022-23. The work used plexiglass plates (polymethylacrylate) measuring 10x15 cm, thickness 3 mm, S=150 cm<sup>2</sup>, coated on both sides with prototypes of antifouling marine paint containing various nanoparticles and their oxides as an antifouling agent. The composition and morphology of microalgae in the initial suspension were studied on lifetime preparations. Microscopy and photographing of cultures was carried out using a Levenhuk 740T biological microscope at magnification x400.

Among diatoms, representatives of the genera *Amphora*, *Melosira*, *Navicula*, *Pinnularia* were identified mainly, and in some cases – *Amphipleura*, *Cylindrotheca*, *Coscinodiscus*, *Cymbella*, *Nitzschia*, *Pleurosigma*, *Rhizosolenia*, *Striatella* and some others.

Cyanobacteria were represented by the genera *Aphanocapsa*, *Microcystis*, *Synechococcus*, *Chroococcus*, *Leptolyngbya* and *Oscillatoriales* (including *Spirulina*). Green and dinophytic algae were also detected in the fouling. In some cases, various unidentified forms were found, including ribbon-like and dumbbell-shaped.

After 2 months of exposure in 2022, the smallest number of microalgae taxa was registered in variants of plates with Bioplast-52 and with a coating containing Ag-TiO<sub>2</sub> nanoparticles (NP).

In 2023, the smallest number of taxa were identified in variants with low frequency CuO/Cu<sub>2</sub>O/CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and Ag-TiO<sub>2</sub>. It was noted that cyanobacteria appeared only after 21 days of plate exposure and actively developed until the end of the full-scale experiment for 2 months. It should be noted that cyanobacteria were absent at all periods of exposure in variants with CuO/Cu<sub>2</sub>O/CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and Ag-TiO<sub>2</sub> NPs.

Thus, the most promising anti-algae coatings can be considered paints with the inclusion of low-frequency Ag-TiO<sub>2</sub> and CuO/Cu<sub>2</sub>O/CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

References:

Landoulsi J., Cooksey K.E., Dupres V. Review – Interactions between diatoms and stainless steel: focus on biofouling and biocorrosion // Biofouling. – 2011. – Vol. 27, No. 10. – P. 1105–1124.

Andreeva N.A. Cyanobacteria and diatoms in communities of various ecotopes of the coastal waters of Sevastopol (Black Sea) // National Association of Scientists (NAU). – 2021. – No. 74. – P. 6–10. DOI:10.31618/NAS.2413-5291.2021.2.74.524.

Wetherbee R., Lind J.L., Burke J., Quatrano R.S. Mini review: The first kiss: establishment and control of initial adhesion by raphid diatoms // J Phycol. – 1998. – Vol. 34. – P. 9–15.

**CYANOBACTERIA STRAINS FROM PHYTOBENTHOS  
OF THE BLACK SEA COAST OF CRIMEA**

*Andreeva N.A.<sup>1</sup>, Snarskaya D.D.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

<sup>2</sup>Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia  
andreeva.54@list.ru, dina.snarskaya@spbu.ru

Collections are an integral component of the fundamental basis for carrying out applied and fundamental work by almost all domestic research and industrial organizations, as well as control laboratories and educational institutions using strains of microorganisms in their activities. Strains of cyanobacteria living in extreme ecological niches (for example, marine sediments) have unique biochemical and physiological properties that can be used in pharmacology to create new promising drugs. In addition, such collections are of great scientific and applied importance, as a "bank" for storing the gene pool of organisms. The first step towards the successful isolation of cyanobacteria from their natural environment is comprehensive data on their habitat, and knowledge of taxonomy is necessary for successful cultivation.

The isolation of new strains of cyanobacteria was carried out in the process of algological studies of sediment samples taken during all seasons of 2020–2023 in various zones of the Black Sea coast of Crimea during 11 expeditions on the hydrographic vessel "Professor Vodyanitsky". To obtain a cumulative culture, the native material was cultivated for 30–120 days on a liquid modified Gromov medium No. 6 (prepared on seawater). Isolation and purification of cultures were carried out by several methods. The morphology of cyanobacteria was studied on lifetime preparations using Levenhuk 740T and Leica DM2500 light microscopes at magnification x 400. The cultures were photographed using digital attachments using appropriate computer programs (Levenhuk ToupView and Leica Application Suite (LAS) and further image processing in Adobe Photoshop CS3 Extended. The taxonomic affiliation of microalgae was established using determinants (Komárek, Anagnostidis, 1998; 2005).

In the study of bottom sediments taken from various depths of the coastal waters of the Crimea, 44 algologically pure cultures of cyanobacteria were isolated. 22 cultures were obtained from samples taken at a depth of 20–38 m, 12 – at a depth of 50–65 m and 10 – at a depth of 80–130 m. The largest number of crops (15) were isolated from soil samples taken in the autumn period, in the summer, winter and spring seasons the number of isolates was approximately the same (11, 9 and 9, respectively).

The strains of cyanobacteria isolated during the period 2020–2023 from samples of bottom sediments were transferred for deposit to the Resource Center "Cultivation of Microorganisms" of St. Petersburg State University. Preliminary identification of the obtained cultures revealed among them cyanobacteria of the genera *Nostoc* (21 strains), *Nodularia* and *Leptolyngbya* (3 strains each), as well as unicellular and colonial forms (11 strains).

References:

Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota 1. Chroococcales. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1 / Ettl H., Gärtner G., Heynig H., Mollenhauer D. (eds). – Gustav Fischer, Jena-StuttgartLübeck-Ulm., 1998. – 548 p.

Komárek J., Anagnostidis K. 2. Oscillatoriales. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2 / Büdel B., Krienitz L., Gärtner G., Schagerl M. (eds). – Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 2005. – 759 p.

## CONTROL OF HEAT GENERATION IN COGENERATION MICROGAS TURBINE PLANTS WITH REGENERATION AT PARTIAL LOADS UNDER VARIOUS LOADING METHODS

*Dologlonyan A.V., Matveenko V.T., Klimenko A.G.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
dologlonyan@mail.ru

The use of cogeneration technologies to provide energy to local industrial and agricultural facilities is possible with the decentralization of generating capacities. At the same time, the thermal and structural scheme of the cogeneration plant should be adapted to supply the required amount of energy (electric and thermal) for different consumers.

In order to achieve flexibility in energy supply volumes and high thermal efficiency of a gas turbine power plant, it is possible to use not only various thermal and structural schemes, but also control of operating processes in cycles of gas turbine engines.

Flexible cogeneration technologies can be used in microgas turbine plants (MGTP) with heat regeneration, as well as turbocharger recovery and heat regeneration (see Figures 1 and 2).

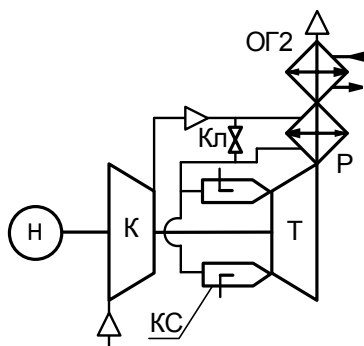


Figure 1 – Cogeneration MGTP diagram based on Easy cycle +Regeneration: K – compressor; KC – combustion chamber; T – turbine; ОГ2 – gas cooler; H – load; P – regenerator; KЛ by-pass valve

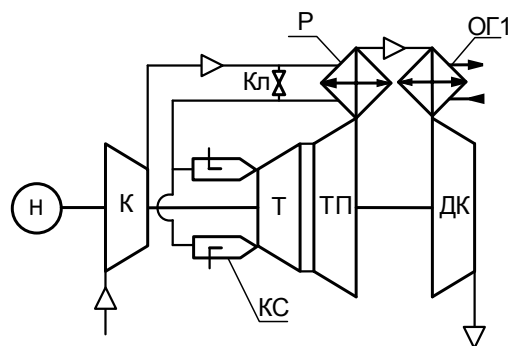


Figure 2 – Cogeneration MGTP diagram based on Easy cycle +Regeneration and turbocharger utilizer: ТП – overgrowth turbine; ОГ1 gas cooler; ДК – booster compressor; other designations, as in Fig. 1

Gas turbine engines (GTEs) have the ability to change the workflow by controlling the characteristics of different engine elements. Changing the characteristics of the MGTP elements and processes through them in the MGTP cycles under certain conditions can have an effective control effect on changing the thermal characteristics of the cogeneration MGTP.

You can change the thermal power of the cogeneration MGTP with heat regeneration by bypassing the cyclic air past the regenerator. This method allows redistributing the heat flow behind the turbine (overexposure turbine) between the regenerator and the recovery boiler. This is particularly important under cyclic or variable heat loads.

The conducted studies have shown that gas turbine units with regeneration are the most suitable for cogeneration, since they allow, by bypassing the cyclic air past the regenerator, to manipulate the flows of mechanical and thermal energy in the GTE independently of each other, than they provide the consumer with heat in both basic and maneuvering modes, regardless of the degree of loading. In this case, the regenerator acts as a dynamic accumulator of cycle heat, which can be redistributed between the thermal and mechanical energies of the installation, depending on the needs of the local facility. Neither internal combustion engines nor steam turbine installations of any configuration can demonstrate this.

**COMBINED USE OF WRF AND CFD MODELS FOR DEVELOPMENT  
ENVIRONMENTAL SAFETY DECISION SUPPORT SYSTEMS**

*Egorkin A.A.*

Institute of Natural-Technical Systems, Sevastopol, Russia

egorkin1974@yandex.ru

Air pollution is one of the most important factors affecting human health. Ensuring environmental safety involves assessing the factors of such impact. Due to the complexity of the processes occurring in the atmosphere, decision support systems are used to assess the impact and make management decisions to minimize it. Human exposure to air pollution often occurs in urban environments, so high-resolution air quality forecasting is required to take appropriate preventive measures and limit air pollution (Sauer, Muñoz-Esparza, 2020). Since air pollution is determined by both local dynamic circulation and long-range transport, accurate modeling of the distribution of pollutants requires taking into account the interactions of mesoscale (regional) and microscale processes. Mesoscale models use meteorological data with low spatial resolution as initial conditions. Quite often, data with a spatial resolution of several kilometers are used.

In summary, mesoscale models perform well in predicting air pollution at the regional scale, but are not suitable for simulating the distribution of physical and chemical variables at the scale of an urban area, which requires model resolution to be less than 1 km. Various downscaling techniques are used to provide a detailed representation of the distribution of pollutants in urban or industrial areas. One of them is the use of models using the Gaussian approach (Forehead, Huynh, 2018).

However, these types of models do not directly calculate dynamic and thermal processes and therefore do not take into account the interactions of turbulence and chemistry. Three main approaches can be used to account for the effects of turbulence on chemical species: the Reynolds-averaged Navier-Stokes formulation (RANS), the large eddy simulation (LES) method, and the direct numerical simulation (DNS) method. Computational fluid dynamics (CFD) models resolve turbulence using RANS, LES, or DNS to solve engineering problems involving fluid flows.

Combined use of WRF model outputs as initial and boundary conditions can significantly improve the predictive ability of a CFD model used to assess the impact of pollutants on the environmental quality of an urban area. The application of WRF and CFD models to develop environmental decision support systems can be used as a reliable method for understanding the complex flow of air flow and dispersion of pollutants in urban areas.

*The work was carried out within the framework of the state assignment of IPTS, state registration No. 121122300072-3.*

**References:**

Sauer J.A., Muñoz-Esparza D. The FastEddy® resident-GPU accelerated large-eddy simulation framework: Model formulation, dynamical-core validation and performance benchmarks // Journal of Advances in Modeling Earth Systems. – 2020. – Vol. 12, № 11. – e2020MS002100. DOI: 10.1029/2020MS002100.

Forehead H., Huynh N. Review of modelling air pollution from traffic at street-level. – The state of the science // Environmental Pollution. – 2018. – Vol. 241. – P. 775–786.

## SMOG ANALYSIS IN BEIJING

Fedoseeva N.V., Sergeeva N.O.

Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

natasha-sergeeva@autorambler.ru

In the course of the work, an archive of daily data on the main characteristics of the air quality index in Beijing (China) for the period from 2015 to 2019 was obtained (Air Quality Index). The intra-month, intra-annual and inter-annual variability of these characteristics was considered (Fig.1). An archive of meteorological parameters at Beijing station (Weather Archive) was formed and the most favorable conditions for development of smog were analyzed (Fig.2).

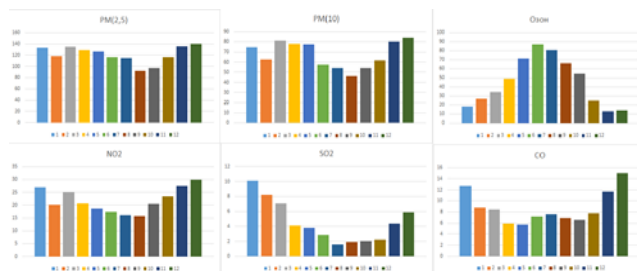


Fig. 1. Intra-annual variability of mean multiyear characteristics of the air quality index

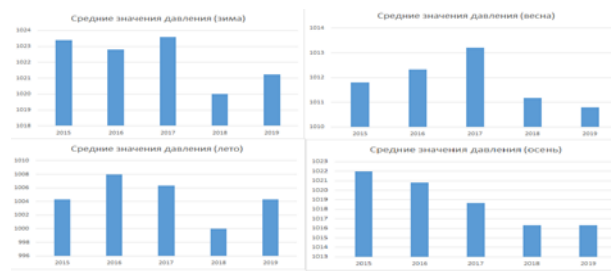
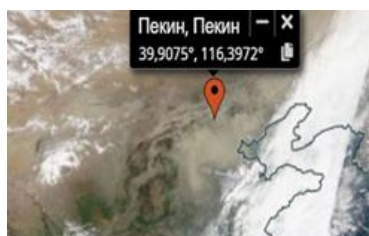
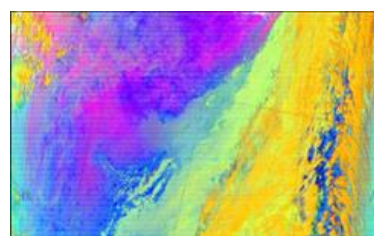


Fig.2. Seasonal mean values of atmospheric pressure in dates with high concentration of pollutants

Based on the obtained data, days with maximum values of pollutants were identified. In order to remotely detect smog with high concentrations of coarse particles on days with their high values, MODIS/Aqua, Terra satellite images were acquired and the Seviri Ash/Dust RGB model, developed to highlight dust storms and volcanic emissions in satellite images, was applied (Fedoseeva, 2022).



a) Natural colors



b) Ash RGB

Fig.3. Fragment of the image of smog in Beijing 04.05.2017.

The analysis showed that the concentration of pollutants decreases in warm period and increases in cold seasons. The exception is ozone, whose concentration increases in summer. The analysis of meteorological parameters showed that Beijing generally has favorable conditions for smog formation. Smog is formed at the higher atmospheric pressure for Beijing. In recent years, there has been a downward trend in air pollutant emissions due to smog control measures. It was showed that the Ash RGB model can be used to detect smog in satellite images.

### References:

Air quality index [Electronic resource]: URL: [https://energyeducation.ca/encyclopedia/Air\\_quality\\_index](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Air_quality_index)

Weather Archive [Electronic resource]: URL: - <http://aqicn.org/city/beijing/ru/>

Fedoseeva N.V., Lvov A.L. - Principal component analysis applied to satellite imagery for volcanic plume detection over Kuril and Kamchatka region. //European journal of natural history. – 2022. – No. 1. – P. 4–9.

**GEOLOGICAL AND HYDROBIOLOGICAL FEATURES  
OF ECOLOGICALLY HAZARDOUS RIVER'S DRAINS ALONG THE BLACK SEA  
COASTAL LINE WITHIN THE SOCHI**

Gorbunova T.L., Gudkova N.K., Rubanova N.I.

Institute of natural and Technical Systems (branch), Sochi, Russia  
tatianashaw@mail.ru

Studying watercourses of the Sochi Black Sea coast, the authors proposed to apply the grouping of rivers according to their morphometric features and natural resource management priorities which practiced in their catchment areas. This article considers one of the described previously groups, specifically small rivers, the ecological condition of which causes a threat to the environmental sustainability of the resort. The rivers Kherota and Bytha, which previously were studied by the authors in detail, are typical for this cluster; however, other watercourses within the examined coast are also can be included in this group basing on their key characteristics.

The principal hazardous exogenous geological processes identified in the basin of these rivers are: erosion processes, landslide and mudflow processes, as well as a waterlogging. The basins of these rivers are subjected to high anthropogenic pressure (Gudkova et al., 2020; 2021). The Adler landfill is located in the gully on the right slope of the Malaya Kherota River valley, in the area where (prior to recultivation in 2010) technogenically induced landslides and mudflows were actively occurring. Landslide sediments fill the gully and the landslide tongue, as a broad line (up to 120 m) penetrated into the M. Kherota River's valley and blocked it (afterwards the river bed in this section was taken into a concrete collector). The geological structure of the Bytha River basin involves modern eluvial deposits (weathering crust) represented by refractory and semi-solid clays (in the unhydrated state) with sandstone rubble and argillite driftwood. On the right slope of the river Loo landfill is located, where landslide and mudflow processes have been repeatedly activated, resulting in blockage of the Bytha River course.

The biotesting analysis (Table 1) detected that major impact to both biomarkers, used in this work (*Daphnia magna* Straus and *Chlorella vulgaris* Beijer), which belong to different trophic groups, was observed in the Kherota River mouth zone. A toxicity scale ranging from 1 score of "Extremely severe toxicity" to 4 scores of "Mild or no toxicity" was used.

Table 1 – Toxic characteristics of Kherota and Bytha rivers water according to the research results 2017–2022 period

| River's name and sampling station | Average toxicity score based on survivality |                           | <i>Chlorella vulgaris</i> cells abundance growth |
|-----------------------------------|---|---------------------------|--|
|                                   | <i>Daphnia magna</i>                        | <i>Chlorella vulgaris</i> |  |
| Kherota River, upper flow         | 3,8   | 3,6                       | mild stimulation                                 |
| Kherota River, mouth              | 1,2   | 1,5                       | stimulation                                      |
| Bytha River, upper flow           | 4   | 3,4                       | mild stimulation                                 |
| Bytha River, mouth                | 2,4   | 2,2                       | stimulation                                      |

The stimulation effect on the microalgae cell growth compared to the control values is an indicator of the anthropogenically originated substances – inducers presence in the studied samples at excessive amount, which, presumably, entering waterways with the landfills effluents.

References:

Gudkova N.K., Gorbunova T.L., Matova N.I. Impact of landfills on degradation of biogeocenoses of coastal zones of watercourses and the Black Sea // Prirodoobustroistvo. – 2021. – No. 5. – P. 117–124. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-117-124.

Gudkova N.K., Gorbunova T.L., Matova N.I. Complex impact assessment of landfills on river biotopes in humid subtropics // Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: natural and technical science. – 2020. – No. 9. – P. 23–29. DOI: 10.37882/2223-2966.2020.09.12.



## USING GIS TECHNOLOGIES AND REMOTE SENSING DATA FOR MANAGEMENT OF NATURAL RESERVES

Kashirina E.S.<sup>1</sup>, Novikov A.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Branch of Moscow State University in Sevastopol, Sevastopol, Russia

<sup>2</sup>Institute of Natural-Technical Systems, Sevastopol, Russia  
e\_katerina.05@mail.ru, a\_novik@bk.ru

Specially protected natural areas (SPNA) play an important role in the conservation of nature, mainly biodiversity. The versatility of the territory of protected areas and the functions they perform determines a significant number of approaches to management. The development of modern technologies, in particular geographic information systems (GIS) and remote sensing of the earth (ERS), makes it possible to obtain operational data on protected areas and reduce the costs of their processing and analysis.

The use of integral indices obtained on the basis of satellite images has become widespread. GIS technologies, in particular QGIS, are used to calculate indices. To assess the condition of protected areas, the NDVI index is often used, an example of its distribution is shown across the landscapes of the Baydarsky reserve (Fig. 1). The Baydarsky nature reserve is located in the southwestern part of the Crimean peninsula in the intermountain basin and in the adjacent lowlands.

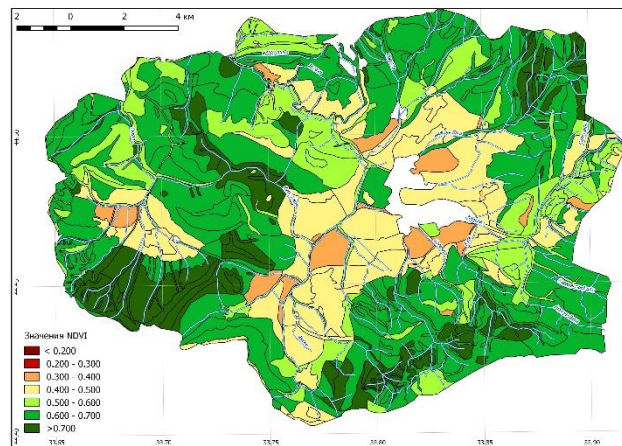


Figure 1 – Scheme of NDVI distribution across the landscapes of the Baydarsky nature reserve, Sevastopol (Use of the index..., 2019)

NDVI reflects the state of green plant phytomass, which is an indicator of the state of protected area ecosystems. The data obtained allow us to draw a conclusion about the distribution of phytomass reserves of plant communities in the Baydarsky reserve. As can be seen from the diagram, the woody ecosystems of beech and oak-hornbeam forests are characterized by large NDVI indicators and phytomass reserves. Phytomass reserves are greatly reduced in the basin, where steppe ecosystems and agricultural lands are represented.

Thus, GIS technologies and Earth remote sensing data make it possible to quickly obtain information about the state of natural complexes of protected areas, which should be the basis for making management decisions.

### References:

Using the NDVI index for geocological assessment of specially protected natural areas using the example of the city of Sevastopol / E.I. Golubeva, E.S. Kashirina, A.A. Novikov, E.V. Glukhova // Proceedings of the International Conference InterCarto. InterGIS / Ed. O.I. Markova (Kotova), M.V. Nyrtsov. – Vol. 25. – Moscow: MSU Publishing House, 2019. – P. 320–331.

**CONTROL OF THE POTENTIAL RECRUITMENT OF THE BIVALVE MOLLUSCA  
ANADARA – A RECENT INVADER IN THE BLACK SEA**

*Kazankova I.I.*

Institute of Natural-Technical Systems, Sevastopol, Russia  
ikazani@bk.ru

Assessment of the impact of anthropogenic and natural environmental factors on the biotic component of natural and technical systems is relevant in connection with crisis phenomena in nature due to the increasing anthropogenic load and climatic changes observed in recent decades. The invasion of various hydrobiont species into the Azov-Black Sea basin, their rapid expansion leads to the fact that they become dangerous in terms of their impact on biodiversity and sustainability of ecosystems. Such species currently include anadara *Anadara kagoshimensis*, which has been since 2018 included in the group of the most dangerous invasive species in Russia (Soldatov et al., 2018). The native range of this warm-water eurybiont (as defined in (Lutaenko, 1999; Revkov and Shcherban, 2017)) is located in the temperate latitudes of the North Pacific Ocean (Zentos et al., 2010). *Anadara* massively appeared in the benthic biocenoses of the Black Sea by the mid-1980s of the last century, and currently there is an increase in its expansion in the Sea of Azov. At the same time, individual "bursts" of mollusk abundance, especially of its juveniles, are observed (Zhivoglyadova et al., 2020). Hence, the signs of *anadara* expansion (increase in density, biomass and stock), obviously, should be the increase in the number of the mollusc larvae, which, in turn, can be assessed by the method of controlling the potential recruitment of the mollusc population (Kazankova and Shchurov, 2010). The essence of this method is the regular counting of larvae and post-larvae of the mollusk that appeared on control substrates with a hairy surface during certain time intervals. *Anadara* pediveligers, like mussels and mytilaster, are able to attach to filamentous structures. This may indicate that *anadara* post-larvae are able to live for some time on vertically arranged hard substrates colonised by filamentous algae and then move to biocenoses of bottom soils. Monitoring of the *anadara* potential recruitment showed that its value was relatively low near the southern and south-western shores of Crimea in 2008–2022. During the period of mollusk settling, i.e. July – October, the studied parameter was within the range of 0–7,8 specimen·cm<sup>-2</sup>·month<sup>-1</sup>. Moreover, before 2018 its maximum values did not exceed 1,1 and after 2018 – 7,8 specimen·cm<sup>-2</sup>·month<sup>-1</sup>, which may indicate that the growth of the *anadara* population in the Black Sea has intensified.

References:

- Soldatov A.A., et al. Molluscs. *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) // The most dangerous invasive species of Russia (TOP-100) / Edited by Yu Yu Dgebuadze, V.G. Petrosyan, L.A. Khlyap. – Moscow: Partnership of scientific publications KMK, 2018. – P. 260–266.
- Revkov N.K. and Shcherban S.A. Features of the biology of the bivalve mollusk *Anadara kagoshimensis* in the Black Sea // *Ecosystems*. – 2017. – Vol. 9. – P. 47–56.
- Lutaenko K.A. Expected faunistic changes in the basin of the Sea of Japan: the influence of climate and sea level on the distribution of bivalves // *Bulletin of the Far Eastern Malacological Society*. – 1999. – Issue. 3. – P. 38–64.
- Zentos A. et al. Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution // *Mediterranean marine science*. – 2010. – Vol. 11, No. 2. – 381 p.
- Zhivoglyadova L.A., et al. Expansion of the bivalve mollusk *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) in the Sea of Azov // *Ros. zhurn. biol. invas.* – 2021. – Vol. 14, No. 1. – P. 83–94.
- Kazankova I.I., Shchurov S.V. Method of studying the recruitment of mussel, mitilaster and *anadara* settlements in the coastal zone of the Black Sea: patent 2548105 RF. IPC A01K 61/00 №2014150175/93 / patent-holder FGBUN "Institute of Marine Biological Research named after A.O. Kovalevsky RAS". Published 10.04.2015, Bulletin No. 10.

**COMPOSITION OF SOME NAPHTHALENE IN BOTTOM SEDIMENTS OF SOUTHERN BAIKAL AT DIFFERENT SEASONS OF THE YEAR**

*Khalikov I.S., Lukyanova N.N.*

FSBI "RPA "Typhoon", Obninsk, Russia

Khalikov@rpatyphoon.ru

The determination of priority PAHs in the bottom sediments of Lake Baikal is currently being carried out by the Federal State Budgetary Institution "RPA "Typhoon" (Obninsk) systematically since 2011 and is part of the integrated environmental monitoring of the state of the lake by Roshydromet (Khalikov, 2020a).

Naphthalene (NAPH), 1-methylnaphthalene (1-MeNAPH) and 2-methylnaphthalene (2-MeNAPH) belong to the group of low molecular weight (2-nuclear) PAHs, which in the natural environment are mainly associated with oil and its products. The study of the features of the distribution of molecular markers in the composition of bottom sediments has recently been one of the directions in the development of organic geochemistry.

The material for the study was 65 samples of bottom sediments of southern Baikal in the area of discharge of municipal wastewater from the city of Baikalsk (BPPM polygon) and the background site located 20 km to the west, which were taken by the FSBI "Irkutsk UGMS" during spring under-ice geochemical surveys (March) and autumn expedition in September 2022. In this work, HPLC with fluorimetric detection was used to identify and quantify NAPH, 1-MeNAPH, and 2-MeNAPH (see Table 1), after preliminary extraction using QuEChERS sample preparation from the analyzed samples (Khalikov, 2020b).

Table 1 - Average content and range of values of NAPH, 1-MeNAPH and 2-MeNAPH in bottom sediments of southern Baikal (2022)

| Sampling area   | Selection month, (number of samples) | Average, bracketed interval (min-max)<br>PAH concentrations, ng/g |                     |                     |
|-----------------|--------------------------------------|---|---------------------|---------------------|
|                 |                                      | NAPH  | 1-MeNAPH            | 2-MeNAPH            |
| Polygon BPPM    | March (28)                           | 17,2±9,8 (2,0-36,3)   | 9,1±4,3 (2,9-17,1)  | 22,0±10,1(6,6-40,9) |
|                 | September (31)                       | 12,0±7,4 (0,6-27,4)   | 10,4±6,1(<0,5-21,4) | 22,5±11,9(1,9-40,7) |
| Background area | March (3)                            | 19,8±5,0 (14,9-24,9)  | 12,1±3,1 (8,6-14,6) | 24,9±7,1(16,7-29,3) |
|                 | September (3)                        | 7,3±4,9 (2,9-12,6)  | 6,2±3,0 (4,1-9,6)   | 14,4±5,7(10,9-21,0) |

The results on the average content of the studied naphthalenes in the bottom sediments of southern Baikal show, regardless of the season, the following series: 2-MeNAPH > NAPH > 1-MeNAPH. A feature of the seasonal change in the composition of naphthalenes in the bottom sediments of the BPPM polygon and the background plot is the predominance of NAPH in spring sampling compared to autumn (september), and in the case of methylnaphthalenes, this trend is observed only for the background area. The molecular ratio of NAPH / (NAPH+1-MeNAPH+2-MeNAPH) in the sediments of the BPPM polygon and the background area in the spring season is 0,36 and 0,35, respectively, and decreases to 0,26-0,27 in the autumn season. Apparently, with an increase in pyrogenicity indices in bottom sediments, the value of NAPH / (NAPH+1-MeNAPH+2-MeNAPH) decreases.

References:

Khalikov I.S., Lukyanova N.N. Polycyclic aromatic hydrocarbons content in bottom sediments of Baikal lake according to results of monitoring in 2017-2018 // International scientific research journal. – 2020a. – No. 6–2 (96). – P. 69–73.

Khalikov I.S. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the bottom sediments of Barents and Kara seas // Bulletin of biotechnology and physico-chemical biology. – 2020b. – Vol.16. No. 1. – P. 13–19.

**ON THE QUESTION OF THE RIVER DRAIN OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS INTO THE BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE BAIKAL**

*Khalikov I.S., Lukyanova N.N.*

FSBI "RPA "Typhoon", Obninsk, Russia

Khalikov@rpatyphoon.ru

Monitoring the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the bottom sediments of the lake Baikal showed higher concentrations (several times) in the southern part of the lake (the area of the city of Baikalsk) compared to central and northern Baikal (Khalikov, 2021). At one time, the Baikal Pulp and Paper Mill (BPPM) was one of the largest polluters of Lake Baikal, which functioned without interruption of production from 1966 to 2009 and was closed at the end of 2013.

As is known, PAHs can enter the bottom sediments of lakes, both as a result of wet and dry precipitation from the atmospheric air, and as a result of water flows (rivers, wastewater treatment, soil erosion).

To assess PAH pollution in surface watercourses flowing through the surveyed area, on the rivers Babkha, Kharlakhta, Solzan, Bolshaya Osinovka and Malaya Osinovka, 10 sediment samples were taken in 2021 above the waste storage sites or above the city of Baikalsk and in the mouths of the rivers before flowing into the lake Baikal, as well as 4 precipitation samples in 2022 at the mouths of the Kharlakhta, Solzan, Bolshaya Osinovka and Malaya Osinovka rivers. It should be noted that in 2020 the channels of these rivers were subjected to mudflow protection measures.

PAHs were identified and quantified using high performance liquid chromatography with fluorimetric detection (Khalikov, 2022).

In 14 samples of bottom sediments from five rivers, the following priority PAHs in 2021-2022 were quantified (value intervals,  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in the order of appearance on chromatograms - naphthalene (<1,0-4,7), acenaphthene (<0,2-0,2), fluorene (<0,1-0,7), phenanthrene (<0,2-5,4), anthracene (<0,1-0,3), fluoranthene (<0,2-12,9), pyrene (<0,2-8,1), benz(*a*)anthracene (<0,2-1,1), chrysene (<0,2-9,1), benzo(*e*)pyrene (<0,2-3,9), benzo(*b*)fluoranthene (<0,2-9,6), benzo(*k*)fluoranthene (<0,1-2,4), benz(*a*)pyrene (<0,1-1,7), dibenz(*a,h*)anthracene (<0,2-0,2), benz(*g,h,i*) perylene (<0,2-3,3) and indene[*1,2,3-c,d*]pyrene (<0,2-3,4). In many cases, the content of individual PAHs was below the detection limits. The maximum concentrations of PAHs compared to other rivers were recorded in the bottom sediments of the mouth of the Bolshaya Osinovka River in 2022, however, even these concentrations are "low" (class No. 2) in the pollution classification (Khalikov, 2021).

The content of PAHs in the bottom sediments of the rivers flowing into the lake in this area was significantly lower (by 1–2 orders of magnitude) compared to the bottom sediments of the lake itself. Thus, it can be considered that the contribution of PAH input by river runoff to the surveyed water area of the lake Baikal is insignificant.

References:

Khalikov I.S., Makarenko A.A., Levshin D.G., Lukyanova N.N., Yakhryushin V.N. New Data on the Concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Sediments in the Coastal Zone of Lake Baikal // Russian Journal of General Chemistry. – 2021. – Vol. 91, No. 13. – P. 2817–2826.

Khalikov I.S., Lukyanova N.N. Monitoring of Benzo(*a*)pyrene Pollution of Bottom Sediments of the Lake Baikal in the Sites of Increased Anthropogenic Load over the Period from 2011 to 2021 // Russian Journal of General Chemistry. – 2022. – Vol. 92, No. 13. – P. 3134–3142.

**APPLICATION OF REMOTE SENSING DATA IN THE OIL AND GAS COMPLEX FOR THE CONTROL OF HAZARDOUS GEOLOGICAL PROCESSES (ON THE EXAMPLE OF THE MAKAROVSKY DISTRICT OF THE SAKHALIN REGION)**

*Kharybina A.S., Vorotyntsev K.D.*

National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow, Russia  
kharybina.a@gubkin.ru

The Trans–Sakhalin pipeline System is the most important object of the Sakhalin-2 oil and gas project, with a length of more than 800 km and connecting production platforms, a onshore processing facility and the Prigorodnoye production complex, where gas liquefaction and oil shipment take place. This length of the pipeline imposes risks associated with the loss of hydrocarbon raw materials as a result of accidental spills and technical leaks. Sakhalin pipelines are located in difficult climatic and engineering-geological conditions caused by the manifestation of geohazards – earthquakes, landslides, mudslides, river erosion. Monitoring and accounting of these processes allows to ensure the integrity of the pipeline system and makes it possible to make a forecast of the technical condition of the object under study.

The Makarovskiy district is particularly dangerous from the point of view of the risk of pipeline gusts. In this segment, the pipeline not only crosses 5 faults, 11 rivers of important commercial importance (fig. 1), but also passes through mountainous areas for which the risk of the formation of these processes is high. (Kazakov, 2008) Therefore, the section of the Trans-Sakhalin pipeline system on the territory of the Makarovskiy district, as well as the right of way, are the objects of study of this work.



Figure 1 – Laying of the pipeline in the mudflow of the Pulka River (Kazakov, 2008)

In the process of a comprehensive analysis of the right of way of the Trans-Sakhalin pipeline system on the territory of the Makarovskiy district, it was found that the most dangerous from the point of view of the impact on pipelines are landslide processes and river erosion, areas of manifestation of which were identified along the right of way. As part of the visual inspection of the territory, 32 sites of the manifestation of erosion processes were found, which were taken into account when laying the pipeline. Anti-erosion measures were used – slope dividers, gabions, stone outline. (Kharybina, 2023)

References:

Kazakov N.A., Gensiorovsky Yu.V. Exogenous geodynamic and channel processes in the low mountains of O. Sakhalin as risk factors for Sakhalin-2 oil and gas pipelines // *Geocology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology*. – No. 6. – 2008. – P. 483–496.

Kharybina A.S., Vanchugov I.M., Zharkova V.V., Afanasyev A.V. Identification of geocological risks of operation of the Prigorodnoye production complex within the framework of the Sakhalin-2 oil and gas project // *Environmental protection in the oil and gas complex*. – 2023. – No. 4 (313). – P. 34–41.

**REFINED MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATION OF HEAT CAPACITY OF WORKING BODIES AFFECTING EFFICIENT AND ENVIRONMENTAL PARAMETERS OF ICE**

*Klimenko A.G., Dologlonyan A.V., Matveenko V.T.*  
 Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
 dologlonyan@mail.ru

Thermodynamic calculations of the processes of mixing and combustion of fuels are key in the development of appropriate structural elements of diesel internal combustion engines (mixing devices, combustion chambers, intake and exhaust organs, valve timing regulators, mechanisms regulating the angle of advance of fuel supply, etc.). Keywords: modeling of working processes, internal combustion engines, heat capacity and methods for calculating heat capacities, environmental parameters.

The calculation of heat capacities is an important component in thermodynamic calculations of internal combustion engines, since the accuracy of evaluating the thermodynamic properties of working substances, which change during the entire cycle, depends on this parameter in the future.

The development of computational methods makes it possible today to solve problems without much time and with high accuracy, which is proposed in (Sobolenko, Florianskaya, 2021), which is based on an equation of the form

$$\frac{c_p}{R} = \sum_{i=0}^6 a_i r^i + \sum_{i=7}^{12} a_i \left(\frac{1}{\tau}\right)^{i-6},$$

where  $\tau = T/T^*$  - relative temperature:  $T$  - gas temperature, K;  $T^* = 1000$  K;  $a_i$  - array of coefficients specific for each gas;  $R$  - universal gas constant, J/(mol·K);  $c_p$  - specific isobaric molar heat capacity, J/(mol·K).

A comparative analysis of existing methods for calculating the thermodynamic parameters of internal combustion engines (Aleksandrov et al., 2005; Sobolenko, Florianskaya, 2021) shows that the most accurate calculation method today is the method (Sobolenko, Florianskaya, 2021) (see Fig. b) compared to the method (Aleksandrov et al., 2005) (Fig. a). Its application in modern software systems can significantly increase the reliability of the results of thermodynamic calculations, which will improve the assessment of the thermal, environmental and efficient components of internal combustion engine operating processes.

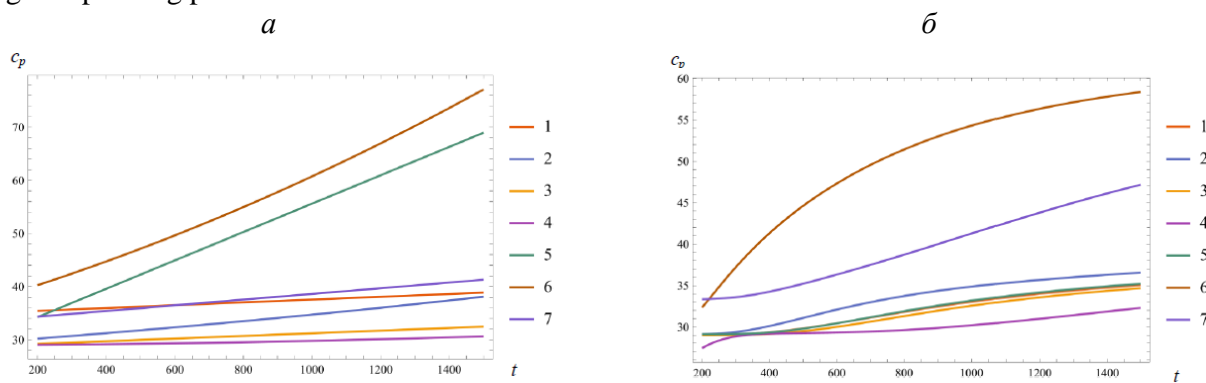


Figure 1 – 1 – molar heat capacity of atmospheric air; 2 – molar heat capacity of oxygen O<sub>2</sub>; 3 – molar heat capacity of nitrogen N<sub>2</sub>; 4 – molar heat capacity of hydrogen H<sub>2</sub>; 5 – molar heat capacity of carbon monoxide CO; 6 – molar heat capacity of carbon dioxide CO<sub>2</sub>; 7 – molar heat capacity of water steam H<sub>2</sub>O

References:

Aleksandrov A.A., Orlov K.A., Ochkov V.F. Uravneniya i programma dlya rascheta svojstv gazov i produktov sgoraniya (Equations and a program for calculating the properties of gases and combustion products) // Teploenergetika. – 2005. – No. 3. – P. 48–55.

Sobolenko A.N., Florianskaya M.V. Raschet teploemkosti produktov sgoraniya komprimirovanogo gazovogo topliva marok "a" i "b" v dizelyah (Calculation of heat capacity of combustion products of compressed gas fuel type "a" and "b" in diesel engines) // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. – 2021. – No. 2. – P. 65–74.

**WASTEWATER TREATMENT WITH THE USE OF MICROALGAE IN THE  
SUPERTOURISM ZONE OF THE SOCHI REGION AND METHODS OF  
TOXICOLOGICAL CONTROL OF WASTEWATER ADAPTED TO THE REGION**

*Kozlova T.A.*

Branch of Institute of natural and technical systems, Sochi, Russia

Institute of natural science, Tambov, Russia

k\_tatiana15@yahoo.com

Wastewater (WW) of the Sochi region's supertourism zone is distinguished by a wide variety of dissolved substances, the most dangerous of which are components such as endocrine-disruptive compounds (EDCs), pharmaceutical and cosmetic products, as well as a variety of pathogenic microflora coming from the waste products of people who came from various regions of Russia and neighboring countries. Microalgae are well-known biological agents for the removal and biodegradation of such contaminants from wastewater. At the same time, microalgae are widely used in toxicology, as test organisms in the methods of toxicological control of WW. However, the need to adapt basic methods of toxicological control to the realities of the region of supertourism, where pollution enters small mountain rivers and then mixes with seawater is obvious. It is necessary to develop additional methods (including express methods) and recommendations for the toxicological control of WW with the use of microalgae, to conduct research on the following issues: the influence of biochemical parameters of the aquatic environment on life expectancy and the kinetics of biodegradation of pollutants, the effect of mixtures of hormones and other pollutants on various types of algae as test organisms. An important aspect of this work is the validation of proven methods in the marine and natural waters of the supertourism zone of the Sochi region.



## **DYNAMICS OF VEGETATION INDEX IN CRIMEA**

*Krasovskay V.S.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

VladislavaKrasovskay@gmail.com

With the beginning of satellite observations, the use of vegetation indices (VI) has become quite popular. Despite the fact that most authors studied vegetation indices in Crimea (Gorbunov, 2022; Telnova, 2017), most of the works do not reflect the nature of changes in vegetation indices for the Crimean region.

The main objective of the work is to analyze the time series data of the vegetation index NDVI, which is calculated based on data from the MODIS(MOD13Q1) satellite instrument (Didan K, 2015). The data series are 16-day composites with a spatial resolution of 250 m. The images are downloaded for the vegetation growing season (April-October) from 2000 to 2022. A point vector layer with 1 km spacing was created to extract vegetation index data values. The resulting series were filtered by satellite classification data including forests and steppe areas. As a result, 9 thousand point objects were used.

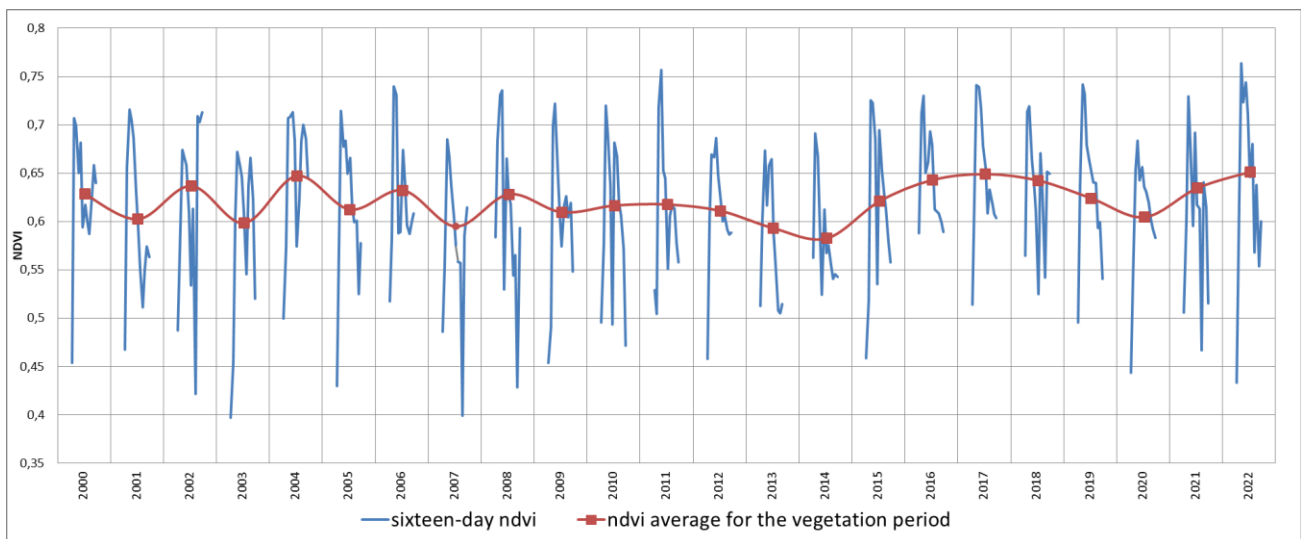


Figure 1 – NDVI dynamics from 2000 to 2022

The analysis showed the absence of a significant trend, which indicates an insignificant influence of climate change on vegetation dynamics. However, the influence of inter-annual and inter-decadal climate fluctuations is clearly visible, which opens up opportunities to identify patterns of connection of changes in vegetation cover with regional meteorological conditions and global climatic processes.

### References:

Telnova N.O. Identification and mapping of multi-year NDVI trends to assess the contribution of climate change to the dynamics of biological productivity of agroecosystems of forest-steppe and steppe zones of Northern Eurasia // *Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space*. – 2017. – Vol. 14, No. 6. – P. 97–107. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-6-97-107. – EDN YLXCMA.

Gorbunov R.V. Functioning and dynamics of regional geoecosystems under climate change (on the example of the Crimean Peninsula). – Moscow: Partnership of scientific publications KMK, 2022. – 191 p.

Didan K. et al. MODIS vegetation index user's guide (MOD13 series) // University of Arizona: Vegetation Index and Phenology Lab. – 2015. – Vol. 35. – P. 2–33.



**USE OF FRACTAL CHARACTERISTICS OF LEAVES OF DOWNY BIRCH (BETULA PUBESCENS) IN BIOINDICATION IN THE IMPACT ZONE OF THE METALLURGICAL PLANT**

*Kul`nev V.V.*

Central Black Earth Interregional Directorate of the Federal Service for Supervision of Natural Resources Management, Voronezh, Russia  
kulneff.vadim@yandex.ru

The functioning of metallurgical enterprises is inextricably linked with the mediated through emissions and discharges of a significant amount of pollutants into the atmospheric air, surface and ground waters and soil cover. Sampling, measurement of parameters of atmospheric air, soil and natural water conditions during ecomonitoring is carried out separately for each geosphere shell. This leads to scattered data, the interpretation of which does not allow a holistic assessment of the impact of objects of negative impact (Saltan, 2016, Antoninova, 2017, G. Izydorczyk, 2021, Nang-Htay Yin, 2016).

The present research presents an attempt to develop an integral assessment of the impact of metallurgical industry facilities through bioindication of the state of the components of the natural environment on the example of the zone of influence of the Novolipetsk Iron and Steel Works. The phenomenon of fractality of natural objects was used as a mathematical apparatus. In particular, the value of the fractal dimension of the leaf plate of the downy birch (*Betula pubescens*) (based on the photograph) was determined using special software.

Applied to the tasks of geocology, fractality reflects the measure of self-similarity of interacting environments (economic and natural), limiting the development of the ecosystem structure (Kulnev, 2020; Nasonov et al., 2019 a,b,c; Nasonov et al., 2018).

$$N(\delta) = \mu\delta^{1-D}, \quad (1)$$

where:  $N(\delta)$ - ecosystem structure (size),  $\mu\delta$  - scaling step,  $D$  - fractal measure of self-similarity of techno-natural processes.

To relate the fractality of an ecosystem to its viability, we introduce a continuous function of the fractal «temperature» of natural-technogenic processes on the interval  $D \in (1;2)$  as follows (Tsvetkov, 2011):

$$T_f = a \cdot \left( \frac{1}{(n-D)} - \frac{1}{n} \right), \quad (2)$$

where:  $D$  is the fractal index of the ecosystem,  $n$  is the dimensionality of the space in which the fractal object is embedded,  $a$  is the correction factor chosen individually (in our case  $n = 2$ ,  $a = 1$ ).

The obtained values of fractal dimensionality range from 1.0 to 1.7. During the research it was found that the value of fractal dimensionality increases as we get closer to the sources of anthropogenic impact. Equally, with distance from the objects of negative impact, the values of fractal dimension of leaf plate of downy birch decrease.

According to the ranking given in the article (Kulnev, 2020) in the impact zone of the Novolipetsk Metallurgical Plant, a stable dynamics of the ecosystem state is observed. This provides levelling of the negative impact in terms of pollution due to the processes of natural self-purification.

Determination of fractal characteristics of leaf plates of downy birch with the help of special software is the least resource-intensive, and at the same time, adequate and mathematically reliable way to assess the current state of environmental components of the zone of impact of the metallurgical plant. The use of the above method increases the efficiency of environmental monitoring.

## ASSESSMENT OF THE COMPLEX INDEX OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION IN NIZHNEKAMSK ACCORDING TO THE DATA OF AUTOMATIC MONITORING STATIONS

*Musina A.A., Shagidullin A.R., Nurmukhametova V.A., Gilyazova A.F.*

Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences of the Republic of  
Tatarstan, Kazan, Russia  
adelina221997.97.13@gmail.com

The aim of the work is to assess the dynamics of atmospheric air pollution in Nizhnekamsk with the main gas impurities according to the data of automatic pollution control stations (ASKZA) Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Tatarstan for the period 2016–2022. There are five ASKZAs in the city of Nizhnekamsk.

In accordance with the accepted approaches, the Atmospheric pollution index (IZA) or complex ISA (KIZA) is used to diagnose the level of atmospheric air pollution. IZA determines the level of air pollution and its effect on human health. The average annual concentrations of substances are used to calculate the IZA, which makes it possible to determine the effects of prolonged exposure to impurities. KIZA4 is a complex index of atmospheric pollution, taking into account four priority substances. The concentrations of nitrogen oxide (NO), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) and carbon oxide (CO) were used in this calculation. The highest IZA values for NO were observed in 2018 (value – 0,176), for NO<sub>2</sub> – in 2022 (value – 1,01), for SO<sub>2</sub> – in 2022 (value – 0,133) and for CO – in 2018 (value – 0,175). The deviation of the moving average was calculated from the obtained values of the KIZA4 for 2016–2022 and the range of the minimum and maximum values spread from it was established. The moving average method is one of the empirical methods for smoothing and forecasting time series. When smoothing by this method, the actual values of the dynamics series are replaced by the average values that characterize the midpoint of the sliding period. With the help of a moving average, it is possible to identify the nature of changes in the value of KIZA4 over time (Fig.1).

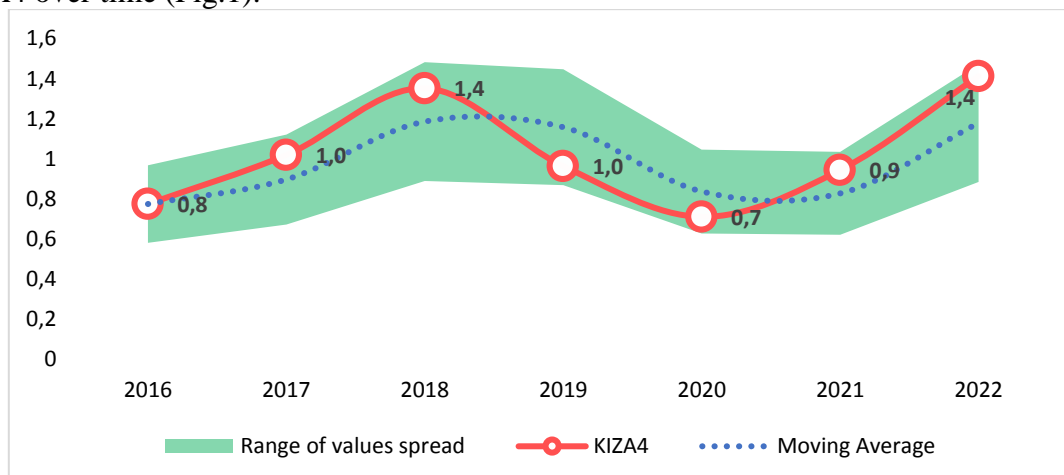


Figure 1 – Graph of the distribution of the values of KIZA4 in Nizhnekamsk for 2016–2022

The assessment of atmospheric air quality based on the degrees of pollution given in RD 52.04.667-2005 will be incorrect, because the list of analyzed substances is limited to only four impurities. Then, during the analyzed period, it is possible to assess the quality of atmospheric air according to the KIZA4 indicator, arranged in ascending order as follows:

2020 < 2016 < 2021 < 2017, 2019 < 2018, 2022.

### References:

RD 52.04.186-89 Guidelines for the control of atmospheric pollution.

RD 52.04.667-2005 Documents on the state of atmospheric pollution in cities to inform government agencies, the public and the population. General requirements for the development, construction, presentation and content.

**RECREATIONAL NATURE MANAGEMENT ANALYSIS ON CRIMEA  
PROTECTED AREAS**

*Nagina M.A.*

Lomonosov Moscow State University Branch in Sevastopol, Sevastopol, Russia  
emily\_day@mail.ru

The creation and functioning of protected areas is important for conservation of landscape, biodiversity, as well as objects located within their borders that have historical, cultural and other values. Depending on the uniqueness of the protected areas, a certain level of protection is assigned. Also, activity types are regulated, based on the functional territory zoning can be carried out. There is no approach of nature management, which would correctly combine both the typological classification and spatial coverage. It is necessary to completely exclude or minimize the damage caused to protected areas in accordance with the characteristics of the territory.

As for the territory of the Crimean peninsula, the region has more than 200 natural protected areas, which may indicate the presence of unique landscapes and biodiversity, which requires protection.

In the structure of the Crimea protected areas, protected areas of regional significance have been created. The degree of territory protection is determined in accordance with features of certain zone.

Recreational nature management on Crimea is developing, the tourist flow is getting bigger every year, and ecotourism is also developing. The protected areas have developed routes suitable for different ways of passing, which is attractive for various categories of tourists.

Recreational impact analysis on individual protected areas, the disturbing degree of soil and vegetation cover was assessed on the scale of recreational digression.

1-2 digression levels were identified in "Baydarsky", while 2-4 digression levels were identified in "Mys Aya". Five digression level was determined on Mount Asceti. Tourism impact assessment on the trails of the "Baydarsky" is significantly less than on the "Mys Aya", which is explained by the smaller number of tourists as well as motorcycles. On a large part of the trail on the "Mys Aya", motorcycle tracks are marked and created trackways. Seasonal tent camps in the "Mys Aya" are caused strong recreational impact. There are trail damage, the removal of a layer of needles, which leads to degradation of unprotected soil cover. Also human littering waste is noted in these places. Plant species near the trail are more resistant to mechanical influences growth.

The recreational impact on the trails which located in the considered natural protected areas "Baydarsky" and "Mys Aya" is estimated on average as weak, but it is higher in the most accessible places for tourists. "Mys Aya" is more susceptible to recreational impacts than "Baydarsky", since it has a more passable route on which spontaneous tent camps are seasonally located.

Thus, it can be concluded that recreational digression level increases with an increase in place attendance and activities tourists do.

**APPLICATION OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS IN BIOORGANIC WASTE MANAGEMENT TO REDUCE ODOR POLLUTION OF THE ENVIRONMENT**

*Romanovskaya K.S.*

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia  
romanovskaya-ks@rudn.ru

The process of decomposition of bioorganic waste is accompanied by the formation of, among other things, volatile organic compounds (VOCs), which have a strong, unpleasant odor. Today, the problem of the formation of VOCs emitted during the accumulation, storage of specific bioorganic waste, their disposal, namely the possibility of eliminating unpleasant odors remains poorly studied from both theoretical and practical points of view. In this regard, the development and testing, using biotesting, of new biological products that accelerate the biodegradation of organic waste generated as a result of economic activity and human activity, and reduce the negative impact on environmental components and human health caused by emissions of VOCs of various natures caused by the decomposition of organic components of waste and having unpleasant odors is becoming increasingly relevant and important.

The purpose of this work is to describe and analyze the quantitative and qualitative composition, as well as the dynamics of the formation of gases, including VOCs, released during the decomposition of individual fractions of bioorganic waste, to establish the mechanisms of biodegradation at different stages during aerobic oxidation and anaerobic decomposition of various waste components.

The presented study evaluates the effectiveness of the impact of the experimental biopreparation on the decomposition processes of individual fractions of bioorganic waste and on the composition of the generated VOCs. The use of biotesting methods using fluorescence in the study of the specifics of the impact of gaseous products of bioorganic waste decomposition on microorganisms is proposed.

As a result of the study, it was concluded that it is necessary to conduct further research in the areas of selection of microorganisms that break down odorant compounds and evaluation of their biotechnological potential, as well as development of the optimal technology of biopreparation introduction into the initial substrate based on organic waste.

The fields of application of the obtained results are quite wide and include the use of the results of qualitative and quantitative analysis of VOCs for further research on the possibilities of using biopreparation for processing of wastes of different storage period and different volume, improving the quality of biocompost obtained as a result of processing.

References:

Jayathilakan K, Sultana K, Radhakrishna K, Bawa AS. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review // *J. Food Sci. Technol.* – 2012. – No. 49(3). – P. 278-293. DOI: 10.1007/s13197-011-0290-7.

Qu Y., Shen E., Ma Q., Zhang Z., Liu Z., Shen W., Wang J., Li D., Li H., Zhou J. Biodegradation of indole by a newly isolated *Cupriavidus* sp. SHE // *Journal of environmental sciences (China)*. – 2015. – No. 34. – P. 126–132. DOI: 10.1016/j.jes.2015.01.023.

Smith CJ, Scott SM, Ryan BA. Cardiovascular effects of odors // *Toxicol Ind Health*. – 1999. – № 15(7). – 595–601. DOI: 10.1177/074823379901500701. PMID: 10677884.

## **IDENTIFICATION OF INTACT FOREST LANDSCAPES USING NEUROTECHNOLOGIES**

*Rubanova N.I.*

Branch of Institute of natural and technical systems, Sochi, Russia

lelj06@yandex.ru

Intact Forest Landscapes (IFL) are the areas within the zone of current forest extent which contains forest and naturally treeless ecosystems minimally influenced by human economic activity or without signs of significant human activity.

There are key criteria of IFL, which provide shelter for all species of animals of this ecosystem and maintain viable populations of large predators that are at the top of trophic chains and require the largest area to preserve elementary populations:

1. of at least 500 km<sup>2</sup> (50,000 ha),
2. a minimal width of 10 km (measured as the diameter of a circle that is entirely inscribed within the boundaries of the territory).
3. a minimal width of the corridor/appendage is 2 km.
4. no fragmentation of permanent infrastructure.

The purpose of this stage of the study is to set a task for the development of software based on neurotechnologies and artificial intelligence for the automated identification of the boundaries of intact forest Landscapes.

The essence of the current methodology is the consistent exclusion of territories developed and transformed by human economic activity from the common boundaries of the forest areas, using increasingly detailed and accurate data.

Based on the world and domestic experience of identifying the boundaries of IFL, we have identified a number of challenges of the methodology of processing initial data.

As for the international projects, the frequency of updating data was 3–4 years (based on the experience of the last decades), and the time of primary processing and preparation of data for use was 1,5–2 years. Thus, the publicly available information about the boundaries of the IFL is at best 5–6 years old. In addition, it should be borne in mind the problems with access to the final data of international research, which may appear in the conditions of information and technological isolation of our country.

Regional domestic developments are characterized by the following challenges:

- ✓ significant labor intensity, and, consequently, the cost of the process,
- ✓ the problems with financing, especially because of the withdrawal from Russia of a number of large international NGOs, who financed this activity, and even the recognition of some of them as foreign agents - Greenpeace, the World Wildlife Fund (WWF), etc.,
- ✓ a sufficiently high level of specialists is required, who have both knowledge in geography and ecology, and skills in processing information (images) by specialized software, since the interpretation of images is made by expert decryption of disrupted areas and individual influentions.

The way of solution of these challenges is, in our opinion, the disigne of software based on neurotechnologies and artificial intelligence using the analysis of open data of remote sensing of the Earth and publicly available GIS, as well as the characteristics of anthropogenic objects of the territory, to allocate and adjust the boundaries of the IFL with the necessary frequency, as well as to predict the spatial placement and area of the IFL taking into account the development plans of the territory.

## METHOD FOR CONTINUOUS OPERATION OF WIND POWER PLANT

Safonov V.A., Dyakov N.N., Dologlonyan A.V., Klimenko A.G., Zhilyaev S.A.,  
Belogudov A.A.

<sup>1</sup>Sevastopol branch of SOIN, Sevastopol, Russia

<sup>2</sup>Institute of the natural-technical systems, Sevastopol, Russia  
hydrogen18@mail.ru

Energy is built on the intake from the depths of energy carriers - coal, oil, uranium and other energy carriers, and the cost of energy to raise them to the surface is less than the energy content of them when sold on the surface. It is possible to raise other energy-containing materials from the depths, for example, air compressed by the atmosphere, which will take place as it expands on the surface.

The figure below shows the operation of the method at:  
air pressure -  $P^{2000}=127783$  Pa, to air temperature -  $T^{2000}=278$  K,  
density of the air -  $\rho_1=1,478$  kg/m<sup>3</sup>.

Air pressure above sea surface -  $P^0=101325$  Pa, to air temperature  $T^0=288,1$  K.

With a depth of immersion of air ducts with a diameter of 1 m, at 2000 m, the proposed installation will have a constant useful capacity of 70,3 kW (minus losses on the creation of velocity at the inlet, on friction in pipes and power compensation for heterogeneity of pressure in pipes) will increase energy generation by more than 8,8 times compared to USW -56-100 and will amount to 607 MWh per year with a decrease in rotor diameter by 17 times, will replace almost 9 VES USW -56-100, will significantly reduce the volume of space occupied by Wind power plant (WPP) and wind farm.

When lowering air ducts with a diameter of 1 m to 1000 m, the power of the proposed VES will be constantly 24 kW, and energy production will be:  $24 \times 24 \times 30 \times 12 = 207,36$  MWh and, compared to the average for VES USW -56-100 with a utilization factor of  $C = 0,45$  and an average annual wind speed of 5,44 m/s, power production will increase by  $207/82 = 2,53$  times.

With the diameter of the air ducts 1,9 m and their immersion by 200 m, the area on the pipe cut in front of the generator, due to the increase in speed to 71,45 m/s, can decrease by  $71,45/11,45 = 6,24$  times, the area in front of the turbine will be 0,463 m<sup>2</sup> and the diameter of the pressure duct, and the following rotor will be 0,77 m, which is less than the diameter of the HEU rotor USW -56-100 in 22 times. At the same time, energy production for the year will amount to 223,776 MWh per year, which will significantly reduce the amount of WPP and WES space consumed by more than 3,2 times the energy production of the USW-56-100.

When the air ducts are submerged to a depth of 20 m and the diameter of the pipes is 6.05 m at different pressures in the pipes, the useful electric power will be 65,17 kW. Power production will be 563 MWh per year.

This method of operation allows for a constant excess pressure at the outlet of the pressurized air supply duct and continuous operation of the WPP, provides a constant air speed on the turbine and its power.

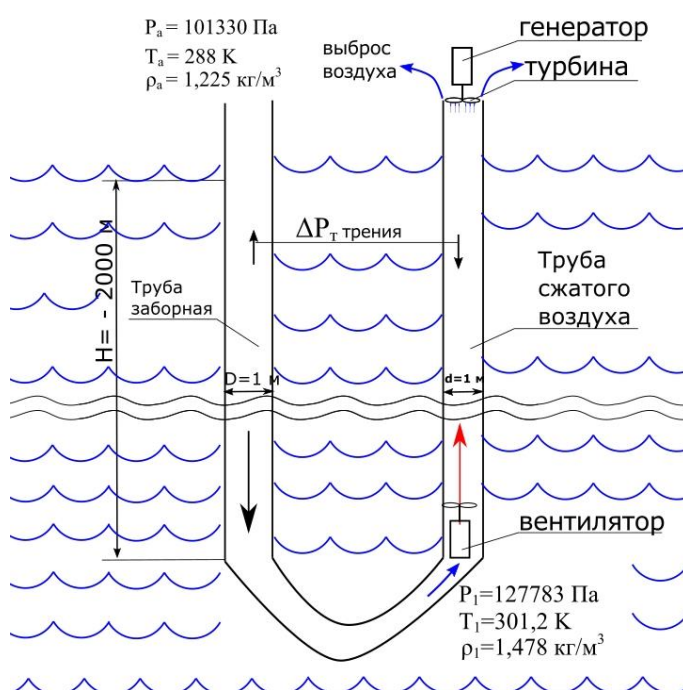


Figure 1

**PROTOTYPE OF A DIGITAL MONITORING MODEL  
ENVIRONMENT BASED ON THE ONTOLOGICAL APPROACH**

*Samoilov S.Yu.<sup>1</sup>, Evstigneev V.P.<sup>1,2</sup>, Egorkin A.A.<sup>1,2</sup>, Vakhoneev V.V.<sup>1</sup>, Minsky I.A.<sup>1</sup>*

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia  
Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

A review of existing ontological models of environmental monitoring (Wang, 2020; Masmoudi, 2018; Bonacin, 2016; Fazliev, 2017) was conducted to provide the required comprehensive observations of the state of the environment, taking into account its assessment and forecast, its pollution in the context of innovative and adaptive approaches at the component and system levels and what is happening in it natural phenomena, as well as in connection with the implementation of precision assessment methods in modern information technologies. The prototype of a universal digital model of air monitoring based on the ontological approach (OWL) and its encapsulation in specialized information and analytical systems through the appropriate Application Programming Interface (API) with the possibility of reuse was proposed based on the analysis obtained. The aim of the experiment is to achieve semantic modeling of the observation process in Sensor Web by integrating atmospheric air monitoring and an information and analytical alert system that determines the knowledge of the subject area and helps the decision-maker in managing geocological risks.

In the experiment, the ontology of the atmospheric air monitoring system is based on the W3C standard of the observation system (SOSA – SSN) <https://www.w3.org/TR/vocab-ssn/#Observations> (Semantic, 2017). Axiomatization of the taxonomy of meteorological parameters, chemical processes and procedures for the production of observations in the form of new classes (Result (precipitation, surface air temperature, wind, satellites), Observation time, Typical Time (W3C), Register of Objects of Negative Impact, Observed Property, Measuring System, Platform with measurement systems, Observation Point, Procedure observation production, as well as calculated classes: The year of calculation of the atmospheric pollution index, a sample of cases of exceeding the maximum permissible concentration, A sample of cases of exceeding the maximum permissible concentration for a substance of the first hazard class, constructed according to semantically expanded rules for displaying warnings about geocological risks, taking into account the integration of heterogeneous atmospheric air quality sensors, specify the knowledge of the subject area and answer the questions of the decision-maker on the development of recommendations to authorities and citizens about possible environmental degradation and climatic phenomena.

Based on the results of the study, the prototype of an atmospheric air monitoring ontology was proposed, which expands the possibilities of using new characteristics and makes it a universal digital ontological model of environmental monitoring based on the observation process in Sensor Web. The processes displayed in the form of new classes and their instances, properties and relationships in environmental monitoring can relate to different time and spatial scales and be presented at different levels of detail. Using OsaWL rules allows us to describe a sequence of logical reasoning that leads to the conclusion of new facts.

The prototype of a universal digital ontological model can be implemented in information and analytical systems based on the ontology of environmental monitoring with a "designer" of thematic widgets for the specialization of the system for the consumer in the form of a web application and a mobile website.

*The work was made within the program of the "Priority 2030" of Sevastopol State University (strategic project No.3).*

**DENSITY OF TRACHEIDS CELL WALLS SIBERIAN LARCH (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.). MEASURING METHOD AND DISTRIBUTION FEATURES**

*Silkin P.P.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
ppsilk@rambler.ru

The paper presents the main stages of the method for measuring the cell wall density of conifer tracheids. The method is based on calculating the density of cell walls using densitometric and anatomical data on the xylem of tree rings. The method is implemented in the form of a computer program SpektrMP, which makes it possible to calculate not only the cell wall density for tree-ring tracheids, but also to obtain a set of data for them, including the radial size of the cell and the thickness of its cell wall, the cross-sectional area of the cell and cell wall, the average cell density and its mass, which allows for a comprehensive analysis of the relationships between these parameters depending on endogenous and exogenous factors, which makes this approach a method of multiparametric analysis of the structure of tree rings with spatial resolution within the cell. Measurements of cell wall density were carried out for the growth rings of *Larix Sibirica* Ledeb., growing in the climatic conditions of the north of the Krasnoyarsk Territory. According to the data obtained, cell wall densities are related to their thickness and high-density values in the early wood zone decrease towards the late wood zone.

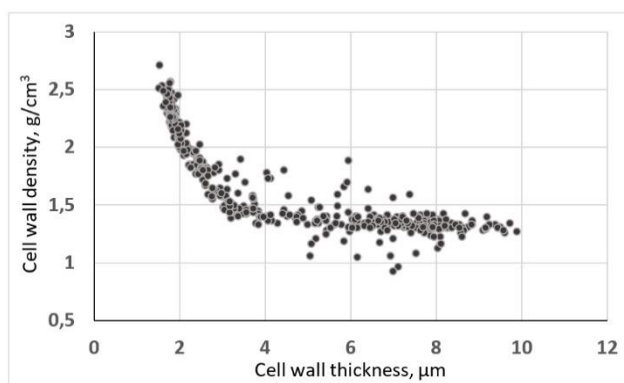


Figure 1 – Relationship between cell wall density and thickness in tree-rings of *Larix Sibirica* Ledeb. using one sample as an example

The work analyzes the key stages of the method, confirming the correctness of their work, and provides an explanation for the high densities of the cell walls of early wood based on the influence of the chemical composition of the cell walls on the results of X-ray densitometry. To restore the density profile of growth rings from anatomical data, it is necessary to take into account the relationship between the density of the cell wall and its thickness, because using the same cell wall density for all zones of the growth ring will lead to a discrepancy between the density data measured by X-ray densitometry and the density calculated from anatomical data.

References:

Silkin P.P. Methods for multiparametric analysis of the coniferous tree-rings structure. – Siberian Federal University, 2010. – 335 p. (in Russian)

Silkin P.P., Ekimova N.V. Relationship of strontium and calcium concentrations with the parameters of cell structure in Siberian spruce and fir tree-rings // *Dendrochronologia*. – 2012. – No. 30 (2). – P. 189–194.



**FEATURES OF THE STRUCTURE OF UNITY  
«SPACE IS TERRITORY»  
(using the example of Pacific Russia)**

*Skrylnik G.P.*

Pacific Institute of Geography FEB ORAS, Vladivostok, Russia  
skrylnik@tigdvo.ru

Changes in territorial geosystems (GS) occur in a spiral, occupying a higher and higher position in space along the way with a higher reserve of potential energy. Thus, the process of development of geosystems is constantly updated.

The author has traced that the development of the GE here proceeds in time (Beach, 2002) and space (Beach, 2002; Gorelik, 1983) simultaneously and continuously (unevenly and intermittently), along 2 paths - evolutionary and catastrophic (Skrylnik, 2019; Timofeev, 1974).

The identified structural and dynamic components of the GS in the general organization of the Space and Territory of Pacific Russia help to establish the features of their existing unity. Further detailing of the structure of this unity takes place when using special approaches during monitoring of the territory.

These approaches are:

a) the territory is accepted, on the one hand, as the visible spatio-temporal state of a visible object, and on the other, the external spatial expression of the internal primordial content of the soil-soil substrate and bedrock. Such unity acts as one general concept of an inextricable “space-territory”.

b) space and territory experience both a repulsive and attractive attraction. This “strengthens” their unity.

c) in the organization of space and territory in similar natural conditions, there is, albeit short-term, a reflection of convergence and (or) the acquisition of similar or coinciding features - space in individual areas acquires pronounced boundaries, and the territory acquires volumetric-spatial outlines. As a result, space and territory are mutually enriched and acquire features of general unity.

d) an integrated approach to revealing the internal essence of the unified formation of Space and Territory is based on a combination of the increasing total effect of these individual approaches.

Taking into account the above special approaches when studying the specifics of the development of Space and Territory leads to a deeper revelation of the spatiotemporal state of the GE. Their use assists in the development of optimal options for rational environmental management during natural monitoring in the territory of Pacific Russia.

References:

Beach A.M. The nature of time: Hypothesis about the origin and physical essence time. – M.: OOO Astrel, 2002. – 288 p.

Gorelik G.E. Dimension of space: Historical and methodological analysis. – M.: Moscow State University Publishing House, 1983. – 216 p.

Skrylnik G.P. Space-time in the development of geosystems and natural risks // Arctic and Antarctic. – 2019. – No. 1. – P. 1–14.

Timofeev D.A. Unevenness of relief formation in time and space // Problems of regional geomorphological analysis. – P.: Publishing House of the USSR State Defense, 1974. – P. 16–19.

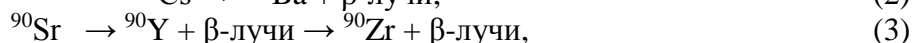
**THE MUSSELS *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM AS INDICATORS OF Ba, Xe, Zr AT VARIOUS DEPTHS OF THE SEVASTOPOL SEASHORE (BLACK SEA)**

*Smyrnova L.L.*

Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia  
inik48@inbox.ru

On April 26, 1986, a serious accident occurred at the Chernobyl nuclear power station (Kiev region). It caused successive emissions of radionuclides  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  into the troposphere, which affected the western coast and coastal waters of the Crimean Peninsula (Radioecol. response ..., 2008). To study the features distribution of radionuclides in coastal waters and bays of Sevastopol, scientific staff of the Institute of Biology of the South Seas carried out mussel control called "Mediterranean Mussel Watch" (Egorov et al., 2002). Seawater filtered by mussels contains varying concentrations of various chemical compounds. *M. galloprovincialis* accumulate them in soft tissues, and it make possible to assess the sea water pollution level. Studies have shown an increase in the concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in sea surface waters by 6–10 times and an increased content of  $^{90}\text{Sr}$  in the sea bottom sediments of the southwestern part of the Black Sea (Radioecol. response ..., 2008).

37 years after the Chernobyl accident, it is interesting to assess the level of stable decay products of radionuclides  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  (their half-life within 30 years) and  $^{131}\text{I}$ , which accumulated in the bottom layers and water column of the Sevastopol seashore. The decay of radioisotopes  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  to stable isotopes: xenon (Xe), barium (Ba) and zirconium (Zr), respectively, is given in formulas 1, 2, 3:



Xe, Ba, and Zr were determined in the soft tissues of mollusks *M. galloprovincialis* with a shell size of 50–52 mm. Animals were collected from rope collectors at a depth of 2–3 m and from the sea bottom below them on a mollusk farm located in the coastal area of Sevastopol (100 m from the shore, depth 15 m). Concentration of these elements was measured using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS).

The results of the analysis showed the presence of Ba and Zr in the soft tissues of mussels, the concentration of which was significantly higher in mussels selected from the bottom. The Ba content in the soft tissues of bottom mussels reached up to 8–15  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  dry tissue. Its concentration in the soft tissues of mussels from the water column was 10–12 times lower. Ba not only entered seawater during the decay of the  $^{137}\text{Cs}$  radionuclide, but is also its permanent component (Horne, 1972). The concentration of Zr in the soft tissues of bottom mussels reached up to 0,6–2,2  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  dry tissue, which was 6–10 times higher than its content in mussels from the water column. It should be noted that Xe, which is formed during the decay of  $^{131}\text{I}$ , was absent in the soft tissues of all mussels that were studied. The half-life of the radioisotope  $^{131}\text{I}$  is 8 days. Perhaps the final product of this decay, the stable isotope  $^{131}\text{Xe}$  (formula 1), was formed in the thickness of the sea waters of the Sevastopol seashore, where  $^{131}\text{I}$  fell. And Xe did not have time to settle to the bottom and was carried away by the sea current.

*The study was supported by state assignment of Institute of natural and technical systems (project reg. no. 121122300072-3).*

References:

Radioecological response of the Black Sea to the Chernobyl accident /edited by G.G. Polikarpov and V.N. Egorov. – Sevastopol SRC:"ECOSY-Hydrophysics", 2008. – 667 p. (in Rus.)

Egorov V.N. et al. The Sevastopol Bay radiochemoecological monitoring programm using the mollusc *Mytilus galloprovincialis* // Proc. CIESM Worckshop "Mediterranean Mussel Watch", 18–20 April 2002, Marseilles (France). – Marseilles, 2002. – P. 53–57.

Horne R.A. Marine Chemistry (The Structure of Water and the Chemistry of the Hydro-sphere). – Moscow: Mir, 1972. – 399 p. (in Rus.)

**DEGRADATION OF SOIL QUALITY IN MANDALAY REGION OF MYANMAR  
DUE TO OVERUSE OF PESTICIDES IN AGRICULTURE**

*Theint Theint Win*

Food Technology Centre, Naypyitaw Technological University, 05011, Naypyitaw, Myanmar  
mattheint@gmail.com

Watermelon (*Citrullus lanatus*) and several other types of melon (*Cucumis melo* var. *Cantalupensis*, *Cucumis melo* var. *Reticulatus*, *Cucumis melo* var. *Cucumis melo Inodorus* var, etc.,) producers complained about soil degradation due to cultivation of melons without judicious use of pesticides. Conducting a field survey on the use of pesticides and the prevalence of pesticide residues in soil in the melon cultivated area, the study investigates the actual reason for such land degradation. The survey was carried out on 150 farmers in 30 villages in Kyaukse, Myitthar and Tada U Township in Mandalay division of Myanmar. The survey captures information on pesticide-related awareness, attitudes and practices and identifies possible health and environmental risks. The usage, storage, and handling of pesticides by most of the respondents were found not safe and knowledge on the adverse effects of pesticides on health, crops, and the environment was found inadequate. The findings have indicated the potential risk of soil degradation. It appears that lack of cooperation among the Government, NGO, private sector stakeholders and farmers is the key weakness for improving agricultural practices adopted by farmers. Enhancing the awareness, changing the attitudes, and improving the practices of the farmers regarding the use of pesticides may be the key step toward addressing this issue.

On the other hand, the collected soil samples were analysed to determine the presence of pesticides residues that are accumulated in the soil due to overuse of pesticides during the cultivation period and even after stopping of pesticide spraying. after the cultivation period. The presence of pesticide residues was confirmed by the GC-MS analysis of soil samples. There were many residues from different pesticides were found in this study. Interestingly many pesticide residues that were detected from this study were not from the pesticides reported to be used in these fields. This may be because farmers use cost-effective, dangerous, unauthorized pesticides to get rapid action to control pests without considering that these pesticides have a higher deleterious effect on soil fertility and environment than the registered pesticides. The presence of antivirus residue in the soil after the cultivation period is also supportive of the fact that many cheap, unauthorized pesticides are used without even knowing its name or actual use. The literature also reports that due to the ever-increasing demand for food and other agricultural commodities due to rapid increase in world population, the framers tend to use more and more pesticides to meet the growing demand. If farmers across the world will not use pesticides, there will be a 78%, 54% and 32% increase in the crop losses due to pests in fruits, veggies and grains respectively. Even though pesticide use is inevitable, the pesticide residues in soil can cause unpredictable harmful effect on life forms and non-living things. Trace levels of pesticide residues present in the soil, water, air, and sometimes food might result in harmful effects on human and environmental health especially inducing potential hazard of land degradation. On the other hand, transformation products after contacting with soil provides complex metabolites, which may be more toxic or low toxic than the parent compound itself. Our study also confirms the claim that the soil is degraded even in the fields where watermelon and melons were cultivated for the first time. Such residues can accumulate more and more through several consecutive years of watermelon and melons cultivation and become the main reason for causing severe soil degradation.

**HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF THE NEW ATHOS SWAN POND  
AND FACTORS OF THEIR INFLUENCE ON THE DEVELOPMENT  
OF ELODEA ALGAE**

*Uglava A.A., Dbar R.S., Neshenko I.P., Zhiba R.Y.*

Institute of Ecology of the Academy of Sciences of Abkhazia, Sukhum, Abkhazia.  
uglava.aida123@mail.ru

The work is devoted to hydrochemical studies of the New Athos Swan Ponds, where the problem of elodea algae death has arisen.

For the measurements we used a portable field device WTW Multi 3630 equipped with temperature, depth sensors, as well as removable sensors IDS pH measurement cell, pH combined electrode SensoLyt 900-P, IDS Conductivity measurement cell TetraCon 925-P and IDS Oxygen measurement cell FDO 925-P.

Using the results of hydrochemical measurements of water collected at the Swan Lake of New Athos and samples taken from the Psyrtskha Riverbed, the ecological condition of the New Athos Swan Pond was assessed. It was found that the ponds experience anthropogenic load associated with the discharge of wastewater from hotel complexes into the Psyrtskha River. Sources of negative impact on the development of elodea algae were identified and measures to solve the problem of its death were proposed.

The main directions of water use are: fish farming and recreational use of the territory.

At the time of the study of the waters of the New Athos ponds, it was noticed that they have a general excessive oxygen content. Significant concentrations of oxygen in the ponds may be evidence of the use of algicides with active oxygen, entering the ponds with wastewater.

The solution to the problem of elodea death can be achieved by a complete prohibition of wastewater discharge from resorts, hotels and car washes into the Psyrtskha River. Probably, a part of wastewater is directed directly into ponds, which is manifested in the central basin, where the northern part of the pond with pronounced vegetation oppression.

It is expedient to harmonize the water exchange regime of the Novoafon ponds system and economic objects with the Psyrtskha River by determining the time schedule of water intake to the ponds from the river. It is promising to create a direct connection between the network of ponds and the New Athos waterfall with the help of a canal or a conduit. All this requires significant costs for construction of treatment facilities.

References:

- Gordon A., Ford R. The chemist's companion. – Moscow: Atomizdat, 1976. – 246 p.  
GOST 17.1.3.07-82, 2010: GOST 17.1.3.07-82. Nature protection, hydrosphere. Rules for quality control of water, reservoirs and watercourses. – M.: FSUE "Standardinform", 2010. – 3 p.  
Guseva T.V., Zaika E.A., Vinichenko V.N., Molchanova Ya.P. Hydrochemical indicators of the environment // Reference materials. – Moscow: SoES, 2000. – 75 p.  
Timokhina S.A. Family Hydrocharitaceae - Vodokrasovae // Flora of Siberia. – Novosibirsk: Nauka, 1988. – P. 118–119.  
Tulokhonov A.K. Encyclopedic reference book «Baikal: Nature and People». – Ulan-Ude: EKOS: Publishing house BNTs SB RAS, 2009. – 155 p.  
Tsvelev N.N. Family Vodkrasovy (Hydrocharitaceae). Life of plants: – M.: Prosveshchenie, 1982. – P. 17–24.

## **DIRECTIONS OF NEUTRALIZATION OF NITROGEN TETRAOXIDE**

*Yushuk R.V.<sup>1</sup>, Krasnobaeva D.Yu.<sup>2</sup>, Korobeynikova K.R.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Moscow state automobile and road technical University (MADI), Moscow, Russia

<sup>2</sup>Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia  
ura776@mail.ru, d.krasnobaeva1@yandex.ru

The fuel component – nitrogen tetraoxide (amyl,  $N_2O_4$ ) is widely used in the operation of rocket and space technology. To ensure environmental safety, the residues of this component are neutralized. Currently, there are the following methods of neutralization of amyl: combustion, chemical, sorption. Each of them is characterized by disadvantages. First of all, there is a need to use additional substances and the formation of emissions or production waste. Therefore, they are not fully environmentally friendly.

Analysis of neutralization methods shows that it is advisable to search for a method that will comply with the ever-tightening environmental requirements.

Under normal conditions, nitrogen tetraoxide is in equilibrium with nitrogen dioxide:



The composition of the mixture depends on temperature and pressure. With increasing temperature, the equilibrium shifts towards nitrogen dioxide.  $N_2O_4$  almost completely dissociates at 140°C. In this case, the task of neutralizing  $NO_2$  appears.

Neutralization of nitrogen dioxide is used in various industries, for example, with ammonia (Zhavoronkov, 1987). However, the use of ammonia is associated with the need to carry out additional measures to ensure technological and environmental safety and complicates the technological process.

A method of purification of nitrogen dioxide by its interaction with carbon-containing materials (coal, coke, graphite) is also used at temperatures of 500–1300 °C (Rodionov, 1989). Reducing in the temperature of the process is possible due to the use of highly dispersed carbon (Pyzhov, 2011). With an increase in the specific surface area of the coals used, their activity increases significantly and the decomposition of nitrogen dioxide intensifies.

Thus, it is possible to use active coals in the thermal method of cleaning gas emissions from nitrogen oxides. It is advisable to consider the possibility of neutralizing nitrogen dioxide in the temperature range 140...400°C. It is possible to reduce the temperature due to the use of evacuation, since the shift of the chemical equilibrium during the dissociation of amyl and the interaction of nitrogen dioxide with carbon with a decrease in pressure occurs towards a direct reaction.

### References:

Zhavoronkov N.M. et al. Azotchik's handbook. – M.: Chemistry, 1987. – 620 p.

Rodionov A.I., Klushin V.N., Torocheshnikov N.S. Environmental protection techniques. – M.: Chemistry, 1989. – 171 p.

Pyzhov A.M., Rekshinsky V.A. et al. A method for cleaning gas emissions from nitrogen oxides. Patent Ru No. 2495708. 2011.

**CHARACTERISTICS OF FLASK SAMPLING MEASUREMENTS AT THE DANUM VALLEY GLOBAL ATMOSPHERIC WATCH STATION**

*Zakaria N., Sammathuria M.K., Jamaluddin A.F.*

Malaysian Meteorological Department, Malaysia

*norazura@met.gov.my*

The Danum Valley Global Atmospheric Watch (GAW) is among the limited number of GAW stations within the tropical region. Greenhouse gases (GHGs) concentrations at the Danum Valley GAW station is monitored using both the continuous measurement approach and regular weekly flask sampling measurement. Flask sampling measurements has been carried out since 2011 and involves the GHGs, Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>), Methane (CH<sub>4</sub>), Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O), Sulphur Hexafluoride (SF<sub>6</sub>). The dataset analysed consists of measurements from 2011 to 2022. Measurements of CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O and SF<sub>6</sub> are consistent with global increment trends observed for measurements at the Mauna Loa Observatory, which is itself another global GAW Stations. Comparatively, the consistency of N<sub>2</sub>O and SF<sub>6</sub> is more significant compared to that of CO<sub>2</sub>, as sources of N<sub>2</sub>O and SF<sub>6</sub> are nearly and entirely anthropogenic respectively. While sources for CO<sub>2</sub> are a mixture of biogenic and anthropogenic. Although measurements of CH<sub>4</sub> demonstrates an increasing trend as observed at Mauna Loa Observatory, nevertheless observation at Danum Valley is widely spread at a range of 50 – 60 ppb. This spread in values is most probably due to local agriculture based anthropogenic activity. A significant correlation between N<sub>2</sub>O and SF<sub>6</sub> observed at Danum Valley, demonstrates a common source. Seasonal analysis of flask sampling datasets CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and SF<sub>6</sub> reveal an annual drop during the boreal summer monsoon and a corresponding increase during the boreal winter monsoon. This demonstrates the significant potential of transboundary influence upon global atmospheric GHGs concentrations over the northern Borneo region. This transboundary influence strongly correlates to the seasonal trade winds over the region.

References:

Nomura S., Mukai H., Terao Yu., Takagi K. Evaluation of forest CO<sub>2</sub> fluxes from sonde measurements in three different climatological areas including Borneo, Malaysia and Iriomote and Hokkaido, Japan // *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*. – 2018. – No. 70 (1). – 1426316.

Sammathuria M.K, Mohamad M. Seasonal analysis of atmospheric Greenhouse gas concentrations at the Danum Valley Global Atmospheric Watch Station, Asia-Pacific GAW // *Greenhouse Gases Newsletter*. – 2016. – Vol. 8.

Тезисы докладов  
Международной научно-практической конференции  
«Системы контроля окружающей среды – 2023»

Conference Abstracts  
International Scientific and Practical Conference  
"Environmental Control Systems – 2023"

На русском и английском языках

In Russian and English

Подписано к печати 31.10.2023.  
Заказ 164. Тираж 300 экз.

---

Отпечатано ИП Куликов А.С.  
299043 г. Севастополь, ул. Аксютина, д. 16, кв. 52  
Тел.: +7 978 832 21 89