

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Тверской государственный университет»

Институт экологии Академии наук Абхазии

Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук
Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Геофизический центр Российской академии наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Управление по охране окружающей среды и природным ресурсам
Республики Адыгея

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Майкопский государственный технологический университет»

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

МАТЕРИАЛЫ
IV Международной научно-практической конференции

Часть 2

Майкоп
15 – 18 мая 2017 г.

УДК [551+550.83+574]: 004: 061.3 (470.621)

ББК 20.1

П-75

Редакционная коллегия:

Куижева С.К. – канд. физ.-мат. наук, доцент

Овсянникова Т.А. – д-р филос. наук, профессор

Беданок М.К. – д-р экон. наук, профессор

Дёмина Т.И. - канд. физ.-мат. наук, доцент

Шевякова О.П. - канд. физ.-мат. наук, доцент

П-75 ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Часть 2. – Майкоп: Изд-во «ИП Кучеренко В.О.», 2017. – 254 с.
ISBN 978-5-906696-84-7
ISBN 978-5-906696-86-1 – Ч.2

В сборнике представлены материалы участников научно-практической конференции «Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий», организованной на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Майкопский государственный технологический университет» совместно с федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Тверской государственный университет», Институтом экологии Академии наук Абхазии и Каракалпакским научно-исследовательским институтом естественных наук Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан при поддержке ФГБУН Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, ФГБУН Геофизический центр Российской академии наук и ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» при участии Управления по охране окружающей среды и природным ресурсам Республики Адыгея, проведённой в г. Майкопе 15 – 18 мая 2017 г.

УДК [551+550.83+574]: 004: 061.3 (470.621)

ББК 20.1



© ФГБОУ ВО «МГТУ», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Косымбетова А.Б., Орынгалиева Н.Д., Ниетуллаева Р.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН	7
Кречик В.А., Капустина М.В. ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИИ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	11
Кудерина Т.М. , Грабенко Е.А., Медведев А.А. , Мавлюдов Б.Р. , Экба Я.А., Мархолия В.В. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НОВОАФОНСКОЙ ПЕЩЕРНОЙ СИСТЕМЫ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД.....	13
Кудрявцева Н.В., Тхайцухова Ф.Б. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛОРЕЧЕНСКОГО РАЙОНА.....	16
Курбатова И.Е. ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ – ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД	19
Лазебная М.А. ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА ДЛЯ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	30
Лебедев С.А., Костяной А.Г., Беданок М.К., Ахсалба А.К., Берзегова Р.Б. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ И УРОВНЯ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ У ПОБЕРЕЖЬЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ	35
Лёзина Н.Р. АЛГОРИТМ КРУПНОБЛОЧНОГО РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ	42
НА ОСНОВЕ МЕТОДА РАЗДЕЛЕНИЯ ОБЛАСТИ ДЛЯ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ МОРЯ.....	47
Мамбетуллаева С.М. СОВРЕМЕННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ.....	48
Марченков А.Ю. КОЛЕБАНИЯ ЗДАНИЯ И КОНТРОЛЬ ЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ	
Медведева В.Н., Нижниковская О.Ю. ФАКТОР ЭВТРОФИРОВАНИЯ ВОД ВИСЛИНСКОЙ ЛАГУНЫ КАК ЭЛЕМЕНТ КУПЗ РЕГИОНА.....	55
Навазова О.А., Михневич Г.С. ОБЗОР МЕТОДОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ОЧАГОВ СУБМАРИННОЙ РАЗГРУЗКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ.....	57
Нарымбетов Б.Ж. ПРИРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭКОНОМИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И УМЕНЬШЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	58

Начкебия Х.А., Ахсалба А.К. ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ КЛИМАТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И ВРЕДИТЕЛЕЙ РАСТЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ АБХАЗИЯ.....	61
Петкилёв П.С. ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПЛОТНОСТИ МЕЗОМАСШТАБНЫХ ВИХРЕВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ВБЛИЗИ ОСНОВНЫХ ФРОНТОВ ЮЖНОГО ОКЕАНА.....	68
Пигарева Е.Ю. СОБЫТИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....	70
Плисенко О.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ГЕОМОРФНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ЦИФРОВЫХ КАРТА.....	74
Плисенко О.А., Рева С.А. МОДУЛЬ АНАЛИЗА И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ.....	83
Плисенко О.А., Халилов М. МОДУЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЗАТОПЛЕНИЯ ПРИ ПАВОДКЕ.....	90
Потерухина И.В. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ СТОКОВЫХ ТЕЧЕНИЙ.....	94
Рафикова Ю.Ю., Шакун В.П., Потанский В.Г., Киселева С.В. ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ.....	95
Репина И.А., Аниферов А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НАД ЗАПРИПАЙНОЙ ПОЛЫНЬЕЙ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ ПО ДАННЫМ WRF-МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	102
Свергун Е.И. ЭЛЕМЕНТЫ МОНИТОРИНГА АЗОВСКОГО МОРЯ ПО СОВРЕМЕННЫМ СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ.....	111
Сергеева Н.А., Забаринская Л.П., Нисилевич М.В. ИНФОРМАЦИОННЫЕ БАЗЫ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ И МОДЕЛЕЙ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ АКТИВНЫХ И ПАССИВНЫХ ОКРАИН ЕВРАЗИИ.....	117
Серых И.В., Костяной А.Г., Экба Я.А. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЯВЛЕНИЙ В РЕГИОНЕ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ.....	125
Симанков В.С., Бучацкий П.Ю. МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВОВЛЕЧЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОБАЛАНС РЕГИОНА.....	136
Сиротюк Э.А., Гунина Г.Н. СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ ЛАНДЫША ЗАКАВКАЗСКОГО В ЛЕСАХ АДЫГЕИ.....	142
Скудннев В.Ю., Бузько В.Ю., Шамрай И.И., Мартыненко И.О. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ПОСРЕДСТВОМ УТИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ.....	148

Сычев В.И. ДИНАМИКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В 2015-2016 ГГ.	149
Тарасенко А.Б., Игнатъев С.Г., Киселева С.В., Тебуев В.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК СОВМЕСТНО С СОВРЕМЕННЫМИ ТИПАМИ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ: АКТУАЛЬНОСТЬ И ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ	163
Татаринов В.Н. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА	173
Татаринов В.Н., Морозов В.Н., Маневич А.И., Татаринова Т.А. НОВЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О ЦИКЛИЧНОСТИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ В ЗОНЕ КОНТАКТА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ..	182
Таумуратова Г.Н. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИАРАЛЬЯ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ	189
Тлеумуратова Б.С., Мамбетуллаева С.М. ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ С РОСТОМ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В ЮЖНОМ ПРИАРАЛЬЕ	193
Тороян Р.А., Тах И.П. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ: НА ПРИМЕРЕ РЕКИ БЕЛАЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА.....	195
Тороян Р.А., Тах И.П. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ БЕЛАЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА....	202
Туфиков Е.В., Бузько В.Ю. МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛМАЗНЫХ НАНОКРИСТАЛЛИТОВ И НАНОНИТЕЙ.....	210
Утемуратова Г.Н., Дусимбетов Б.О. ЭКОЛОГО-ПОПУЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ	212
Учайкин Е.О., Кудин Д.В., Бородин П.Б., Гвоздарев А.Ю., Кудрявцев Н.Г. К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ВАРИАЦИОННЫХ МАГНИТОМЕТРОВ НА БАЗЕ КВАРЦЕВЫХ ДАТЧИКОВ.....	215
Хастян Р.Р., Ахсалба А.К. ОСОБЕННОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ В АТМОСФЕРУ АБХАЗИИ.....	221
Хатко З.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В МОЛЕКУЛЕ СВЕКЛОВИЧНОГО ПЕКТИНА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ЕГО ОЧИСТКИ ИОНИТАМИ	228
Черепанцев А.С. МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАЗЛОМНОЙ СТРУКТУРЫ В МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ДИСЛОКАЦИЙ.....	230

Шамрай И.И., Каликинцева Д.А., Скуднев В.Ю., Бузько В.Ю. СВОЙСТВА НАНОРАЗМЕРНОГО NiFe ₂ O ₄	238
Шопин А.В. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОЙ ФВЭС НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО СИТУАЦИОННОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА	239
Экба Я.А., Дбар Р.С., Ахсалба А.К., Червяцова О.Я. ФОРМИРОВАНИЕ ФОНОВОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ КАРСТОВЫХ ПЕЩЕР (АБХАЗИЯ)	244

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН

А.Б. Косымбетова, Н.Д. Орынгалиева, Р.П. Ниетуллаева

bakhytn@aknuk.uz, info@aknuk.uz

*Нукусский филиал Ташкентского педиатрического медицинского институт
Республика Узбекистан, г. Нукус*

Водные ресурсы региона Южного Приаралья являются важнейшим фактором, определяющим устойчивость экосистем. Большинство экологических индикаторов, характеризующих состояние водных ресурсов, констатируют снижение его регулирующего потенциала. В силу своего географического положения устья и дельты рек одними из первых реагируют на меняющиеся воздействия в бассейне. Развитие орошаемого земледелия в бассейне Амударьи привело к снижению поступления воды к дельте в 4 раза по сравнению с естественным режимом. Сильно возросла минерализация, и ухудшилось качество питьевой воды [2, 3]. Снижение количества и качества поверхностных вод стало причиной истощения пресных линз подземных вод. Часть эксплуатируемых ранее месторождений подземных вод перестали удовлетворять требованиям питьевого водоснабжения населения Республики Каракалпакстан.

Целью настоящего исследования было выявление основных тенденций развития экологических проблем питьевого водоснабжения и его воздействие на состояние здоровья населения Каракалпакстана, провести анализ качества питьевых вод.

Основным источником информации послужили данные о загрязнении питьевых вод за период с 2000 по 2009 гг., предоставленные Государственным комитетом по охране природы Республики Каракалпакстан, дирекцией Межрегионального управления водовода «Туямуюн-Нукус» и Каракалпакским республиканским ЦГСЗН МЗ РУз.

Для установления показателей заболеваемости был применен метод медицинской статистики, основанный на материалах по обращаемости. Были использованы отчетные данные Организационно-методического отдела Минздрава Республики Каракалпакстан и Министерства экономики Республики Каракалпакстан. Показатели рассчитывали на 10 тыс. населения.

Анализ состояния окружающей среды в регионе Приаралья показывает, что основные тенденции экологической дестабилизации продолжают нарастать, увеличивается угроза здоровью человека. Особо важное значение приобретает разработка критериев оценки состояния здоровья населения с целью проведения научно-обоснованных комплексных мероприятий по снижению общей заболеваемости, особенно, в условиях экологического неблагополучия в зоне Южного Приаралья.

В настоящее время население региона Приаралья пользуется питьевой водой из следующих источников: водопроводной воды, подаваемой по водоводу Туямуюн-Нукус-Кунград-Тахтакупыр, а также забираемой из

оросительной сети, открытых водоемов, колодцев, опреснительных установок и забираемых подземных скважин. Жаркий, резко-континентальный климат Южного Приаралья ухудшает жизненные условия населения, формирует почву для комплекса болезней, связанных с водным фактором, т.к. в жарком климате водопотребление возрастает в 8-10 раз.

В различных районах Республики Каракалпакстан (Муйнакском, Кунградском, Тахтакупырском, Канлыкульском, Нукусском, Ходжейлинском) проводилась комплексная оценка различных категории питьевой воды (водопроводной, колодезной, открытых водоемов) по важнейшим физико-химическим компонентам: минерализация воды (по сухому остатку), жесткость (Ca+Mg), содержание хлоридов и сульфатов, рН, наличие органического вещества (по БПК5 и перманганатной окисляемости), биогенных элементов, макро и микроэлементов. Минерализация питьевой воды в исследуемых районах, согласно многочисленным данным, резко повышена [1-3]. Согласно требованиям к составу и свойствам воды, содержание взвешенных веществ в результате спуска сточных вод не должно увеличиваться более чем на 0,25 и 0,75 мг/л. В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды мутность не должна превышать 1,5 мг/л. В исследуемой питьевой воде районов мутность составляет 5-29 мг/л. Даже простое увеличение поваренной соли в питьевой воде отрицательно оказывается на состоянии здоровья организма. В экспериментальных исследованиях на животных установлено, что замена воды на 25% раствор соли во время беременности или лактации тормозит развитие и изменяет обменные процессы у потомства [4-6].

В условиях интенсивного антропогенного воздействия разнообразия состава сточных вод, сбрасываемых в водоемы и водотоки, затруднительно получение полной и надежной информации об уровне загрязненности всеми вредными веществами. Качество природных вод, т.е. степень их пригодности для практического использования, определяется составом и количеством растворенных и взвешенных веществ, микроорганизмов и гидробионтов. Соответственно оценка качества природных вод может производиться по химическим, физическим, бактериологическим и биологическим показателям. Проблема химического загрязнения воды также является наиболее сложной, поскольку удаление растворенных в воде химических веществ в экономическом и техническом отношении представляется наиболее трудоемким и сложным процессом. Оно включает общие требования к качеству воды, состоящие из несколько показателей физического состояния, химического и бактериологического состава (температура, взвешенные вещества, минерализация, водородный показатель, растворенный кислород, БПК, хлориды, сульфаты, возбудители заболеваний и т.д.) и списков предельно допустимых концентрации (ПДК) для вредных химических веществ. В водопроводах, снабжающих водой из поверхностных источников, случаи отклонений качества воды в отдельные годы достигал 38% по химическим показателям и 43% по бактериологическим. Более 90%

сельского населения Республики Каракалпакстан в весенне-летний период используют воду ирригационной сети, а зимой - воду из колодцев.

Современное состояние связано со значительным потреблением подземных вод, как для водоснабжения, так и для орошения. Изменения гидрогеологической обстановки часто вызывают преобразованные экосистемы и создают особую антропогенную динамичность окружающей природной среды и здоровья населения.

Анализы показали, что для последних лет характерно резкое повышение минерализации подземных питьевых вод. Минерализация в подземных питьевых водах Республики Каракалпакстан составляла от 0,8 до 14,7 г/л. Особенно опасно присутствие солей Ca^{2+} , и избыток Mg. В подземных питьевых водах отмечено присутствие остатков удобрений: нитратов до 4,25, аммонийного иона до 1,20, фосфат иона до 0,7 мг/л.

Сельские водопроводы, как правило, небольшой производительности, часто находятся в аварийном состоянии, работают нерегулярно и подают воду низкого качества. Доля проб воды, не отвечающей гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, по водопроводам с подземными источниками составляет - 7,0%, с водозабором из открытых водоемов - 4,6%, по санитарно-химическим показателям - соответственно 15 % и 27,7%.

В исследуемых пробах питьевых вод обнаруживаются также и сульфаты. Их присутствие объясняется процессами химического выветривания и растворения серосодержащих минералов, в основном гипса, а также окисления сульфидов и серы. В пробах водопроводной воды содержание сульфат иона (сульфатов) составляет 575-900 мг/л, колодезной 725-1550 мг/л, воды каналов 550-875 мг/л, то есть этот показатель превышает ПДК в 8-10 раз. Кроме сульфатов в водных пробах присутствуют и сульфиды. Их концентрация в водопроводной воде составляет 0,001-0,018 мг/л, в колодезной 0,001-0,019 мг/л, в воде каналов 0,001-0,017 мг/л.

Общеизвестно, что наличие в питьевой воде сульфидов недопустимо. Их присутствие в питьевой воде связано с процессами, протекающими при бактериальном разложении и биохимическом окислении органических веществ, и свидетельствует о бактериальном загрязнении питьевой воды, употребляемой населением.

Комплексный экологический подход к анализу закономерностей, описывающих зависимости между экологическими условиями среды и состоянием здоровья населения, требует количественной оценки не только тех изменений, которые имеют место в организме человека, но и количественной оценки информации о состоянии окружающей среды обитания. В ходе исследования установлено, что изменение химического состава питьевой воды непосредственно повлияло на здоровье населения и вызвало такие патологии, как кариес, флюороз, анемия, заболевания органов пищеварения, нарушение обмена веществ, болезни крови и кроветворных органов, мочекаменная болезнь. Широкое проведение санитарно-

оздоровительных и противоэпидемических мероприятий способствовало профилактике эпидемий, связанных с употреблением недоброкачественной воды. Тем не менее, инфекционные заболевания, передающиеся через воду, полностью не удалось ликвидировать до сих пор. Большое значение имеют вещества, находящиеся в питьевых водах в малых концентрациях, но играющие важную роль во многих физиологических процессах. По результатам проведенных исследований специалистов, концентрация Со в колодезной воде Муйнакского района превышает ПДК в 2 раза, Кунградского - в 1,6 раза и Берунийского района - в 4 раза. Содержание Fe во всех отобранных пробах было ниже уровня ПДК. Дефицит Fe в организме детей может приводить к усиленной абсорбции Со в пищеварительном тракте. Содержание Mn в Муйнакском и Кунградском районах также было ниже ПДК почти в 2-5 раза. Превышение ПДК обнаружено в колодезной воде Тахтакупырского и Берунийского районов. Недостаточное поступление в организм человека Mn может приводить к нарушению углеводного обмена, повышению судорожной готовности, дерматитам.

Доброкачественное питьевое водоснабжения должно выдвигаться на первый план в системе мероприятий, направленных на улучшение условий жизни и состояние здоровья населения региона Приаралья. Качество питьевых вод определяет нарастание прямого и косвенного влияния водного фактора на состояние здоровья населения.

Список литературы

1. Абдиров Ч. А., Константинова Л. Г., Курбанбаев Е. К. - Качество поверхностных вод низовьев Амударьи в условиях антропогенного преобразования пресноводного стока. // Ташкент, 1996, 112 с.
2. Атаниязова О.А., Константинова Л.Г., Матсапаева И.В., Атаназаров К.М. - Химический состав питьевых вод Республики Каракалпакстан // Вестник ККО АН РУз., 1998, № 7, с.10-15
3. Атаниязова О.А., Ещанов Т.Б., Константинова Л.Г., Курбанов А.Б. - Аральский кризис и медикосоциальные проблемы в Каракалпакстане. // Ташкент: ФАН, 2001, 116 с.
4. Раззаков Р.М. - Арал и Приаралье: проблемы и решения. // Ташкент, 1992, 210 с.
5. Реймов Р.Р., Константинова Л.Г. - Экологическая характеристика Приаралья и пространственная дифференциация его территории как зоны экологического бедствия. // Вестник ККО АН РУз., 1992, №2, с.14-19
6. Шодиметов Ю.Ш. - Региональные проблемы социальной экологии. // Ташкент, Узбекистан, 1992, 111с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИИ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

^{1,2}В.А. Кречик, ^{1,2}М.В. Капустина

¹ *Атлантическое отделение Института океанологии
им. П.П. Ширшова РАН, Россия, г. Калининград*

² *Балтийский федеральный университет им. И.Канта,
Россия, г. Калининград*

Хорошо известно, что гидрологические условия являются важнейшими абиотическими показателями функционирования морских экосистем. Акватория Балтийского моря, с одной стороны, достаточно хорошо изучена. С другой, внимание обобщающих работ по Балтике (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992; Atlas..., 1994) сосредоточено на ее открытой части. Целью данной работы является описание внутригодовой изменчивости термической и соленостной структур мелководных морских акваторий Балтийского моря у берегов Калининградской области на основе массива STD-измерений.

Внешняя граница береговой зоны у побережья Калининградской области проходит по изобате 30 м (Леонтьев, 2001; Бабаков, 2003). Измерения с 2003 по 2015 гг проводились с использованием современных STD-зондов STD90M, Idronaut 316, STD-2a и YSI 600XLM. Всего были получены и обработаны данные с 1278 гидрологических станций.

Анализ изменчивости вод исследуемого района осуществлялся на основе осредненных профилей вертикальных распределений основных гидрологических параметров. Переход от сезонных выборок натуральных данных к осредненным сезонным профилям был выполнен посредством метода послойной медианной фильтрации (Белкин, 1991).

Наибольший интерес с позиции сезонной изменчивости термохалинной структуры прибрежных вод представляют весенний и осенний периоды, когда происходит активная перестройка водной толщи исследуемого района.

В весенний период изменение вертикальной термической и соленостной структур характеризуется следующими особенностями: с апреля по июнь происходит повышение температуры всей толщи воды – от 6,5 (в апреле) до 15°C (июнь) на поверхности и от 2,5 (в апреле) до 7,5°C (июнь) в придонном слое. В апреле термоклин находится на глубине около 2 м, к июню заглубляется до 15 м. Соленость демонстрирует общее повышение с глубиной, значения солености на поверхности следующие: 6,25 psu – в апреле, 6,8 psu – в мае, 6,55 psu – в июне. Характер измерения солености в придонном слое: 7,15 psu – в апреле, 7,3 psu – в мае, 7,6 psu – в июне. Понижение солености в поверхностном слое в июне связано с увеличением количества осадков.

В октябре температура воды по всей толще меняется незначительно: на глубине около 2 м образуется термоклин из-за суточного прогрева – градиент составляет 0,1°C/метр. В ноябре температура в поверхностном слое

достигает примерно 9°C, на глубинах около 5 и 12 метров расположены скачки температуры, возрастающей на 0,25°C, на глубинах от 12 метров до дна располагается перемешанный слой с температурой около 10 градусов (рисунок 2 б).

Анализ массивов экспериментальных данных показал, что сезонный ход изменчивости прибрежных вод, в целом, соответствует известным климатическим описаниям (World Ocean Atlas 2014; State and Evolution..., 2008). Однако, полученные профили распределений основных гидрологических характеристик показали пониженные (на 1-3 °C) значения температуры и более высокую соленость в верхней их части (до 15 м) в весенний период. Описываемое в атласе снижение значений солености в осенний период на 0,4-0,5 psu от поверхности до глубин 20-25 м не было подтверждено натурными наблюдениями.

Продланное исследование показало, что вертикальная термохалинная структура Балтийского мелководья у берегов Калининградской области имеет два главных временных масштаба изменчивости: медленный сезонный ход и кратковременные (до 2-3 суток) эпизодические изменения, связанные с прохождением штормов, интенсивность и количество которых в последние годы растет.

Список литературы

1. Бабаков А. Н. Пространственно-временная структура течений и миграций наносов в береговой зоне юго-восточной Балтики (Самбийский п-ов и Куршская коса): дис. ... канд. геогр. наук. - Калининград: Изд-во КГУ, 2003. - 273 с.
2. Белкин И.М. Морфолого-статистический анализ стратификации океана.- Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 130 с.
3. Леонтьев И.О. Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов. - М.:ГЕОС,2001. - 272 с.
4. Atlas morza Bałtyckiego: opracowanie zespołowe / Pod redakcją A. Majewskiego i Zbygniewa Lauera. Instytut meteorologii i gospodarki wodnej. Warszawa, 1994. - 214 p.
5. State and Evolution of the Baltic Sea, 1952 – 2005. A Detailed 50-Year Survey of Meteorology and Climate, Chemistry, Biology, and Marine Environment / ed. by R. Feistel, G. Nausch, N. Wasmund. – 2008. [Электронный ресурс] // Leibniz Institute for Baltic Sea Research Warnemünde [Официальный сайт]. URL: <http://www.io-warnemuende.de/baltic2008/index.html> (дата обращения 25.02.2016).
6. World Ocean Atlas 2014 Product Documentation // National oceanographic data center of National Oceanic and Atmospheric Administration. URL: <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/indprod.html>. (дата обращения 27.03.2016).

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НОВОАФОНСКОЙ ПЕЩЕРНОЙ СИСТЕМЫ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

¹Т.М. Кудерина, Е.А. ²Грабенко, А.А. ¹Медведев,

¹Б.Р. Мавлюдов, ³Я.А. Экба, ⁴В.В. Мархолия

tmkud@yandex.ru

¹ *Институт географии РАН, Россия, г. Москва,*

² *Майкопский государственный технологический университет,
Россия, г. Майкоп,*

³ *Институт экологии Академия наук Абхазии, Республика Абхазия, г. Сухум,*

⁴ *Новоафонский пещерный комплекс, Республика Абхазия, п.Новый Афон*

Новоафонская пещерная система (НАПС) в Абхазии является крупнейшей оборудованной для посещения пещерой Западного Кавказа [1]. Для обеспечения экологической безопасности проводится спорадический мониторинг как подземного микроклимата, так и гидрохимических параметров пещерных вод [2]. Воды НАПС формируются за счет подземных карстовых потоков, разломных вод, инфильтрационных грунтовых вод и атмосферных осадков. В летнее время все перечисленные воды могут взаимодействовать внутри пещерной системы, где образуется своя водная система с каплей и конденсатом [3]. В зимний период при отсутствии атмосферных осадков основную роль играют карстовые подземные потоки.

Цель геохимических исследований – гидрогеохимическая дифференциация природных вод Новоафонской пещерной системы в зимнюю межень с использованием ландшафтно-геохимического подхода [4]. Основными компонентами геохимической системы Новоафонской пещеры являются озерные воды, воды гуров, колодцы в кровле пещеры, речные воды омывающих пещеру рек Маниаквара и Псырцха. Первичная территория исследования Новоафонской пещерной системы была оконтурена с использованием беспилотного летательного аппарата с выявлением орографических каналов стока. В момент исследования зимой 2017 года капель в пещере практически отсутствовала. В полевых условиях портативным кондуктометром «Hanna-HI 98129» велось измерение температуры воды, рН и минерализации (г/л). В лаборатории отдела минералогии, изотопной геохимии и геоэкологии ЦНИГРИ методом плазменной масс-спектрометрии (IPC-MS на приборе ELAN-6100) проведен элементный анализ природных вод НАПС.

Результаты первичных гидрохимических показателей в компонентах НАПС, полученные в начале марта 2017 года, приведены в таблице 1. В период наблюдений атмосферные осадки были незначительны.

Воды пещеры в исследуемый период отличались слабощелочной-щелочной реакцией среды. Минерализация воды в озерах составляла 0,12-0,15 г/л, в крупных гурах повышалась до 0,21 г/л. Колодцы в кровле Новоафонской пещерной системы характеризовались слабощелочной величиной рН, а минерализация повышалась до 0,36 г/л. Источник около Церкви расположен гипсометрически выше над НАПС на высоте 292 м над

уровнем моря. Его воды менее минерализованы, но более щелочные, чем воды колодцев Сушки. Долины рек Маниаквара и Псырцхи достаточно обводнены в этот период за счет осадков в среднегорье. В этот период речные мало минерализованы и характеризуются щелочной реакцией среды. Температура вод НАПС показывает, что компоненты надземной и подземной части слабо связаны.

Таблица 1. Показатели рН, минерализации и температуры воды в Новоафонской пещерной системе

место отбора проб	компонент	рН	г/л	Т°С
зал Анакопия	озеро	8,31	0,14	12,5
Белая гора	гур	8,38	0,2	13,2
зал Махаджиров	озеро	8,44	0,14	12,6
зал Нартаа	озеро	8,35	0,12	12
зал Апсны	гур	8,26	0,21	13,6
кровля НАПС, Сушка	колодец-коптаж	7,45	0,35	13,9
кровля НАПС, Сушка	монастырский колодец	7,22	0,36	14,2
Церковь выше НАПС	источник	7,75	0,22	13,7
р.Маниаквара	река	8,73	0,18	9,2
р.Псырцха	река	8,1	0,16	6

В это же время в 2016 году при наличии обильных атмосферных осадков (рН=5,1) воды НАПС и омывающих ее рек характеризовались нейтральной-слабощелочной реакцией среды. Минерализация в пещерных озерах (0,11-0,12 г/л) и речных водах (0,15 г/) оставалась стабильной.

Таким образом, в зимний период рН воды НАПС колеблется в слабощелочном диапазоне и зависит от поступления атмосферных осадков и инфильтрационных вод. Минерализация вод пещерных озер изменяется незначительно.

Определение содержания химических элементов показали, что основная масса элементов не превышает предельно допустимых концентраций в природных водах Новоафонской пещерной системы. Исключения составляют барий в колодцах в кровле НАПС (2,7 ПДК) и р.Маниаквара (1,2 ПДК), селен (1,8-2,9 ПДК), железо (4-16 ПДК), никель (1,4 ПДК), титан в колодце на Сушке НАПС (1,6 ПДК).

Расчет коэффициентов концентрации химических элементов в природных водах Новоафонской пещерной системы относительно среднего содержания в речных водах представлены в Таблице 2. Интенсивность накопления элементов может указывать на проблемные участки, а также помочь в выборе элементов – индикаторов основных процессов в НАПС.

Результаты расчета интенсивности накопления элементов в Новоафонской пещерной системе показывают, что во всех водных компонентах слабая интенсивность накопления характерна для Са, Ga, As и Вг. Очень высокие концентрации селена (n=300-500) наблюдаются также во всех опробованных водах. Остальные элементы заметно дифференцированы по водным компонентам. Высокие концентрации железа наблюдаются как в пещерных водах, особенно в гурах около натечных образований, так и в

карстовом источнике у церкви. В русле Маниаквары в большом количестве окислы железа выпадают в виде крупных окатанных стяжений. Похожее распределение по системе наблюдается и для самария. Высокие концентрации германия позволяют выявить площади воздействия –пещерные воды и воды кровли также попадают в Маниаквару. Титан и никель, вероятно, относятся к литогенным элементам.

Таблица 2. Коэффициенты концентрации химических элементов в водных компонентах Новоафонской пещерной системы

место отбора проб	компонент	Интенсивность накопления, n			
		Слабая n <10	Средняя 10-50	Высокая 50-100	Очень высокая n >100
зал Анакопия	озеро	Al,Be,Ba,Cr,Co,Hg,Y,Sm,U	Ge,Ti,Fe,		Ni,
зал Махаджиров	озеро	Al,Be,Sr,Ba,Sn,Ti,V,Cr,Co,W,Hg,Y,Sm,U	Ge,Fe,		Ni,
зал Нартаа	озеро	Be,Sn,V,Cr,Co,W,U	Ge,Ti,Fe,		Ni,
зал Апсны	гур	Be,Sn,Sb,V,Cr,Co,W,Hg,Sm,U	Ge,Ti,	Fe	Ni,
кровля НАПС, Сушка	колодец-коптаж	Li,Mg,Rb,Sr,Sn,Sb,Ti,V,Zn,W,Hg,U	Ba,Ge,Cr,Co,		Fe,Ni,
кровля НАПС, Сушка	монастырский колодец	Li,Be,Mg,Ba,Sn,Sb,V,Hg,U	Sr,Ge,Cr,Co,	Ti,	Fe,Ni,
Церковь выше НАПС	источник	B,Be,Na,Sr,Ba,Ge,Sn,Sb,V,Cr,Co,Hg,U	Ti,Sm,	Fe,	Ni,
р.Маниаквара	река	Be,Sr,Ba,Sb,V,Cr,Co,W,Sm,U	Ge,Ti,Fe,		Ni,
р.Псырцха	река	B,Be,Na,Sr,Cs,Ge,I,V,Y,U	Ti,Fe		

Таким образом, при использовании ландшафтно-геохимического подхода дифференциация химических элементов в природных водах Новоафонской пещерной системы в зимнюю межень зависит от поступления атмосферных осадков и инфильтрационных вод. Карстовые подземные воды обладают некоторым постоянством химического состава. Однако некоторые химические элементы могут служить индикаторами при выявлении подземных миграционных потоков. Так в зимний период воды кровли и озер пещеры больше связаны с долиной Маниаквары. Определение источников поступления и путей миграции внутренних вод НАПС требует детальной ландшафтно-геохимической съемки сопредельной территории.

Исследования проводились при поддержке проекта РФФИ 17-55-40003.

Список литературы

1. Гинтилозов З. Новоафонская пещерная система. - Изд. «Мецниереба», Тбилиси. 1983. 149 с.
2. Экба Я.А., Дбар Р.С., Ахсалба А.К., Кудерина Т.М. Гидрология и гидрохимия карстовых подземных вод Новоафонской пещеры. - В сборнике материалов V НПК "Карст и пещеры Кавказа" .Сочи, 2014. С. 9-18.

3. Кудерина Т.М., Мавлюдов Б.Р., Грабенко Е.А. Гидрогеохимия пещер Западного Кавказа. - Материалы VI Междунар. науч. конф. «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах». Белгород: Изд-во «ПОЛИТЕРРА», 2015. С.244-248

4. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа. 1975.342 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛОРЕЧЕНСКОГО РАЙОНА

Н.В. Кудрявцева, Ф.Б. Тхайцухова

thait2012@yandex.ru

МБОУ «СОШ № 11», Россия, г. Майкоп

Эколого-гидрографическая характеристика Белореченского района имеет свои особенности и непосредственно связана с рельефом территории. Город Белореченск расположен на равнинной территории Краснодарского края, на реке Белой, которая в свою очередь является одной из главной водных артерий Республики Адыгея. Территория Белореченского района расположена на слабоволнистой равнине.

Гидрографическая сеть района представлена левыми притоками реки Кубань - Белая и Пшиш и их притоками разных порядков. Реки характеризуются паводковым режимом, питанием преимущественно за счёт атмосферных осадков и подземных вод, неустойчивым ледоставом в зимнее время.

Река Белая - приток Кубани, характеризующийся наибольшей водностью, протекает в западной части района, принимая на его территории левые притоки, наиболее крупный из которых - р. Пшеха. По типу руслового процесса р. Белая относится к реке с русловой многорукавностью с элементами пойменной. Водный режим характеризуется весенне-летним половодьем и осенне-зимней меженью, на которые накладываются дождевые паводки, проходящие в любое время года. Из-за частых дождевых паводков гидрография реки Белой имеет гребенчатый вид [1].

Реки Белая и Пшиш в пределах района характеризуются неустойчивостью русла, многорукавностью. Скорость течения этих рек составляет 1,0-1,5 м/с. Искусственные гидротехнические сооружения представлены Белореченским и Ганжинским водохранилищами, прудами и системой водоотводных каналов в пойме реки Пшиш. Водоснабжение Белореченского района осуществляется за счет эксплуатации подземных вод - средне-верхнеплиоценового понтического, мэотического и верхнесарматского водоносных комплексов.

Несомненно, большое влияние на водные ресурсы Белореченского района оказывает, предприятие ОАО «ЕвроХим-БМУ» (Белореченский химзавод) расположенный в 10 км от города в бассейнах притоков р. Белой и малых рек Ганжи - 1-я и Ганжи - 2-я. Химзавод располагается в юго-восточной части района на высоте около 200 м над уровнем моря и занимает территорию площадью 544 га.

В бассейнах рек Ганжи- 1 и Ганжи - 2 построены отстойники химзавода.

В 1977 году завод начал выпускать минеральные удобрения и стал одним из крупных производителей фосфорных и комплексных удобрений на юге России. С 2002 года химзавод вошел в состав минерально-химической компании «ЕвроХим-БМУ».

В настоящее время химзавод производит серную кислоту, экстракционную фосфорную кислоту, сложные минеральные удобрения: аммофос, жидкие комплексные удобрения, кормовые обесфторенные фосфаты, при производстве которых в воздух выделяются пары соляной и серной кислот, сернистый ангидрид, пыль серы элементной, сероводород, диоксид азота, аммиак, оксиды углерода, аэрозоли тяжелых металлов, фосфорные и фтористые соединения. Основным твердым отходом производства Белореченского химзавода является фосфогипс, 8 млн тонн которого занимают площадь 170 га. Фосфогипс представляет собой дисперсную систему тонко размолотых частиц, распределенных в однородной среде. В состав фосфогипса входят до 95 % дигидрата сульфата кальция, 3-4 % фосфорных соединений, 1,5 % примесей (титан, железо, стронций, фтор, барий, марганец, хром, лантан, церий и другие микроэлементы). Химзавод ОАО «ЕвроХим-БМУ» является основным источником загрязнения окружающей среды Белореченского района.

В последние годы, когда в соответствии с проектной мощностью завод стал производить 250 тыс. тонн минеральных удобрений, жителям стало практически невозможно выращивать овощные культуры открытого грунта.

Аварии и выбросы на территории ОАО «ЕвроХим- БМУ» оказывают негативное воздействие на атмосферу, гидросферу, почвы Краснодарского края и Республики Адыгея.

Цель данной работы - исследовать состояние водных ресурсов в Белореченском районе, влияние завода ОАО «ЕвроХим- БМУ» и полигона ТБО на эколого- гидрографическую ситуацию района.

Объект исследования - пробы воды, отбираемые в г. Белореченск и Белореченского района: озеро вблизи полигона ТБО, водопроводная вода (х. Долгогусевский и с. Великовечное), колодезная вода (п. Верхневеденеевский).

Нами были исследованы органолептические и физико-химические показатели природных вод: озера вблизи полигона ТБО, водопроводная вода (х. Долгогусевский и с. Великовечное), колодезная вода (п. Верхневеденеевский) (табл.1).

По степени жесткости вода с озера, расположенного вблизи полигона ТБО - жесткая (высокое содержание солей кальция и магния), колодезная вода (п. Верхневеденеевский) и водопроводная вода (с. Великовечное) - средней жесткости, водопроводная вода (х. Долгогусевский) - мягкая.

Количество растворенного в воде кислорода - главный показатель качества воды. Концентрация кислорода зависит от интенсивности

газообмена водой и атмосферой. Среди методов определения концентрации растворенного кислорода самым старым, но до сих пор не потерявшим своей актуальности, остается химический метод Винклера. В этом методе растворенный кислород количественно реагирует со свежесозданной гидроокисью Mn(II) [2].

Таблица 1

Результаты исследования физико-химических показателей проб воды
Белореченского района

Пробы воды	Жест. вр. мг-экв/л	Жест. общ. мг-экв/л	Жест. пост. мг-экв/л	O ₂ мг/л	NO ₂ ⁻ мг/л	NO ₃ ⁻ мг/л	NH ₄ ⁺ мг/дм	CL ⁻ мг/л
Озеро (вблизи ТБО)	4,93	9,3	4,33	10,5	0,0001		0,3	22
Колодезная вода (п. Верхневеденеувский)	0,53	4,11	3,59					
Водопроводная вода (х. Долгогусевский)	0,36	3,15	3,34					
Водопроводная вода (с. Великовечное)	0,67	4,54	3,76					

Пробы воды из озера, находящегося вблизи ТБО показали, что концентрация нитрит-ионов (NO₂⁻), нитрат-ионов (NO₃⁻), ионов аммония (NH₄⁺) и хлорид-ионов (CL⁻) несколько превышает предельно допустимую, что обнаруживается характерными признаками химических реакций.

К опасным неорганическим соединениям водной среды следует отнести неорганические кислоты и основания. Именно эти химические соединения способны изменить рН водной среды до максимальных значений. В воде реки Белой выявлялись хлориды, сульфаты, фосфаты, нитриты, нитраты. Наиболее высокие показатели загрязнения неорганическими веществами выявлено в водах реки Ганжа-1, в которой отмечено превышение ПДК (68,5). Вода рек Ганжа-1 и Ганжа-2 имеет неблагоприятные показатели по нитратам и фосфатам. Превышение уровней фосфатов в воде реки Ганжа-2 1,3 мг/л, а нитритов как в воде реки Ганжа-1, так в воде реки Ганжа-2 0,2 и 0,14 соответственно.

Органолептические показатели исследованных вод: прозрачность и запах. Известно, что на прозрачность влияют взвешенные в воде различные вещества, в том числе и фитопланктон, а также температура и цвет воды. Изменение прозрачности свидетельствует о загрязненности природных вод. Пробы воды с озера характеризуются умеренной загрязненностью, что нельзя сказать о других пробах.

«Цветение» воды - это массовое развитие одного или нескольких видов водорослей обитающих в толще воды или на дне водоемов, оно сопровождается развитием запаха. Запах исследуемых проб воды определяли при 20⁰ С и при 60⁰ С. Пробы воды обладали ярко выраженным запахом, поэтому являются непригодными для жизни большинства микроорганизмов [3].

Важнейшим показателем качества воды является рН, для определения которой использовали электрометрический метод, отличающийся большой точностью (до 0,02) и позволяет проводить исследование практически в любой воде независимо от цвета, мутности и солевого состава воды. Вода с озера имеет рН в пределах нормы, небольшое повышение кислотности наблюдается в начале лета, что вполне объяснимо, в это время происходит накопление в воде гуминовых кислот, образующихся в результате эвтрофирования.

Результаты нашего исследования показали, что в большей степени антропогенное влияние испытывают малые реки, озера и пруды. Загрязнение воды – процесс изменения физико-химического и биологического состава природных вод в результате поступления в них загрязняющих веществ и возникновения в них обычно нехарактерных для водных объектов физических, химических или биологических показателей, приводящих к ухудшению качества воды для водопотребления, обусловленной хозяйственной деятельностью человека. Поэтому наибольшее значение приобретают вопросы качества вод, идущих на хозяйственно-бытовые нужды.

Водопроводная вода х. Долгогусевский, находящегося в непосредственной близости к ОАО «ЕвроХим-БМУ» по физико-химическим и органолептическим показателям качественнее, чем колодезная вода п. Верхневеденееский и водопроводная вода с. Великовечное. Это результат увеличения объемов поступления загрязняющих веществ в озеро, около полигона ТБО и интенсивного водообмена поверхностных и подземных вод в нижнем течении реки Белой.

Список литературы

1. Берюх А.Ф. Санитарно – гигиеническая оценка экологического риска влияния деятельности предприятий химической промышленности на состояние водной среды и здоровье населения (на примере Белореченского района Краснодарского края). – Петрозаводск, 2011
2. Кантор, Т.Я. Экологический мониторинг: учеб.пособие / Т.Я. Кантор, А.Н. Васильева, В.М. Кондакова. – 3-е изд., исп. доп. – М., 2006. – 416 с.
3. Биологические методы определения качества воды: метод.разработки отдела биологии СПОГДТЮ. – СПб., 2002.

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ – ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД

И.Е. Курбатова

irenkurb@yandex.ru

Институт водных проблем РАН, Россия, г. Москва

Дельты рек, впадающие в моря и океаны, представляют собой особые уникальные экосистемы, играют важную многофункциональную буферную роль между экосистемами суши, реки и моря. Суммарная площадь всех дельт составляет очень небольшую часть поверхности Земли - чуть больше 3%

всей суши [10], но их экологическое и экономическое значение трудно переоценить. Высокая концентрация различных жизненных форм позволяет отнести дельты к одним из самых биопродуктивных районов. Дельты рек активно используются в сельскохозяйственной, добывающей, транспортной и рекреационной сферах деятельности, что отражается на их строении и экологической стабильности. Проблема сохранения уникальных дельтовых экосистем очень остро стоит во всем мире.

Ярким примером трансформации речной дельты под воздействием практически всего комплекса преобразующих факторов является дельта Волги – одна из крупнейших в мире. Ее надводная часть (площадью 13 900 км²) представляет собой равнину с густой разветвленной сетью русловых водотоков и множеством островов. Обширное устьевое взморье Волги занимает площадь около 28 тыс. км², из которых 10 тыс. км² – это придельтовая мелководная зона, выдвинутая в сторону моря на 35–50 км с преобладающими глубинами до 1,5–2,5 м. [3, 11]. Как надводная, так и подводная части дельты имеют очень малые уклоны (около 0,0002), что способствует формированию самой сложной и разветвленной в мире системы дельтовых рукавов, активной аккумуляции наносов у морского края дельты и высокой степени динамичности.

На современное формирование дельты активно влияет комплекс различных факторов. К природным факторам относятся: изменения климата, влияющие на объем стока Волги, значительные повышения и понижения уровня Каспийского моря за последние 100 лет, наличие морских сгонно-нагонных явлений. К числу антропогенных факторов - уменьшение речного стока и сокращение объема твердых взвесей в результате строительства Волжского каскада плотин, рост антропогенной нагрузки и хозяйственное преобразование территории. Влияние антропогенных факторов на экосистему дельты Волги за прошедшие десятилетия (с учетом активно развивающейся добычи нефти и газа) приняло столь широкие масштабы, что они негативно отражаются на ее структуре и устойчивости.

В Федеральной целевой программе «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 - 2020 годах» к числу основных проблем, требующих неотложного решения, относится системное переустройство водохозяйственного комплекса низовья р. Волги для оптимизации использования водных ресурсов в целях водоснабжения населения, сельскохозяйственного производства, рыбного хозяйства, сокращения холостых сбросов на гидроэлектростанциях Волжско-Камского каскада, а также сохранения уникальной экосистемы Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волги.

Целью данной работы является разработка суммарной оценки современной антропогенной нагрузки на природные комплексы дельты Волги на основе геоинформационного картографирования. Для осуществления картографической визуализации был проведен покомпонентный анализ распределения антропогенной нагрузки по

территории дельты Волги. В качестве основных источников информации были использованы топографические карты масштаба 1:1 000 000 (1978 г.), ландшафтная карта Астраханской области, разработанная коллективом авторов в Институте Географии РАН [7] масштаба 1:2 000 000 (рис.1), материалы космической съемки последних лет из архивов kosmosnimki.ru и Googl, научно-справочная литература, статистические данные. Комплексный анализ пространственных данных на изучаемую территорию, в том числе топографических векторных карт и данных дистанционного зондирования, выполненный на базе ГИС, позволил всесторонне изучить антропогенную нагрузку на территорию. С помощью визуального дешифрирования снимков были выделены и оцифрованы контуры пахотных земель, рисовых чеков, промзон, участков добычи полезных ископаемых и т.п. Изучение характера хозяйственного освоения территорий при учете типов использования земель и видов угодий служило отправным пунктом для оценки антропогенного воздействия на ландшафты дельты.

Распределение и характер антропогенной нагрузки на дельту во многом определяется ее геоморфологическим строением. Большая часть региона лежит ниже уровня океана. Так, *верхняя часть* дельты с отметками местности выше $-23,5$ м абс. не подвержена сезонным затоплениям, представлена большими участками суши и относительно простой структурой гидрографической сети в виде крупных рукавов. Здесь сконцентрированы наиболее значительные населенные пункты, разнообразные промышленные предприятия, густая транспортная сеть, основные сельскохозяйственные угодья и наибольшая часть населения. Основная часть площадей дельты отведена под пашни, огороды, бахчи, сады, сенокосы (рис.2а).

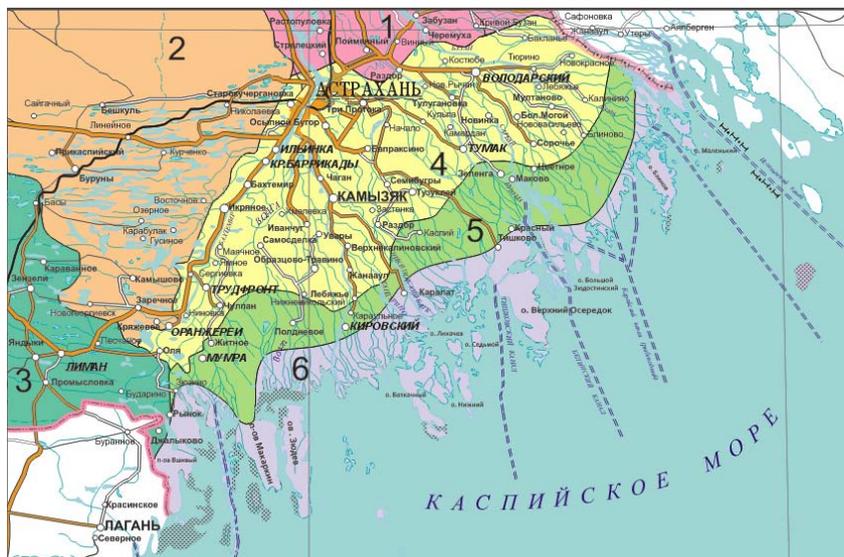


Рис. 1. Ландшафтные комплексы дельты Волги (по [7]).

- 1- Дельтовая равнина с полого- волнистым рельефом - вершина дельты;
- 2- Основной, западный район развития «живых» ильменей;
- 3- грядовая равнина на западной окраине ильменно-бугрового ландшафтного района;
- 4- Дельтовая равнина с бэровскими буграми на западе - средняя часть дельты;
- 5- Дельтовая равнина с плоским рельефом - нижняя часть дельты;
- 6- Авандельта - аллювиально-морская равнина с полого-волнистым рельефом, заливами и прибрежными островами



Рис. 2. Космические изображения природных зон дельты Волги: а – верхняя часть дельты с интенсивной антропогенной нагрузкой; б – средняя часть с умеренной хозяйственной деятельностью; в – приморская мелководная зона с неявно выраженной антропогенной нагрузкой.

Средняя зона (шириной 40–60 км и приуроченная к более низким отметкам высот около –24...–25 м абс.), отличается большей обводненностью и разветвлённой сетью хорошо развитых крупных водотоков, связанных между собой боковыми протоками (рис. 2 б). В этой зоне антропогенное воздействие в основном проявляется в процессе сельскохозяйственной деятельности (овощеводства, рисоводства, животноводства, сенокошения, выкосов тростника для целлюлозного комбината) и рекреационной нагрузки.

Нижняя, или приморская, зона (протяжённостью 29–40 км) простирается от южной границы средней зоны (с отметками высот ниже – 25 м абс.) до морского края дельты, соответствующего уровню моря (современный уровень – 27,6 м абс.). Для этой зоны характерны периодическое затопление и осушение малочисленных островных частей под действием сгонно-нагонных явлений и многолетних изменений уровня моря, сильная раздробленность русловой сети, чередование участков разветвления и слияния водотоков, активное перераспределение стока между ними (рис. 2 в). В этой зоне сформировались уникальные водно-болотные угодья, где произрастают растения редких видов, обитают редкие и исчезающие виды птиц, занесенные в Красную книгу. Хозяйственное использование в этой зоне ограничено отсутствием постоянных участков суши, оно сводится к организации локальных объектов рекреации, выкосу тростника, рыболовству и расчистке судоходных и рыбоходных каналов.

Качество воды в дельте определяется рядом факторов, основными из которых является транзитный сток из вышерасположенных регионов

бассейна р. Волги, судоходство и сброс загрязняющих веществ предприятиями области в открытые водоемы Волго-Ахтубинской поймы и дельтовые водотоки.

Основными загрязняющими веществами, оказывающими отрицательное влияние на качество природных вод, донных отложений и состояние обитателей водоемов, являются нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы, СПАВ (синтетические поверхностно активные вещества), соединения азота, сельскохозяйственные ядохимикаты [13, 14], десятки токсичных веществ, сбрасываемых в водоемы со сточными водами металлургических, металлообрабатывающих и машиностроительных заводов, целлюлозно-бумажной, пищевой, деревообрабатывающей промышленности. Кроме этих источников, существуют еще два специфических – судоходные и рыбоходные каналы и рекреационные объекты

Влияние каналов на экологию дельты Волги. На особом месте в ряду антропогенных факторов, негативно влияющих на экологическое состояние дельты, особенно ее средней и нижней части, стоят судоходные и рыбоходные каналы, по которым через рукава дельты и устьевое взморье идут транзитные судоходные трассы «река–море» между Астраханью и Каспийским морем и местные трассы, связывающие многочисленные населённые пункты на водотоках дельты [3]. В пределах устьевого взморья находятся также 7 основных и 17 вспомогательных каналов-рыбоходов, предназначенные для прохода рыб на нерест и ската молоди и взрослых рыб обратно в Каспийское море.

Самый крупный судоходный Волго-Каспийский канал (ВКК), существующий с 1870 г., шириной 120 м и длиной 188 км требует регулярного проведения дноуглубительных работ для прохода судов. Поднятый грунт без очистки перемещается за бровки канала, тогда как на реках Западной Европы изъятый грунт перевозится на специальные предприятия, где производится его очистка от вредных примесей [1]. В период 2003-2013 гг. объемы дноуглубительных работ составляли от 1,5 до 2,5 млн кубометров, а в связи с рекордным маловодьем последних лет - 5,3 млн. кубометров грунта в 2015 г. [12]. Прямая и возвратная заносимость канала твердыми взвесями, размыв бровок и заиление протоков между ними приводит к снижению расходов воды, ухудшению кислородного режима, повышению мутности. В результате за бровками ВКК создаются неблагоприятные условия для нагула и зимовки рыб, заметно сокращается заход промысловых видов рыб на взморье, уменьшаются концентрации рыб в промысловой зоне, резко снижается эффективность промысла. Кроме того, результаты обследований 2008 г. [1] показали, что ВКК как и прежде, является основным путем транзита из Волги в Каспий загрязняющих веществ (бенз(а)пиренов, тяжелых металлов, нефтепродуктов и др.), значительно превышающих рыбохозяйственные нормативы.

Вдоль многочисленных каналов–рыбоходов формируются аналогичные негативные проблемы, вызванные заилением и проведением дноуглубительных работ. Воды всех каналов содержат высокие, превышающие ПДК для рыбохозяйственных водоемов, величины нефтеуглеродов, полиароматических углеводородов, фенолов, соединений тяжелых металлов, что объясняется эксплуатацией маломерных судов (катеров, моторных лодок и др.), наличием сточных вод Волго-Каспийского судоремонтного завода и транзитного волжского стока [6].

Рекреационная нагрузка на дельту в основном проявляется в виде стационарных компактных очагов (оборудованных баз отдыха, туристических баз, охотничьих заказников, баз охотников и рыболовов), линейных воздействий (в основном по каналам-рыбоходам с использованием различных плавсредств) и бессистемных со стороны неорганизованных туристов. В последние два десятилетия нагрузка значительно увеличилась, что оказывает негативное влияние на абиотические и биотические компоненты природных комплексов. В местах неорганизованных палаточных лагерей уничтожается травянистая растительность, вырубаются деревья и кустарники, территория загрязняется мусором и т.д., осуществляется неконтролируемый вылов рыбы, нарушаются условия гнездования птиц.

Разработка карты «Оценка антропогенного воздействия на природные комплексы дельты Волги» включала в себя детальную покомпонентную оценку следующих нагрузок – демографической, сельскохозяйственной, промышленной (с учетом токсичности выбросов в атмосферу и воду), рекреационной. Были разработаны четыре вспомогательные карты масштаба 1:1000000 – «Население», «Промышленная и сельскохозяйственная нагрузка», «Степень токсичности промышленных выбросов», «Рекреация», на которых покомпонентно отображался один из видов нагрузки, пространственно распределенный по природным комплексам дельты.



Рис. 3. Космические изображения Волго-Каспийского канала и некоторых источников загрязнения: а – сток транзитной речной воды через прораны насыпных островов; б - погрузочно-разгрузочный порт (нефтяные углеводороды, тяжелые металлы, балластные воды); в – рисовые чеки и дренажные каналы для сброса избыточного объема воды, содержащей гербициды, пестициды и взвесь плодородного грунта

В первую очередь была проведена оценка воздействия городского и сельского населения на качество поверхностных вод по методике, предложенной в работе [8]. Косвенная оценка качества поверхностных вод, основанная на выявлении типов поселений и числа их жителей и позволяющая получить приблизительные значения объема загрязненных бытовых сточных вод,— одна из самых распространенных и доступных при отсутствии данных наземных наблюдений. При разработке карты «Население» по статистическому сборнику Росстата [5] был определен тип поселения, выбраны все населенные пункты, находящиеся в каждом районе исследования, с числом жителей от 500 человек и больше (рис.1а). Для каждого природного комплекса подсчитывалась величина плотности населения и проводилась оценка качества воды в баллах (табл.1).

Для составления карты «Промышленная и сельскохозяйственная нагрузка» были выявлены все населенные пункты, в которых расположены промышленные объекты (табл. 2). Сельское хозяйство, как правило, распространено повсеместно в верхней и средней частях дельты и представлено растениеводством, овощеводством и животноводством.

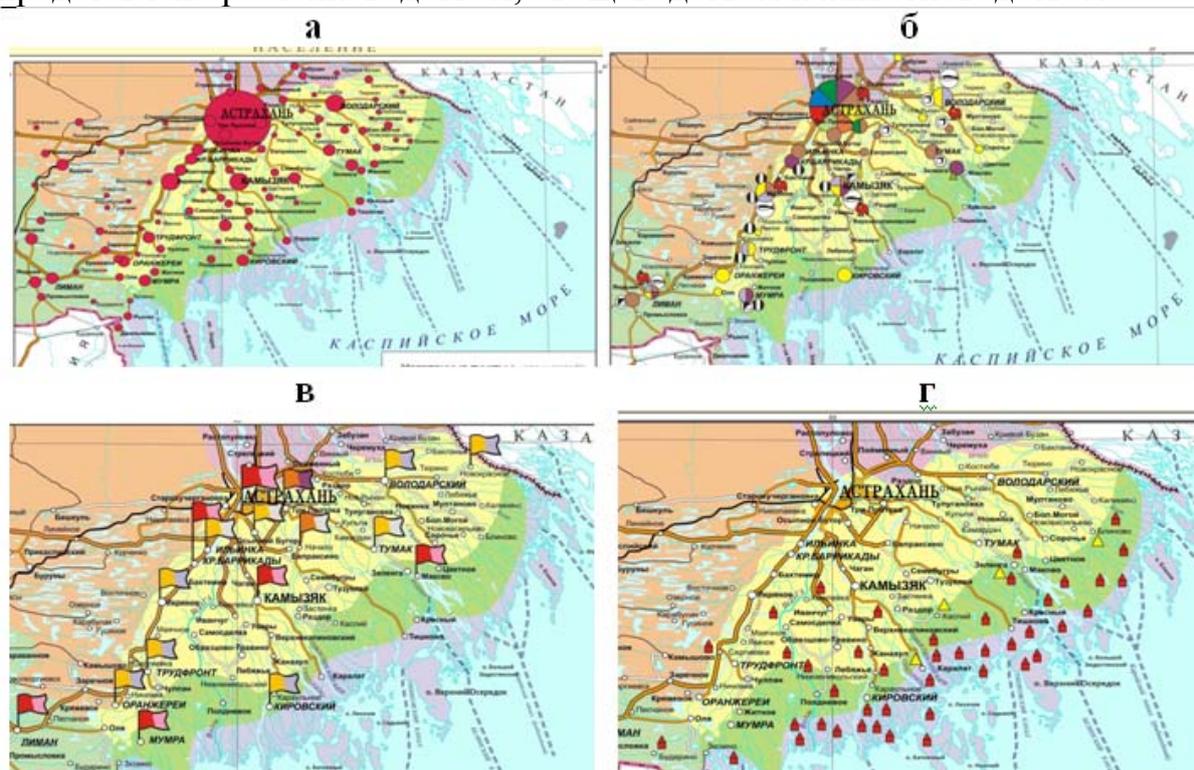


Рис. 4. Фрагменты карт: а - «Население», б - «Промышленная и сельскохозяйственная нагрузка»; в - «Степень токсичности промышленных выбросов»; г – «Рекреационная нагрузка»

Картографический метод оценки влияния промышленных производств на природные комплексы целесообразно применять при мелко- и среднемасштабном картографировании в условиях отсутствия или невозможности получения данных наземного мониторинга об объеме и

составе сточных вод и выбросов в атмосферу. На первом этапе проводится установление местоположения различных промышленных объектов (табл.2).

Таблица 1. Оценка качества воды в зависимости от типа поселений и численности жителей для каждого природного комплекса дельты

№ природного комплекса	Города		ПГТ Число ПГТ с жителями > 2 тыс. чел.	ПСТ		Оценка качества воды, баллы
	Число городов с жителями >100 тыс. чел.	Число городов с жителями от 10-50 тыс. чел.		Число ПСТ с жителями >1 тыс. чел.	Число ПСТ с жителями от 0,5-1 тыс. чел.	
1	-	-	-	5	2	2,9
2	-	-	-	7	9	5,3
3	-	-	1	5	2	4,9
4	1	1	6	21	15	35,5
5	-	-	2	6	4	7,8
6	-	-	-	4	-	2

Таблица 2. Перечень населенных пунктов с промышленными объектами

Населенные пункты	Отрасль промышленности
Астрахань	Пищевая, лесная и деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная, топливная, легкая, стекольная, строительных материалов, черная металлургия, добыча кирпичных глин
Камызяк	Пищевая, рыбная, строительных материалов, черная металлургия, добыча кирпичных глин
Лиман	Пищевая, рыбная, строительных материалов, черная металлургия
Володарский	Пищевая, рыбная, добыча поваренной соли
Икрыное	Пищевая, рыбная, строительных материалов
Мумра	Рыбная, черная металлургия, добыча кирпичных глин
Оранжевые	Пищевая
Трудфронт	Рыбная, пищевая
Кировский	Пищевая
Кр. Баррикады	Черная металлургия
Ильинка	Строительные материалы
Тумак	Строительные материалы, добыча поваренной соли
Яндыки	Строительные материалы, добыча кирпичных глин
Оля	Пищевая
Ямное	Пищевая
Осыпной бугор	Строительные материалы
Три протока	Лесная и деревообрабатывающая, строительные материалы
Начало	Строительные материалы, добыча поваренной соли
Евпраксинно	Строительные материалы
Забузан	Пищевая
Черемуха	Строительные материалы
Тулугановка	Пищевая
Новинка	Строительные материалы, добыча поваренной соли
Маково	Черная металлургия
Сорочье	Пищевая
Новокрасное	Строительные материалы, пищевая

На втором этапе составляется карта пространственного распределения промышленных производств по территории дельты и ее основным зонам (рис.4 б). На третьем этапе для подготовки составления следующей карты

проводится дифференциация отраслей промышленности на природные комплексы дельты по коэффициентам токсичности (K_T) выбросов в атмосферу и в поверхностные воды (табл. 3) с использованием методики их определения [2, 4, 9]. Если в населенных пунктах расположено несколько различных отраслевых объектов, то коэффициент и степень токсичности выбросов определяются по самой вредной и токсичной промышленности. На основании проведенного анализа была построена карта «Степень токсичности промышленных выбросов», которая позволяет получить представление о местоположении наиболее экологически опасных производствах в дельте (рис. 4 в).

Рекреационная нагрузка представлена на карте (рис. 4 г) в основном туристическими базами и охотничьими хозяйствами, которые провоцируют возникновение целого ряда экологических проблем: перелов рыбных ресурсов, браконьерство, образование очагов загрязнения территории и воды бытовыми отходами. Таким образом, пространственное размещение этих объектов, как четко видно на карте, образует широкий пояс негативного влияния на экосистемы нижней части дельты и верхнего края авандельты.

Таблица 3. Группировка отраслей промышленности по коэффициенту токсичности выбросов в атмосферу и поверхностные воды (по [9]).

Отрасли промышленности	Коэффициент токсичности (K_T)	Степень токсичности выбросов
Выбросы в атмосферу		
Цветная металлургия, химическая	10.1-15.0	Особо токсичные
Нефтехимическая, черная металлургия, микробиологическая	5.1 – 10.0	Очень токсичные
Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная, теплоэнергетика	1.6 – 5.0	Токсичные
Топливная, машиностроение, легкая, пищевая. строительные материалы	1.1 – 1.5	Умеренно токсичные
Сельское хозяйство	0.5 – 1.0	Слаботоксичные
Выбросы в воду		
Микробиологическая, лесная, химическая, нефтехимическая, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная	> 5.1	Особо токсичные
Цветная и черная металлургия	2.1 – 5.0	Очень токсичные
Пищевая, топливная, теплоэнергетика	1.1 – 2.0	Токсичные
Машиностроение и металлообработка, легкая, строительных материалов, судоремонтное производство, промышленное рыболовство	0.5 – 1.0	Умеренно токсичные

Карта «Оценка антропогенного воздействия на природные комплексы дельты Волги» (рис. 5) представляет собой итоговый результат проведенных исследований. Всего выделено 6 степеней антропогенной нагрузки на природные комплексы. Кроме того, на карте проведена дифференциация каналов-рыбоходов по степени загрязнения – высокой, средней и низкой.

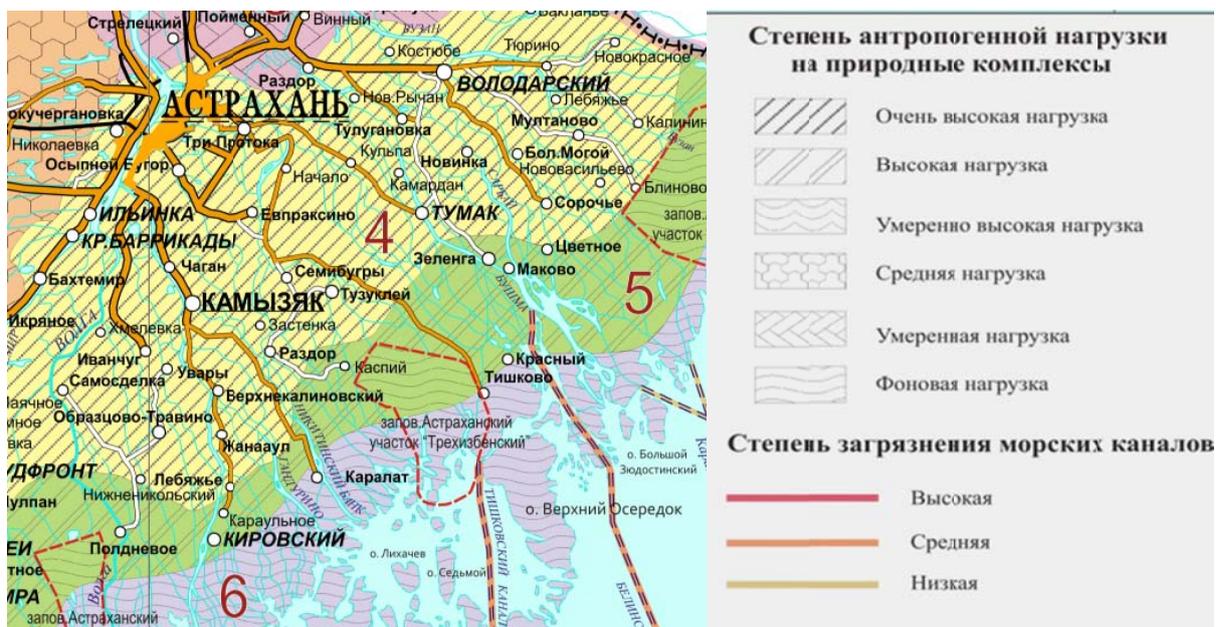


Рис. 5. Фрагменты карты «Оценка антропогенного воздействия на природные комплексы дельты Волги» и легенды к ней. Красным пунктиром показаны границы участков государственного Астраханского заповедника

В сводной таблице 4 представлена суммарная оценка антропогенной нагрузки на каждый природный комплекс дельты Волги (в баллах) по анализируемым показателям. Как видно из таблицы, наибольшую нагрузку испытывает район средней дельты, на который оказывает большое влияние г. Астрахань с полумиллионным населением, развитой промышленностью и интенсивным сельским хозяйством. Менее всего нагрузке подвержен район авандельты.

Таблица 4. Балльная оценка антропогенной нагрузки на природные комплексы дельты Волги

№ природного комплекса	Демографическая нагрузка	Промышленные выбросы		Рекреационная сезонная нагрузка	Сумма баллов	Оценка антропогенной нагрузки
		В атмосферу	В воду			
1	7	7	4	2	20	Средняя
2	8	13	7	1	29	Умеренно высокая
3	6	5	3	–	14	Умеренная
4	40	73	57	1	171	Очень высокая
5	11	12	6	2	31	Высокая
6	4	1	1	3	9	Близко к фоновой

Следует отметить, что использование метода изучения антропогенных нагрузок на природно-территориальные комплексы с помощью экспертных балльных оценок целесообразно применять для экспресс-анализа региональных территорий и их картографирования с большой степенью генерализации. Для получения более точных оценок необходима организация централизованного сбора данных регулярных наземных наблюдений в рамках геоэкологического мониторинга и их открытого доступа

(гидрохимических и гидробиологических обследований, состояния растительности, атмосферного воздуха, почв, донных грунтов и т.д.), которые будут составлять важнейшую часть информационной базы проблемно-ориентированных ГИС. В настоящее время такой комплексный мониторинг одновременно на больших территориях не проводится. Много лет звучат призывы исследователей «разработать единую государственную систему экологического мониторинга с применением новейших технологий, позволяющих отслеживать и оперативно фиксировать изменчивость параметров окружающей среды для принятия своевременных управленческих решений» [1], но ситуация не меняется.

Список литературы

1. Богданов Н.А., Чуйков Ю.С., Чуйкова Л.Ю., Шендо Г.Л., Рябикин В.Р. Гэозология дельты Волги: Икрянинский район. - М. Медиа-ПРЕСС, 2013. - 384 с.
2. Верещака Т.В., Курбатова И.Е. Методическое пособие по курсу «Экологическое картографирование». – М.: изд. МИИГАиК, 2012. 29 с.
3. Вода России. Научно-популярная энциклопедия / Электронный ресурс <http://water-ru.ru/a920>
4. Евтеев О.А Проектирование и составление социально-экономических карт - М.: МГУ, 1999 – 220 с.).
5. Демографический ежегодник России: статистический сборник / Росстат. – М., 2012. 535с.;
6. Катунин Д.Н., Хрипунов И.А., Зайцев А.Н., Немошкалов С.М. Каналы-рыбоходы дельты реки Волги Изд. 2 перераб. и доп.-Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2012. 140с.
7. Кочуров Б.И., Гольчикова Н.Н. Геоэкологическая характеристика Астраханской области / Астрахань: Изд. Астраханский гос. техн. ун-т, 2004. 91 с.
8. Масленникова В.В., Скорняков В.А. Карта качества поверхностных вод Московской области // Вестник МГУ, 1995, № 5, с. 79-86
9. Методические установки по созданию эколого-географической карты масштаба 1:2 500000 / Под ред.О.А. Евтеева.- М.: Изд. Моск. ун-та, 1992. – 111 с.
10. Михайлов В.Н. Речные дельты: Строение, образование, эволюция /Науки о Земле. Соросовский образовательный журнал, т.7, № 3, 2001. С.59-66
11. Реки и озера мира. Энциклопедия. М.: ООО «Изд-во «Энциклопедия», 2012. 928 с.
12. Русанов Н.В., Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г. Волго-Каспийский морской судоходный канал – современное состояние, проблемы и пути их решения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 4, 2016. С. 863 -871
13. Служба природопользования и охраны окружающей среды Астраханской области. Государственный доклад об экологической ситуации. Астрахань, 2012. 396 с. [.http://www.aonb.astranet.ru/file/Svod/2011god.pdf](http://www.aonb.astranet.ru/file/Svod/2011god.pdf)
14. Чуйков Ю.С. Астраханская область. Региональная экологическая политика. М.: «Яблоко» 2013. 48 с. http://rus-green.ru/wp-content/uploads/2013/10/book_astrahan.pdf

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА ДЛЯ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

М.А. Лазебная

lazebnaymasha@mail.ru

РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, Россия, г. Москва

Сегодня взгляд российской нефтяной промышленности устремлен на самую отдаленную часть России – остров Сахалин, а точнее его шельф, который признан богатейшей территорией по запасам нефти и газа, поэтому остро встает вопрос о сохранении экосистем данных регионов. Здесь разворачиваются крупнейшие проекты по добыче и реализации углеводородов, и эта бурная деятельность увеличения сырьевой базы не может не оказывать влияния на экосистемы региона.

На прибрежной части шельфа открыто 15 месторождений нефти и газа, 8 из которых по объемам запасов относятся к категории крупных и два, Лунское и Южно-Киринское - к категории уникальных. К крупным относятся Пильтун-Астохское, Восточно-Пильтунское, Аркутун-Дагинское, Одопту-море, и Чайво. [1]

На всех стадиях жизни месторождения важно проводить экологический мониторинг лицензированных участков. Для шельфовых месторождений Сахалина это особенно важно, поскольку многие участки расположены недалеко от ООПТ. Например, Лунское месторождение находится в непосредственной близости к памятнику природы регионального значения заливу Лунский. [2]

В настоящее время компаниями проводится лишь локальный экологический мониторинг, который для морской среды включает в себя изучение гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик морской среды и состояния биоты в зоне потенциального влияния объектов морской производственной инфраструктуры компаний. Так, например, Сахалин Энерджи проводит экологический мониторинг:

- зоны потенциального влияния причала отгрузки газа и терминала отгрузки нефти в заливе Анива;
- остаточных постстроительных эффектов и стабилизации грунта в районе прокладки трасс морского трубопровода в заливе Анива, а также на Пильтун-Астохском и Лунском месторождениях;
- операционных эффектов в районе морских платформ ПА-А, ПА-Б и ЛУН-А;
- устьев оценочных скважин.

Мониторинг осуществляется ежегодными комплексными морскими экспедициями. [3]

В качестве основных инструментов данного метода сегодня используются специализированные суда, буксируемые и опускаемые датчики, долговременные стационарные или плавающие буи.

Эффективность данной традиционной системы исследований и мониторинга на Сахалине и в Арктическом регионе значительно снижают тяжелые природные условия, особенно ледовая обстановка, которая препятствует систематическому наблюдению за многими важнейшими факторами, обуславливающими изменения окружающей среды, что влечет за собой отсутствие надежных и согласованных временных рядов данных о состоянии окружающей среды, что влияет на эффективность применяемой политики и программ. [4,5]

При этом технологическая тенденция разработки месторождений такова, что наблюдается перевод перерабатывающих и транспортировочных мощностей под воду для минимизации надводной инфраструктуры, что еще раз доказывает необходимость радикального изменения концепции наблюдения за ним, в рамках ограничений, налагаемых внешней средой.

В связи с этим, появляется необходимость обратить внимание на подводные робототехнические средства. Автономные подводные аппараты типа глайдеров имеют широкий спектр применения, благодаря их способности работать без привязки к судну они наиболее подходят для проведения мониторинговых работ в экстремальных природных условиях, в том числе и в ледовых условиях. Автономность таких аппаратов помогает улучшить пространственные и временные решения широкого спектра измерений. [6,7] В таблице 1 представлена сравнительная оценка мониторинга с помощью научно-исследовательского судна и глайдеров.

Таблица 1. Сравнительная характеристика технических средств мониторинга

Технические средства	Преимущества	Недостатки
Научно-исследовательские суда	Большая автономность Комплексные исследования Возможность использования ТНПА*, АНПА**, буев, волновых планеров и т.д.	Низкая исследовательская производительность Высокая стоимость строительства и обслуживания Зависимость от погоды
Подводные автономные аппараты типа «глайдер» (с гидродинамическими принципами движения)	Низкая стоимость Длительность измерений (до полугода), независимость от погоды Отсутствие риска для людей Высокая мобильность Высокая исследовательская производительность	Ограниченность параметров

* Теле- радиоуправляемые необитаемые подводные аппараты;

** Автономные необитаемые подводные аппараты

Как видно из таблицы, подводные автономные аппараты типа «глайдер» имеют неоспоримые преимущества для исследований в экстремальных природных условиях ледового покрова. Общая система сбора, хранения и анализа информации группы глайдеров позволяет существенно

повысить скорость оперативной реакции и потенциал всей робототехнической системы [8].

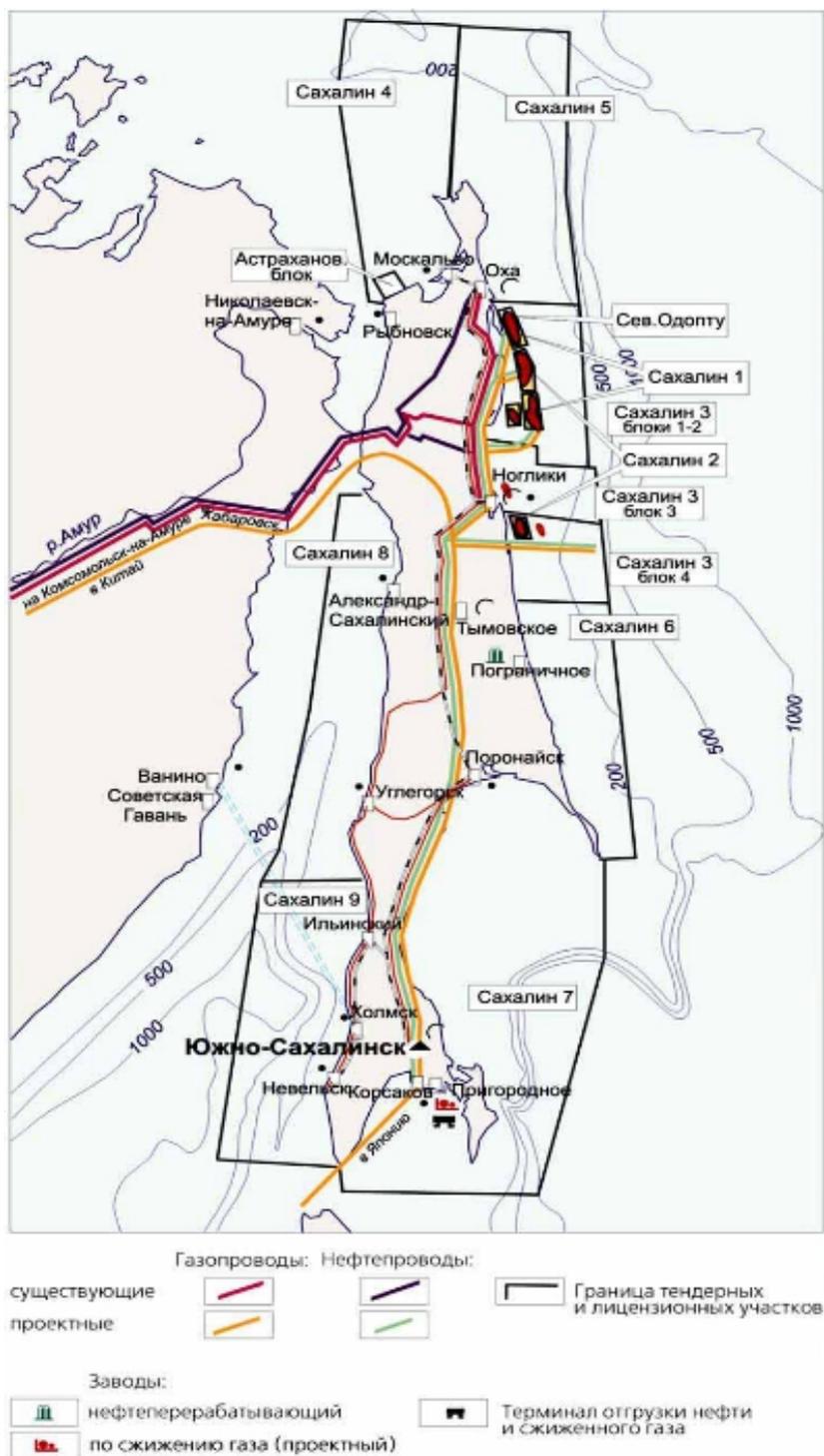


Рис. 1. Проектная карта освоения месторождений о. Сахалин и шельфовой зоны

Кроме того, с целью снижения финансовой нагрузки, просматриваются тенденции комплексирования систем экологического мониторинга с элементами системы эксплуатации месторождений, таких как визуальная инспекция подводной инфраструктуры, в нашем случае – трубопроводов.

В проектной документации освоения месторождений Сахалинского региона прописано строительство подводных нефте-, газо- и водопроводов (рис.1).

Подводные трубопроводы находятся в сложных условиях эксплуатации. Помимо рабочего давления транспортируемого продукта они нагружены внешним гидростатическим давлением воды, также на морские подводные трубопроводы воздействуют волны и течения. Подобные конструкции нуждаются в особом контроле. В таких районах важно проводить как экологический мониторинг, так и инспекцию состояния конструкции. Благодаря подводным автономным планерам можно совместить оба исследования. Аппараты позволяют измерять как качество воды, ее физические свойства и температуру, так и химический состав, с возможностью установки датчиков уловителей углеводородов, что даст информацию о малейших утечках. Также инспектирование трубопроводов возможно благодаря модулям гидро- и эхолокации, позволяющим получить точную модель состояния конструкции, выявить места коррозии и износа.

Помимо этого, аппараты данного класса могут решать картографические, геологические и геофизические задачи [9], что позволяет отслеживать состояние самой конструкции, а также любые проявления тектонической активности вблизи исследуемого ареала, что актуально для Сахалина.

Использование глайдеров будет полезным и при прокладке трубопроводов, поскольку они могут быть оснащены модулями, позволяющими отследить корректность укладки трубопровода.

Что касается экологического мониторинга, то данный класс аппаратов позволяет исследовать как качество воды, так и донные отложения, а также некоторые разработки позволяют определять видовой состав бентоса.

Неоспоримыми плюсами использования глайдеров является точная географическая привязка, переключения режимов взаимодействия с аппаратом (автономный, полуавтономный, ручное управление) и возможность одновременной работы всех датчиков включенных в комплектацию.

Без сомнения, будущее мониторинговых систем за роботизированными автономными аппаратами. Сегодня больших успехов добились зарубежные компании, среди них можно выделить Норвежскую компанию Kongsberg Maritime[10], которая разработала целую линейку подводных автономных аппаратов для различных коммерческих и научных целей, а также разработку Университета Вашингтона – Seaglider [11], созданный специально для ледовых условий, который был испытан в американском секторе арктического шельфа и показал отличные результаты. А в 2015 году был создан прототип первого термального глайдера с положительным энергетическим балансом Webb Research.

В России на сегодняшний день существует 7 лабораторных макетов и ходовых стендов подводных глайдеров и 2 модели волновых планеров, все они разрабатываются на базе СПбГМТУ совместно с ЗАО НПП «Океанос».

Следует сказать, что сегодня политика мирового научного сообщества направлена на совместное использование (рис.2) различных робототехнических средств, что позволит создавать комплексные многофункциональные и гибкие системы мониторинга на больших территориях.

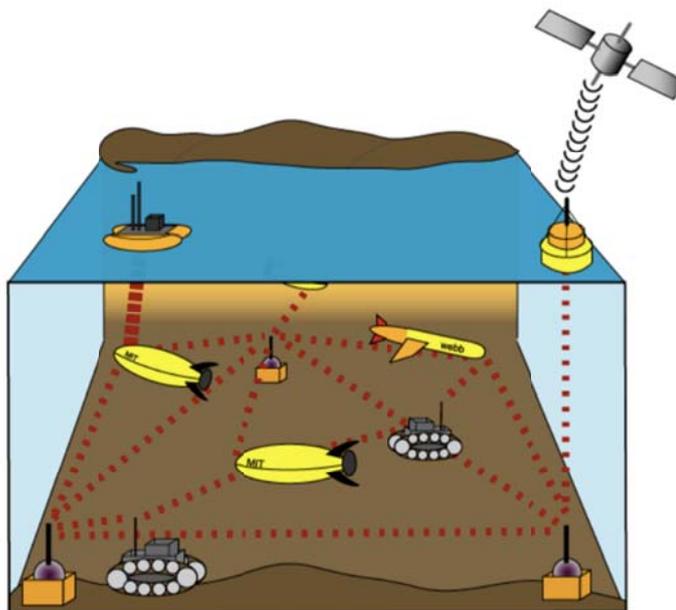


Рис. 2. Концепт совместного использования необитаемых автономных подводных аппаратов

Несомненно, будущее мониторинга за автоматизированными системами, и нефтегазовая отрасль оптимально подходит для начала внедрения подобных систем, поскольку потребует от них многозадачности, оперативности и быстроты реагирования.

Список литературы

1. Каламкаргов Л.В. 2005. Нефтегазоносные провинции и области России и сопредельных стран. – М.: Нефть и газ. – 487 с.
2. Постановление Администрации Сахалинской области от 14.05.2008 N 124-па (ред. от 19.05.2009) "Об утверждении границ и режима особой охраны территорий памятников природы регионального значения Сахалинской области по результатам инвентаризации, проведенной в 2006 году".
3. Сахалин Энерджи. Отчет об устойчивом развитии. 2014 г.
4. Гайкович Б.А. 2015. Система комплексной безопасности морских инженерных сооружений нефтегазовой отрасли. – М.: журнал "Новый оборонный заказ. Стратегии", №1(33). – 64-65 с.
5. Гайкович Б.А. 2015. Подводные глайдеры-роботы для исследования и мониторинга арктических акваторий. – М.: журнал "Корабел.ру", №4(30). - 126-127 с.
6. Гайкович Б.А. 2013. Автономные подводные аппараты с гидродинамическими принципами движения. - – М.: журнал "Новый оборонный заказ. Стратегии", №4(26). –4-6 с.

7. Niu, H., Adams, S., etc. 2007. Applications of Autonomous Underwater Vehicles in Offshore Petroleum Industry Environmental Effects Monitoring. – Published in Petroleum Society of Canada. – 116 p.
8. J.A. Dowdeswell, J. Evans, etc. 2008. Autonomous Underwater Vehicles (AUVs) and investigations of the ice–ocean interface in Antarctic and Arctic waters. – Published in Journal of Glaciology, № 54. – 661–672 pp.
9. M.E. Furlong, D. Paxton, etc. 2012. Autosub Long Range: a long range deep diving AUV for ocean monitoring. - Published in 2012 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles (AUV), Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, USA. – 1–7 pp.
10. <https://www.km.kongsberg.com/>
11. <http://www.futurity.org/arctic-glider-yields-unrivaled-under-ice-data/>

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ И УРОВНЯ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ У ПОБЕРЕЖЬЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ

^{1, 2, 3}С.А. Лебедев, ^{4, 5, 6}А.Г. Костяной, М.К. ³Беданок, ^{7, 8}А.К. Ахсалба, Р.Б. ³Берзегова

lebedev@wdcb.ru

¹ *Геофизический центр РАН, Россия, г. Москва*

² *Институт космических исследований РАН, Россия, г. Москва*

³ *Майкопский государственный технологический университет, Россия, г. Майкоп*

⁴ *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия, г. Москва*

⁵ *Московский университет им. С.Ю. Витте, Россия, г. Москва*

⁶ *Льежский университет, Бельгия, г. Льеже*

⁷ *Абхазский государственный университет, Республика Абхазия, г. Сухум*

⁸ *Институт экологии АНА, Республика Абхазия, г. Сухум*

Аннотация. Изменения климата на водосборном бассейне Черного моря и его акватории отражаются в изменении основных параметров состояния моря: уровня и температуры морской поверхности. Для исследования этих изменения использовались данные спутниковой альтиметрии и радиометрии, которые позволяют за продолжительный временной интервал провести анализ пространственно-временной изменчивости межгодовой скорости изменения этих параметров.

Для исследования пространственно-временной изменчивости скорости климатической изменчивости температура поверхности моря (ТПМ) использовались данные дистанционного зондирования за два интервала 1982–2015 гг. и 1993–2015 гг. Результаты исследования показали, что за временной интервал 1982–2015 гг., что ТМП у побережья Краснодарского края росла со средней скоростью $0,079 \pm 0,005$ °С/год, а побережья Республики Абхазия – со скоростью $0,072 \pm 0,002$ °С/год. При этом скорость роста ТМП уменьшалась от Керченского пролива ($0,082$ °С/год) до Адлера ($0,076$ °С/год), а вдоль побережья Республики Абхазии уменьшалась по направлению от Адлера ($0,076$ °С/год) до Очамчиры ($0,071$ °С/год).

В более короткий временной интервал 1993–2015 гг., который совпадал с временным интервалом исследования скорости изменения уровня Черного моря, скорость изменений ТМП также уменьшалась по направлению от Керченского пролива до границы с Грузией.

Результаты показали, что за временной интервал 1993–2015 гг. уровень моря у побережья Краснодарского края рос со средней скоростью $0,29 \pm 0,03$ см/год, а побережья Республики Абхазия – со скоростью $0,27 \pm 0,02$ см/год. При этом скорость роста уровня Черного моря увеличивалась от Керченского пролива ($0,28$ см/год) до Адлера ($0,31$ см/год), а вдоль побережья Республики Абхазии наоборот – уменьшался по направлению от Адлера ($0,31$ см/год) до Очамчиры ($0,24$ см/год).

Введение

Расположенное в глубине материка, Черное море — наиболее обособленная часть Мирового океана. На юго-западе оно сообщается с Мраморным морем через пролив Босфор. Керченский пролив соединяет Черное и Азовское моря. Площадь Черного моря равна 422 тыс. км², объем — 555 тыс. км³, средняя глубина — 1315 м, наибольшая глубина — 2210 м. Площадь водосбора рек черноморского бассейна — около 1875 тыс. км² (из них примерно 216 тыс. км² — площадь с незначительным стоком) [1, 2].

Ограниченный водообмен с открытыми акваториями делает Черное море чрезвычайно чувствительным как к изменениям глобального и регионального климата, так и к антропогенному воздействию, обусловленному стоком рек и его зарегулированностью.

Среди основных параметров состояния Черного моря, которые отражают климатические изменения как на его акватории, так и на его водосборе, являются температура поверхности моря (ТПМ) и его уровень.

Водный баланс

Водный баланс Черного моря складывается из следующих компонент: атмосферные осадки (230 км³ в год); материковый сток (336 км³ в год); поступление воды из Азовского моря (30 км³ в год); испарение воды с поверхности моря (-360 км³ в год); вынос воды через пролив Босфор (-210 км³ в год) [1–4].

Основная часть речного стока (до 80%) поступает в северо-западную часть моря, куда несут воды наиболее крупные реки: Дунай (201 км³ в год), Днепр (52 км³ в год), Днестр (10 км³ в год), Южный Буг (2 км³ в год) и Инглу (0,2 км³ в год). Всего реки северо-западной части сбрасывают в море 270 км³ воды в год. Реки Крымского побережья дают около 4 км³, реки Турецкого побережья оцениваются в 26 км³ в год, а реки Болгаро-Румынских берегов — 3 км³ [1, 3].

Сравнительно много речной воды получает море вдоль Кавказских берегов 43 км³ в год [5, 6].

Протяженность черноморского побережья Краснодарского края (от Керченского пролива до устья реки Псоу) составляет около 400 км, а протяженность побережья Республики Абхазия (между реками Псоу и

Ингур) — более 240 км (рис. 1). Весь район черноморского побережья России и Республики Абхазия можно разделить на три крупные области — Керченско-Таманскую, Западно-Кавказскую и Колхидскую [7, 8].

Реки Черноморского побережья по водному режиму можно разделить на две группы. Первую группу составляют реки средиземноморского климата (сухие субтропики), расположенные севернее города Туапсе, для них характерен паводковый режим в холодную часть года и устойчивый низкий уровень с мая по октябрь. Летняя межень изредка прерывается паводками, имеющими иногда катастрофический характер. Во вторую группу входят реки влажного субтропического климата района Большого Сочи и Республики Абхазия. Для них типичны паводки в любое время года, межень непродолжительная, часто прерываемая паводками [7–9].

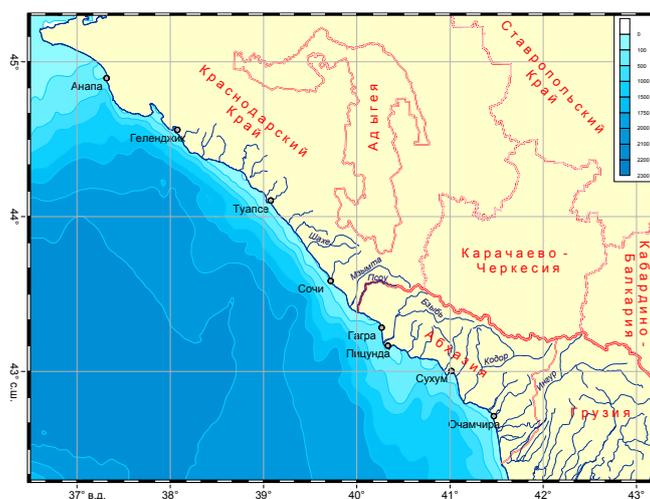


Рис. 1. Черноморское побережье Краснодарского края и республики Абхазия

В пределах черноморского побережья Краснодарского края насчитывается до 80 малых рек, имеющих выход в море. Только три из них – Мзымта, Шахе и Псоу – имеют длину свыше 50 км и площадь водосбора более 400 км² [7, 10]. Общий годовой сток пресной воды в Чёрное море с побережья Краснодарского края достигает 7,5 км³ в год (Мзымта – 1,4 км³ в год, Шахе – 1,0 км³ в год, Псоу – 0,65 км³ в год) [7].

Около 120 рек Абхазии ежегодно выносят в море свыше 13 км³ в год воды. Наиболее крупной рекой Абхазии является река Бзыбь, имеющая протяженность от истока до устья 112 км. Среднегодовой сток реки Бзыбь составляет около 3 км³ в год. Вторая крупная река Абхазии – Кодор, (образующаяся от слияния рек Сакен и Гвандра), протяженность которой (вместе с Сакеном) составляет 105 км. Среднегодовой сток реки Кодор составляет около 4,5 км³ в год [8].

Следует отметить тот факт, что вследствие затруднённого обмена водой с Атлантическим океаном в Чёрном море практически не бывает приливов и отливов [1].

Анализ данных о месячных и годовых значениях суммарного речного стока в Черное море за многолетний период указывает на отсутствие значимого воздействия антропогенного фактора [2]. Важным является, по-

видимому, изменение климата, влияющее на увлажненность водосбора моря. Так в период 1860–2008 гг. годовой сток реки Дунай увеличивался при заметной межгодовой изменчивости в среднем с положительным трендом 0,126 км³/год [3, 11–14].

Используемые данные и методика

Температура поверхности моря (ТПМ) – один из первых океанографических параметров, который начал измеряться с борта искусственных спутников Земли (ИСЗ) [15]. Она рассчитывается по данным о радиояркостной температуре, измеряемой ИК и СВЧ-радиометрами, и по данным сканеров видимого диапазона, которые имеют дополнительный канал в ИК-диапазоне. Точность расчета ТПМ для различных типов радиометров представлена в Таблице 1.

Таблица 1. Основные типы датчиков измерения ТПО с борта ИСЗ [15, 16].

Датчик		Ширина полосы обзора (км)	Пространственное разрешение (км)	Точность (°К)
Тип	Название (полное и сокращенное)			
ИК-радиометр	Advanced Very High Resolution Radiometers (AVHRR)	2600–4000	1,10–4,00	0,3–0,5
Спектрорадиометр	Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)	2330	1,00	0,3
ИК-радиометр	Along-Track Scanning Radiometer (ATSR)	500	1,00	0,3
ИК-радиометр	Visible Infrared Spin-Scan Radiometer (VISSR)	120°	5,00	0,8
СВЧ-радиометр	Special Sensor Microwave Imager (SSM/I)	1400	25,00	0,6–0,7

Для исследования межгодовой изменчивости ТПМ Черного моря использовались данные международного проекта SST_BS_SST_L4_REP_OBSERVATIONS_010_022 [17]. Они представляют собой среднесуточные поля ТПМ на регулярной сетке с шагом 0,03° по широте и 0,02° долготы начиная с сентября 1982 г. по декабрь 2015 г.

Аномалии уровня моря (АУМ) рассчитывались по данным альтиметрических измерений спутников TOPEX/Poseidon, ERS-1/2, GFO-1, Jason-1/2/3, ENVISAT и SARAL/AltiKa. Точность расчета АУМ для различных типов альтиметров представлена в Таблице 2.

Для анализа межгодовой изменчивости АУМ использовались комбинированные данные альтиметрических измерений, созданные в рамках проекта SSALTO/DUACS [18]. Они представляют собой среднесуточные поля ТПМ на регулярной сетке с шагом 0,125° по широте и долготы начиная с сентября 1992 г. по декабрь 2015 г.

Методика обработки данных. На основе этих данных строились среднемесячные и среднесезонные поля ТПМ и АУМ на сетке с тем же пространственным разрешением.

Таблица 2. Основные программы спутниковых альтиметрических измерений и их точность [15, 16].

Спутник	Время активной работы (месяц/год)	Альтиметр	Пространственное разрешение (м)	Точность (см)
TOPEX/Poseidon	08/1992 – 01/2006	TOPEX NRA	700	1,7
		Poseidon-1		3,0
ERS-2	04/1995 – 06/2002	RA	530	5,5
GFO-1	02/1998 – 09/2008	GFO-RA	570	3,5
Jason-1	12/2001 – 07/2013	Poseidon-2	700	1,7
ENVISAT	03/2002 – 04/2012	RA2	540	4,5
Jason-2	06/2008 – настоящее время	Poseidon-3	700	1,7
HaiYang-2A	08/2011 – настоящее время	HY-2A	965	4,0
SARAL/AltiKa	02/2013 – настоящее время	AltiKa	786	2,5
Jason-3	01/2016 – настоящее время	Poseidon-3	700	1,7

Анализ полученных результатов

Согласно полученным результатам (рис. 2–3), за период с 1983 по 2015 гг. Для всего в целом региона ТПМ растет со скоростью $0,078 \pm 0,005^\circ\text{C}/\text{год}$. У побережья Краснодарского края ТПМ росла со средней скоростью $0,079 \pm 0,005^\circ\text{C}/\text{год}$, а побережья Республики Абхазия – со скоростью $0,072 \pm 0,002^\circ\text{C}/\text{год}$. При этом скорость роста ТМП уменьшалась от Керченского пролива ($0,082^\circ\text{C}/\text{год}$) до Адлера ($0,076^\circ\text{C}/\text{год}$), а вдоль побережья Республики Абхазии уменьшалась по направлению от Адлера ($0,076^\circ\text{C}/\text{год}$) до Очамчиры ($0,071^\circ\text{C}/\text{год}$) (рис. 2). Максимальная скорость межгодовой изменчивости (более $0,083^\circ\text{C}/\text{год}$) наблюдается в открытом море от Керченского пролива до Туапсе, а минимальная – в районе границы Абхазии и Грузии.

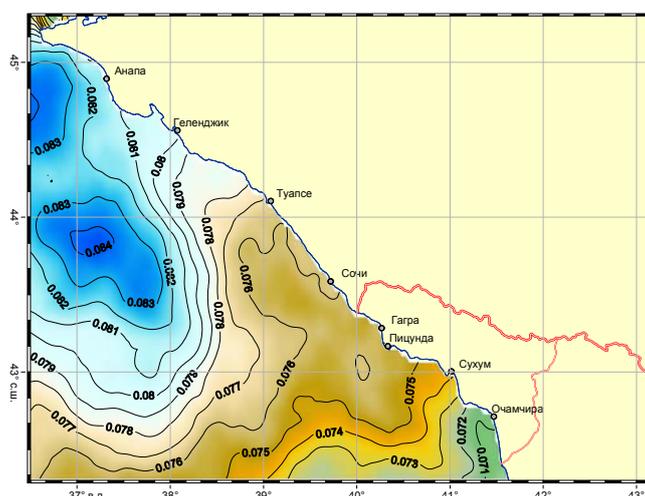


Рис. 2. Пространственная изменчивость климатической скорости изменения ТПМ ($^\circ\text{C}/\text{год}$) за период с 1983 по 2015 гг.

В более короткий временной интервал 1993–2015 гг., который совпадал с временным интервалом исследования скорости измерения уровня Черного моря, скорость изменения ТМП также уменьшалась по направлению от Керченского пролива до границы с Грузией. Однако минимальные значения

наблюдаются не только в районе границы Абхазии и Грузии, но и в районе – Туапсе–Гагры (рис. 3).

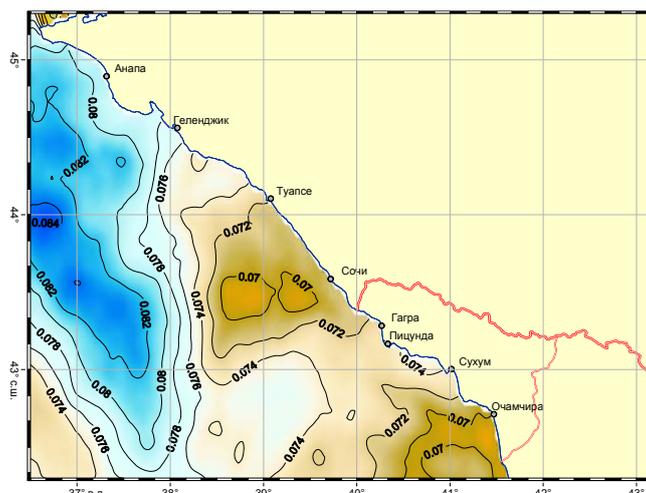


Рис. 3. Пространственная изменчивость климатической скорости изменения ТПИ (°C/год) за период с 1993 по 2015 гг.

За временной интервал 1993–2015 гг. уровень моря у побережья Краснодарского края рос со средней скоростью $0,29 \pm 0,03$ см/год, а побережья Республики Абхазия – со скоростью $0,27 \pm 0,02$ см/год. При этом скорость роста уровня Черного моря увеличивалась от Керченского пролива (0,28 см/год) до Адлера (0,31 см/год), а вдоль побережья Республики Абхазии наоборот – уменьшался по направлению от Адлера (0,31 см/год) до Очамчирy (0,24 см/год) (рис. 4).

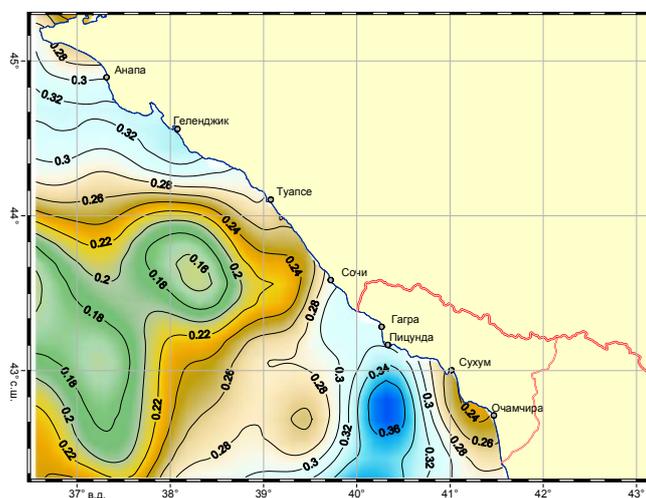


Рис. 4. Пространственная изменчивость климатической скорости изменения уровня Черного моря (см/год) за период с 1993 по 2015 гг.

Заключение

В данной работе продемонстрированы возможность и эффективность использования спутниковой радиометрии и альтиметрии для исследования пространственной временной неоднородности скоростей межгодовой или климатической изменчивости ТПИ и АУМ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-55-40015_Абх_а «Климатические изменения интенсивности и повторяемости экстремальных гидрологических и метеорологических явлений в прибрежной зоне Краснодарского края и Абхазии».

Список литературы

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Проект «Моря СССР». Т. IV, Черное море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеоздат, 1991. – 429 с.
2. Иванов В.А., Белокопытов В.Н. Океанография Черного моря. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2011. – 209 с.
3. Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2006. – 210 с.
4. Kosarev A.N., Arkhipkin V.S., and Surkova G.V. Hydrometeorological conditions //The Black Sea Environment / Kostianou A.G. and Kosarev A.N. (eds.), The Handbook of Environmental Chemistry Vol. 5Q., Springer-Verlag, 2008. PP. 135–158, doi:10.1007/698_5_086.
5. Булгаков Н.П., Юркова И.Ю. Современное состояние изученности влияния речного стока на гидрологическую структуру Черного моря // Морской гидрофиз. журн. 1998. № 6. С. 48–59.
6. Джаошвили Ш.В. Реки Черного моря. – Тбилиси, 2003. – 186 с
7. Белюченко И.С. Экология Кубани. Часть I. – Краснодар: Изд-во КГАУ, 2005. – 513 с.
8. Адзинба З.И., Богайчук Н.А. География Абхазии / Учебник для 8-9 кл. общеобразовательных школ. – Сухум., 2011.
9. Нагалецкий Ю.Я. Исследования подтопления земель Краснодарского края (на примере Тимашевского района) // Сб. География Краснодарского края. Краснодар, 1994. С. 158-163.
10. Природа Краснодарского края // Под ред. В.И.Коровина. Краснодар: Книж. изд-во, 1979. 279 с.
11. Рева Ю.А., Межгодовые колебания уровня Черного моря // Океанология, 1997.т. 37, № 2, с. 211–219.
12. Mikhailov V.N., Mikhailova M.V. River Mouths // The Black Sea Environment / Kostianou A. G., Kosarev A. N. (eds.), The Handbook of Environmental Chemistry, vol. 5Q, Springer-Verlag, 2008, pp. 91–133, doi:10.1007/698_5_061.
13. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 1008 с.
14. Костяной А.Г., Гинзбург А.И., Лебедев С.А. Климатическая изменчивость гидрометеорологических параметров морей России в 1979—2011 годах // Труды ГГО. 2014. Вып. 570. С. 50–87.
15. Лаврова О.Ю., Костяной А.Г., Лебедев С.А., Митягина М.И., Гинзбург А.И., Шеремет Н.А. Комплексный спутниковый мониторинг морей России. М.: ИКИ РАН, 2011. 480 с.
16. Лебедев С.А., Шауро С.Н. Уточнение границ Южного океана и Антарктического циркумполярного течения по данным дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011 .Т. 8. № 4. С. 245–255.
17. Buongiorno N.B., Tronconi C., Pisano A. MyOcean Product User Manual for reprocessed level 4 SST products over the Mediterranean and Black Seas. – 2014. – 25 p.
18. SSALTO/DUACS User Handbook: (M)SLA and (M)ADT Near-Real Time and Delayed Time Products. – CLS-DOS-NT-06-034. SALP-MU-P-EA-21065-CLS. Edition 5.0. – Toulouse: CNES, 2016. – 35 pp.

АЛГОРИТМ КРУПНОБЛОЧНОГО РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА РАЗДЕЛЕНИЯ ОБЛАСТИ ДЛЯ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ МОРЯ

Н.Р. Лёзина

natalez92@mail.ru

Институт вычислительной математики РАН, Россия, г. Москва

Для современных задач науки и техники все чаще требуется создание детальных картин изучаемых явлений. При этом возникает потребность в высокой точности моделирования, что, в свою очередь, отражается на усложнении геометрических областей решаемых задач. Часто для решения обычными прямыми методами недостаточно современных вычислительных ресурсов. Однако, ввиду создания многопроцессорных комплексов, становится актуальной разработка новых параллельных вычислительных алгоритмов.

В случае решения краевых задач в областях сложной геометрической формы наиболее эффективные методы, как правило, связаны с упрощением геометрии области. Для решения этой задачи используют методы разделения (декомпозиции) сложной области на более простые.

Несмотря на значительное увеличение числа научных работ, посвященных методу разделения областей, большинство из них не рассматривают задачи применительно к геофизической гидротермодинамике, в частности океанологии. Однако применение данного метода для прикладных задач позволяет представить сложную геометрическую область как совокупность существенно более простых подобластей [1]. Кроме того, использование многопроцессорных вычислительных систем дает возможность решать задачи в подобластях одновременно, тем самым создавая алгоритмы, пригодные для параллельных вычислений. Методы разделения области имеют практическую ценность для решения задач гидродинамики, в частности, в сложной геометрической постановке, такой как реальная акватория моря.

Для современных высокопроизводительных вычислительных систем использование параллельных алгоритмов является не просто оптимальным, а необходимым, так как чаще всего позволяет существенно сократить время расчета.

Применение методов разделения области на первых этапах решения позволяет сводить процесс решения задачи в области D к поочередному решению в подобластях, возможно имеющих уже более простую форму, чем исходная область.

1. Математическая модель динамики океана

Рассматривается полная система уравнений и краевых условий, задающая модель гидротермодинамики (общей циркуляции) моря в D [2,3,4]

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\vec{u}}{dt} + \begin{bmatrix} 0 & -f \\ f & 0 \end{bmatrix} \vec{u} + \frac{1}{\rho_0} \text{grad } P + A_u \vec{u} = \vec{f}, \\ \frac{\partial P}{\partial z} = \rho g + f_P, \\ \text{div } \vec{u} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial z} r^2 w = 0, \\ \frac{dT}{dt} + A_T T = f_T, \\ \frac{dS}{dt} + A_S S = f_S, \\ \rho = \rho_0 (1 + \beta_T (T - T^{(0)}) + \beta_S (S - S^{(0)}) + \gamma \beta_{TS} (T, S)) \end{array} \right. \quad (1)$$

где $\vec{f} = (f_1, f_2)$, f_T, f_S, f_P – заданные функции внутренних «источников», $g = \text{const} > 0, \rho_0, T^{(0)}, S^{(0)}$ – «невозмущенные» значения плотности воды, температуры, солености, β_T, β_S – коэффициенты разложения (считающиеся постоянными), $\beta_{TS}(T, S)$ – сумма всех других членов разложения функции состояния $\rho = \rho(T, S)$, а γ – числовой параметр, введенный формально в выражение для плотности.

Представим систему граничных и начальных условий, применяемых для **Ошибка! Источник ссылки не найден.** Граничные условия на поверхности Γ_s при $z = \xi(x, y, t)$

$$\left\{ \begin{array}{l} P = P_a, \\ U_n^{(-)} (\vec{U} \cdot \tau_x) + \frac{\partial \vec{U}}{\partial N_u} \cdot \tau_x = \tau_x^{(a)} / \tau_x^{(a)} \rho_0, \\ U_n^{(-)} (\vec{U} \cdot \tau_y) + \frac{\partial \vec{U}}{\partial N_u} \cdot \tau_y = \tau_y^{(a)} / \tau_y^{(a)} \rho_0, \\ w = \frac{\partial \xi}{\partial t} + um \frac{\partial \xi}{\partial x} + vn \frac{\partial \xi}{\partial y} - f_3, \\ U_n^{(-)} T + \frac{\partial T}{\partial N_T} + \gamma_T (T - T_a) = Q_T, \\ U_n^{(-)} S + \frac{\partial S}{\partial N_S} + \gamma_S (S - S_a) = Q_S, \end{array} \right.$$

Граничные условия на $\Gamma_{w,c}$ (на «твердой боковой стенке»):

$$\left\{ \begin{array}{l} U_n = 0, \frac{\partial \vec{U}}{\partial N_u} \cdot \tau_w = 0, \\ \frac{\partial T}{\partial N_T} = 0, \frac{\partial S}{\partial N_S} = 0, \end{array} \right.$$

Граничные условия на $\Gamma_{w,op}$ (на «жидкой части боковой стенки»):

$$\begin{cases} U_n^{(-)}(\bar{U} \cdot \bar{N}) + \frac{\partial \bar{U}}{\partial N_u} \cdot \bar{N} = U_n^{(-)} d, \\ U_n^{(-)}(\bar{U} \cdot \tau_w) + \frac{\partial \bar{U}}{\partial N_u} \cdot \tau_w = 0, \\ U_n^{(-)} T + \frac{\partial T}{\partial N_T} = U_n^{(-)} d_T, \quad U_n^{(-)} S + \frac{\partial S}{\partial N_S} = U_n^{(-)} d_S, \end{cases}$$

Граничные условия на Γ_H (на «дне»):

$$\begin{cases} w = um \frac{\partial H}{\partial x} + vn \frac{\partial H}{\partial y}, \\ \frac{\partial \bar{U}}{\partial N_u} \cdot \tau_x = -\tau_x^{(b)} / \rho_0, \quad \frac{\partial \bar{U}}{\partial N_u} \cdot \tau_y = -\tau_y^{(b)} / \rho_0 \\ \frac{\partial T}{\partial N_T} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial N_S} = 0, \end{cases}$$

Начальные условия ставятся для функций u, v, T, S, ξ :

$$u = u^0, v = v^0, T = T^0, S = S^0, \xi = \xi^0 \text{ при } t = 0$$

2. Метод разделения области

Рассмотрим метод разделения области для подзадачи о распространении тепла.

$$\begin{cases} T_t + (\bar{U}, \text{Grad})T - \text{Div}(v_T \text{Grad}T) = f_T \text{ в } D \times (t_0, t_1) \\ T = T(0) \text{ в } t = t_0 \text{ в } D \\ \bar{U}_n^{(-)} T - v_T \frac{\partial T}{\partial z} + \gamma_T (T - T_a) = Q_T + \bar{U}_n^{(-)} d_T \text{ на } \Gamma_s \times (t_0, t_1) \\ \frac{\partial T}{\partial N_T} = 0 \text{ на } \Gamma_{w,c} \times (t_0, t_1) \\ \bar{U}_n^{(-)} T + \frac{\partial T}{\partial N_T} = \bar{U}_n^{(-)} d_T + Q_T \text{ на } \Gamma_{w,op} \times (t_0, t_1) \\ \frac{\partial T}{\partial N_T} = 0 \text{ на } \Gamma_H \times (t_0, t_1) \end{cases} \quad (2)$$

Пусть область D разделена на две подобласти D_1 и D_2 кусочно-гладкой липшицевой поверхностью Γ_{in} .

Задача (2) может быть записана на каждой из подобластей с условиями сопряжения вида:

$$\begin{aligned} T_1 &= T_2 \\ U_{n,1}^{(-)} T_1 + \frac{\partial T_1}{\partial N_{T,1}} &= - \left(U_{n,2}^{(-)} T_2 + \frac{\partial T_2}{\partial N_{T,2}} \right) \end{aligned}$$

Введем «дополнительную неизвестную» v на $\Gamma_{in} \times (t_0, t_1)$ как

$$v \equiv U_{n,1}^{(-)} T_1 + \frac{\partial T_1}{\partial N_{T,1}} \text{ на } \Gamma_{in} \times (t_0, t_1),$$

Таким образом, сформулируем следующий алгоритм (предложенный В.И. Агошковым, см. в [5]) метода разделения области для уравнения конвекции-диффузии.

Пусть $v \equiv v_k$ уже определено. Тогда:

1. В D_i , $i=1,2$ определяется функция T_i как решение прямого уравнения при условиях на Γ_{in} :

$$U_{n,1} T_1 + \frac{\partial T_1}{\partial N_{T,1}} = v, \quad U_{n,2} T_2 + \frac{\partial T_2}{\partial N_{T,2}} = -v \text{ на } \Gamma_{in}$$

2. Решаются сопряженные задачи в D_i , $i=1,2$ и определяется функция T_i^* при условиях:

$$U_n^{(+)} T_1^* + \frac{\partial T_1^*}{\partial N_{T,1}} = m_{in} (T_1 - T_2), \quad U_n^{(+)} T_2^* + \frac{\partial T_2^*}{\partial N_{T,2}} = m_{in} (T_2 - T_1) \text{ на } \Gamma_{in}$$

3. Находится новое приближение v_{k+1} [6]:

$$v_{k+1} = v_k - \tau_k \left(\alpha (v_k - v^{(0)}) + m_{in} (T_1^* - T_2^*) \right) \text{ на } \Gamma_{in}$$

Данный алгоритм повторяется, пока не выполнилось условие остановки итерационного процесса.

3. Алгоритм крупноблочного распараллеливания на основе метода разделения области

Сформулируем параллельный алгоритм для задач, решаемых при помощи описанного выше метода разделения области:

1. Каждый процессор решает задачу в своей подобласти
2. После решения задачи в подобласти происходит обмен данными на границе
3. Каждый процессор решает сопряженную задачу в своей подобласти
4. После завершения происходит обмен данными на границе
5. Находим новое приближение
6. Переходим к пункту 1, пока не выполнилось условие остановки итерационного процесса

Схематично алгоритм можно представить следующим образом (см. рис. 1).

Данный алгоритм, примененный для тестовой задачи на прямоугольнике, где подобласти были равными, значительно сократил время расчетов.

Использование алгоритма крупноблочного распараллеливания также позволяет использовать распределенную память, а не общую, что является преимущественным для задач, в которых требуется использование достаточно большого объема памяти вычислительной системы.

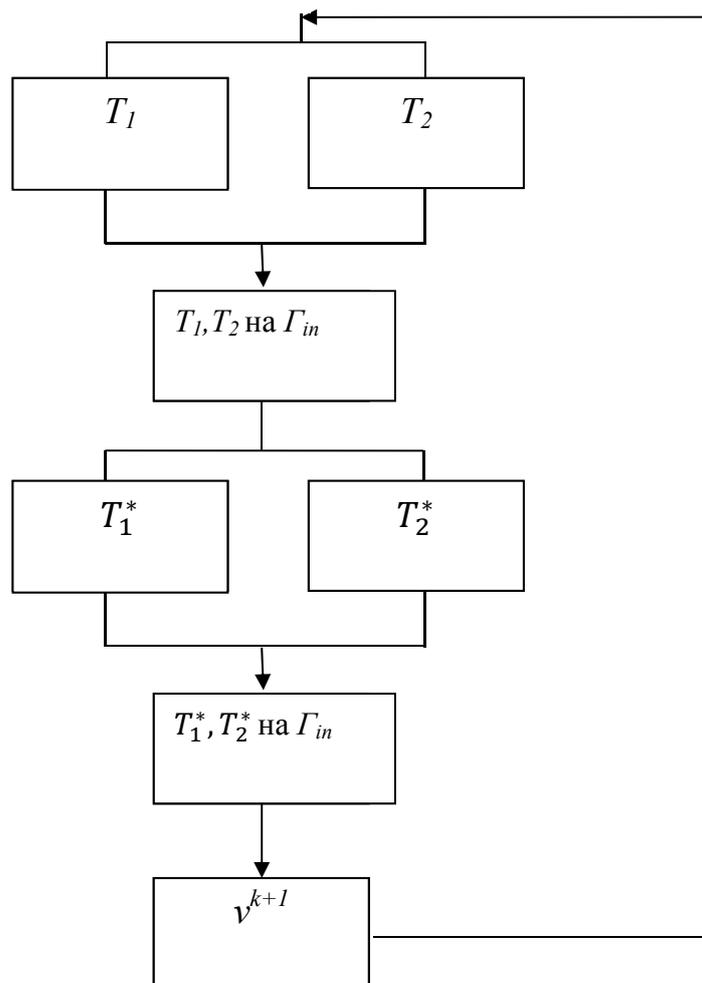


Рис. 1. Схема параллельного алгоритма

Funding: Работа выполнена при поддержке РФФ (грант 14-11-00609)

Список литературы

1. Агошков В.И. Методы разделения области в задачах математической физики // Вычислительные процессы и системы. Вып. 8. – М.: Наука, 1991.
2. Доронин Ю.П. Физика океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1978.
3. Марчук Г.И., Дымников В.П., Залесный В.Б. Математические модели в геофизической гидродинамике и численные методы их реализации. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.
4. Агошков В.И. Избранные труды. В 5 т. Т.3. Методы решения обратных задач и задач вариационной ассимиляции данных наблюдений в проблемах крупномасштабной динамики океанов и морей / В.И. Агошков. – М.: ИВМ РАН, 2016.
5. Agoshkov V., Gervasio P., Quarteroni A. Optimal control in heterogeneous domain decomposition methods for advection-diffusion equations //Mediterranean Journal of Mathematics. – 2006. – Т. 3. – №. 2.
6. Агошков В.И. Методы оптимального управления и сопряженных уравнений в задачах математической физики. – М.: ИВМ РАН, 2003.

СОВРЕМЕННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ

С.М. Мамбетуллаева

info@aknuk.uz

*Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук
Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан,
Республика Узбекистан, г. Нукус*

В Республике Узбекистан одной из приоритетных задач государственной политики является «Создание здоровой среды проживания людей». Стратегическая цель государства по смягчению отрицательных последствий заключается в гарантированном обеспечении населения доброкачественной питьевой водой. В условиях суверенитета Узбекистан осуществляет переход к устойчивому развитию через сбалансированное и взаимосвязанное решение экологических, экономических и социальных проблем.

В системе взаимоотношений человека с окружающей средой все более актуальной становится оценка здоровья населения. Состояние здоровья человека зависит от многочисленных факторов, среди них — природные условия, тип хозяйственной деятельности, образ жизни, уровень культуры и санитарно-гигиенических навыков, медицинское обслуживание, наличие природных предпосылок болезней, вредных веществ техногенного происхождения и др. В системе взаимоотношений человека с окружающей средой все более актуальной становится оценка здоровья населения. Состояние здоровья человека зависит от многочисленных факторов, среди них — природные условия, тип хозяйственной деятельности, образ жизни, уровень культуры и санитарно-гигиенических навыков, медицинское обслуживание, наличие природных предпосылок болезней, вредных веществ техногенного происхождения и др.

Проведенный нами прогноз (на 2000-2010 гг.) общей заболеваемости населения в регионе Южного Приаралья показал, что фактические значения уровней общей заболеваемости населения практически полностью или близко совпали с прогнозными значениями показателей по следующим классам:

- болезни органов дыхания (% отклонения = 0,9)
- болезни нервной системы (% отклонения = 1,5),
- болезням эндокринной системы (% откл. = 3,5),
- инфекционным и паразитарным заболеваниям (% отклонения = 3,1).

У детей и подростков, высокая степень соответствия расчетных значений прогноза фактически сложившимся в 2008-2011 гг. показателям оказалась по следующим классам первичной заболеваемости:

- 1) болезнями мочеполовой системы (отклонение = 0,8 %),
- 2) болезням органов дыхания (отклонение = 1,4%),
- 3) болезни пищеварительной системы (отклонение = 1,8 %).

Таким образом, мы приходим к следующим выводам:

Прогнозные оценки развития тенденций в динамике важнейших показателей здоровья населения, в первую очередь заболеваемости и инвалидности, служили базисом при разработке стратегии, региональных целевых программ.

Общая заболеваемость связана с самыми различными факторами, имеющими самые различные характеристики (социальные, экономические, экологические, климатические, демографические и др.).

На сложную динамическую систему «Народонаселение», изменяющуюся во времени, воздействует комплекс экологических факторов, загрязняющих окружающую среду.

Результатом этого воздействия является общее количество заболеваний населения, которое в конечном итоге приводит к показателю смертности.

КОЛЕБАНИЯ ЗДАНИЯ И КОНТРОЛЬ ЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

А.Ю. Марченков

am20030805@list.ru

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Россия, г. Москва*

На определённом уровне амплитуд все здания и сооружения совершают вынужденные колебания в широком спектре амплитуд и частот. Вызывающие эти вибрации причины называются нагрузками и в терминологии СНиП (см. напр. СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия»), относятся к кратковременным, в отличие от длительных и постоянных, связанных, в основном, с массами тех или иных объектов конструкции здания, его наполнения, окружающего грунта и осадков. Наибольшими, с точки зрения мощности воздействия, источником колебаний являются т.н. ветровые нагрузки. Очевидно, что они практически постоянны по времени, за исключением периодов полного штиля. Другим характерным источником механического движения здания является антропогенная активность. Это и работа оборудования, размещённого в здании, и движение транспорта и техники рядом с ним, и даже перемещения людей внутри сооружения. Существует и относительно редкий, но наиболее опасный источник вибровоздействий – землетрясения. С точки зрения амплитуды вынуждающей силы этот источник максимален, особенно для сейсмоактивных районов. Амплитуда воздействий, связанных с давлением ветра и его порывов, в общем, существенно меньше и возрастает с ростом этажности. Амплитуда остальных упомянутых воздействий ещё меньше. Что касается спектрального состава, то для ветровых нагрузок, помимо давления, для высотных зданий введено вихревое возбуждение, связанное с геометрией здания и зависящее от частот двух первых мод собственных колебаний и добавляемое к постоянному давлению ветра. Для сейсмического сигнала частотный состав нормируется как спектр реакции.

Итак, все упомянутые нагрузки в терминологии СНиП, относятся к кратковременным. Однако надо заметить, что краткость времени воздействия землетрясения по отношению к ветровым нагрузкам вполне очевидна, в то время, как краткость самих ветровых нагрузок весьма относительна и, даже для сильных ветров ($>20\text{m/s}$) достигает нескольких десятков минут несколько раз в год, тогда как длительность колебаний от землетрясения не превышает нескольких минут. В терминах сейсмической интенсивности, учитываемой при проектировании зданий, в [Аптикаев Ф.Ф., Инструментальная шкала сейсмической интенсивности», М., Наука и образование, 2012г., 175 стр.] рассматриваются вопросы длительности колебаний в применении к расчётам инструментальной шкалы сейсмической интенсивности. Отмечается, в частности, что экспериментально установлен факт повышающего влияния этой длительности на расчётную интенсивность воздействия при той же амплитуде вызывающего колебания здания сигнала.

Можно предположить, что слабые, не приводящие непосредственно к разрушению конструкций, но длительные колебания, в конечном счёте, оказывают своё отрицательное воздействие. Причём этот процесс может привести к разрушению объекта прежде рассчитанного конструкторами срока службы, определяемым по длительным и постоянным в обсуждённых терминах нагрузкам, например, весом здания.

Традиционным способом контроля состояния является мониторинг объекта, сводящийся, в сущности, к контролю величины тех или иных измеряемых параметров. Так, на производстве работоспособность сложного оборудования и его ключевых систем оценивается по спектральному составу его колебаний в процессе эксплуатации. Измеряются частоты и амплитуды (или соотношение амплитуд для ряда частот) вибраций, эти измерения вполне объективны и метрологически хорошо обеспечены. Эти частоты (и кратные им) чаще всего связываются с рабочими оборотами валов, а амплитуды с их биениями. При выходе параметров за интервал заранее заданных (рассчитанных) нормальных значений делается вывод о потере эксплуатационных качеств или аварии системы.

В строительстве подобный подход так же используется, в основном на высотных зданиях, но контролируются не рабочие частоты установленного в них оборудования, а частоты собственных колебаний (ЧСК) сооружений, обычно первые две моды, а так же определяется тип колебаний – изгибные они или сдвиговые. Иногда, в случае высотных зданий особенно, контролируется и вращательная мода. Указанная практика в последние годы находит отражение в СНИПах и СП, то есть она на законодательном уровне признана необходимой при эксплуатации зданий, особенно в сейсмически активных районах РФ. К таким районам относятся Северный Кавказ, Байкал, Камчатка [ОСР]. Кроме того, при росте плотности и этажности застройки, требования наличия систем мониторинга начинают распространяться на отдельные населённые агломерации, например Москву и Санкт-Петербург [МГСН 4.19-05 «Многофункциональные высотные здания и комплексы»,

ТСН 31-332-2006 «Жилые и общественные высотные здания», Санкт-Петербург].

В обеспечение опережающего накопления информации фактического и методического характера в МГУ система вибрационного мониторинга установлена на высотном (Главном) здании МГУ (ГЗ МГУ) в 2010г. При этом необходимо упомянуть, что первая работа по установлению характера колебаний этого здания была проведена непосредственно по завершении его строительства. В это же время была заложена инфраструктура для монтажа оборудования постоянного контроля уровня колебаний и в 70-х годах система была введена в эксплуатацию. Продолжалась эта эксплуатация относительно недолго, что связано было, по нашему мнению, с большими расходами на её содержание и обработку аналоговой информации, поступающей с датчиков и фиксирующейся на фотобумагу. В 2007г. начались работы по восстановлению всех систем мониторинга ГЗ МГУ, включающая гидрогеологические и реологические (для несущих элементов каркаса и шпиля). В связи с изменением типа регистрации на цифровую, система вибромониторинга после проведения рекогносцировочных работ была смонтирована на современном технологическом уровне с использованием имеющейся инфраструктуры. Функциональной и аппаратурной основой стал доказавший свою работоспособность подход, применяющийся в сети сейсмостанций Геофизической службы РАН. В настоящее время на её обслуживание не требуется чрезмерно больших затрат ресурсов, в т.ч. материалов и рабочего времени. Кроме основной, система была дополнена двумя станциями, установленными в рамках проекта на территории МГУ на Ленинских горах.

В настоящем докладе представлены некоторые результаты анализа полученных за время эксплуатации системы вибрационного мониторинга данных о его, здания, колебаниях.

В высотном здании вдоль его оси расположены 13 станций, 8 в теле и ещё 5 в шпиле. При составлении проекта был учтён результат предварительных измерений амплитуд и частот колебаний здания на разных уровнях, что позволило выработать требования к характеристикам датчиков. Так, в теле здания установлены трёхкомпонентные сейсмометры СМ-3ОС, с полосой рабочих частот 0.02 – 20Гц, а в шпиле – акселерометры А-68 с полосой 0.1-100Гц [Марченков А.Ю., Капустян Н.К., Смирнов В.Б. «Опыт регистрации сейсмического воздействия на высотное здание МГУ», //Геофизические исследования, 2015, т.16, №3, с.31-42]. Это решение, наряду с настройкой параметров регистраторов, позволило полностью перекрыть частотный и амплитудный диапазон, в котором находятся соответствующие величины колебаний здания. Синхронизация записей осуществляется с высокой точностью по сигналам GPS. Регистрация проводится непрерывно с частотой 100 отсчётов в секунду по всем каналам. Сейсмограммы хранятся на двух независимых серверах, что обеспечивает достаточный уровень надёжности системы в целом. Для архивации данных

используется файловая система суперкомпьютера МГУ BlueGene. За период с начала эксплуатации объём архива составил около 25Тб с учётом сжатия и дублирования сейсмограмм.

Схема расположения датчиков в высотном здании представлена на рис.1а, на территории МГУ датчики расположены согласно схеме рис.1б. На схеме б указана дополнительно функционирующая с 2002г. сейсмостанция физического факультета МГУ, установленная вне указанного выше проекта, но содержащая датчики, близкие по характеристикам к тем, что используются в ГЗ МГУ. Её данные дополняют информацию, на основе которой сделаны приведенные ниже заключения.

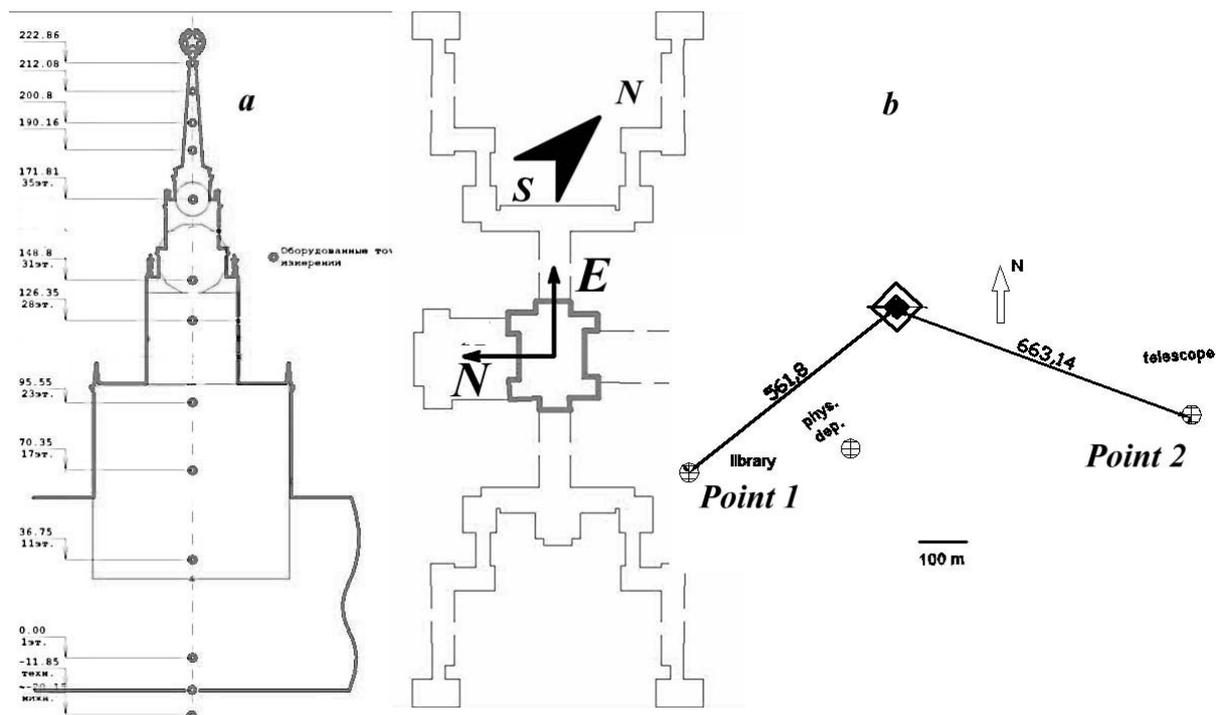


Рис.1. Расположение датчиков системы мониторинга МГУ а) в здании, б) на территории.

Основным результатом, с точки зрения заявленных задач, явился тот факт, что за время эксплуатации ГЗ МГУ частота первой (сдвиговой) моды собственных колебаний его упала с 0.55Гц в 1953г. до 0.464Гц в 2013г. Для шпиля это значения 0.88 в 1982г. и 0.762Гц в 2013г. Для шпиля подобного рода изменение согласуется с утяжелением конструкции набором антенн связи разного применения, появившимся на рубеже веков. Для самого здания, возможно, такое изменение можно связать с появлением дополнительной нагрузки от мебели и оборудования, т.к. параметр собственной частоты колебаний чувствителен к массе, но он также чувствителен к жёсткости конструкции. К уменьшению частоты ведёт уменьшение жёсткости, что говорит уже об изменениях в состоянии конструкции здания. Какая из указанных причин и в какой пропорции вызывает отмеченное изменение ЧСК предстоит выяснить.

С возникновением подобного вопроса связан один существенный момент, который тоже может найти отражение в строительных нормах, а

именно, введение обязательной сертификации здания по измеренному параметру ЧСК, наряду с измеренной же добротностью.

В качестве иллюстрации зафиксированных системой мониторинга приведём ряд обработанных записей. Обработка здесь сводится к спектральному анализу и наглядному представлению полученных результатов. Так, в 2010г. в Москве наблюдалось достаточно редкое по продолжительности явление «ледяного дождя», на рис.2 показана спектрограмма синхронного изменения частоты собственных колебаний шпиля ГЗ МГУ.

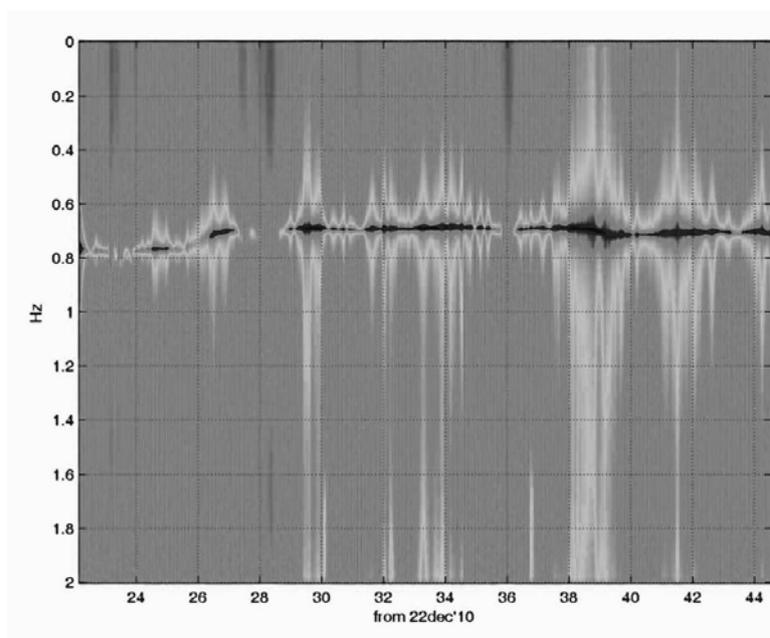


Рис.2. Спектрограмма колебаний шпиля ГЗ МГУ.

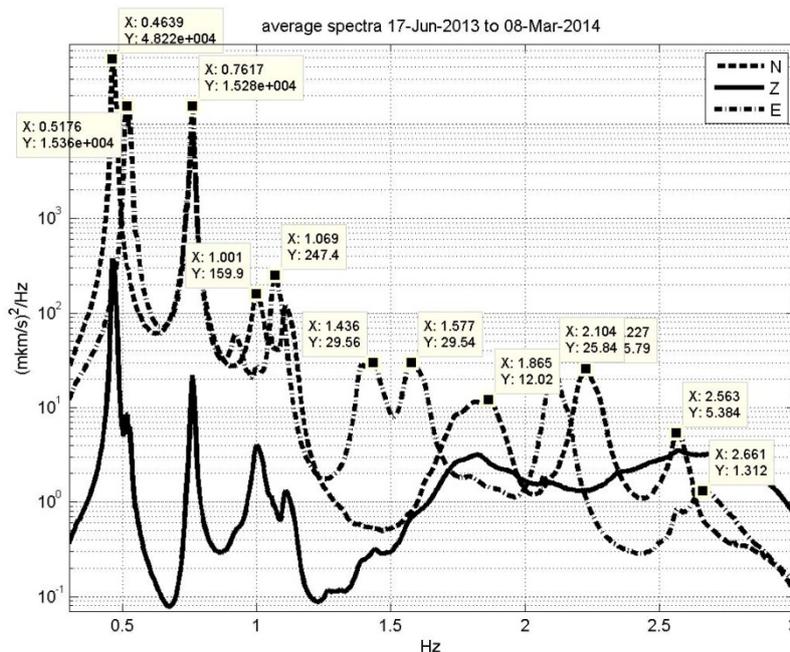


Рис.3. Осреднённые за 9 месяцев спектры колебаний ГЗ МГУ по трём компонентам на низких частотах (0.4-3Гц) для 23-го этажа (отметка 95.56м).

Осреднённые спектры колебаний на низких частотах приведены на рис.3. Обращает на себя внимание различие частот первой моды колебаний по компонентам N и E, 0.46 и 0.52Гц соответственно, что связано с особенностью конструкцией здания – в направлении E до 13 этажа высотная часть, зона А, подпирается крыльями зон Б и В, в направлении N таких упоров нет. Кроме того, на спектре компоненты Z (вертикальной) прослеживаются оба этих пика, но с разными уровнями. Второй по уровню пик соответствует ЧСК шпиля здания, колебания которого передаются в тело здания, 0.76Гц. Т.к. шпиль фактически симметричен, частоты его колебаний по горизонтальным направлениям не различаются. Следующая группа частот, около 1Гц, соответствует второй моде изгибных колебаний. Более высокие частоты – следующим модам, в т.ч. сдвиговым.

Продемонстрируем зависимость ЧСК от времени на относительно коротком промежутке срока эксплуатации (9 месяцев). На рис. 4а приведен временной ход для частот спектральных пиков. Обращает на себя внимание относительная неустойчивость частот, проявляющаяся в разное время и возрастающая с ростом номера моды колебаний. Наиболее устойчивыми и, таким образом, наиболее интегрирующими параметры конструкции здания, являются частоты первых мод. Тем не менее, они тоже изменяются со временем (см. рис. 4б). Изучение особенностей таких изменений и вызывающих их причин отнесено на срок, позволяющий накопить больше информации, что позволит широко применять статистические методы оценки и повысить качество выводов, в т.ч. методического характера. Однако, возвращаясь к времени действия кратковременных, по СНиП, ветровых воздействий, интерпретируя при этом возрастание ЧСК здания и шпиля в летнее время как нелинейную реакцию на повышение скорости ветра, можно утверждать, что повышенное ветровое воздействие оказывается на высотное здание МГУ в течение всего летнего периода. Впрочем, такое повышение частоты можно попытаться связать и с сезонным температурным ходом, что ещё раз демонстрирует необходимость тщательного изучения процессов в здании, а это, в свою очередь, требует достаточного для анализа объёма данных, которые и позволяет накапливать функционирующая система мониторинга.

В заключение отметим ещё ряд моментов, связанных с зарегистрированными системой мониторинга сигналами. Во-первых, колебания первых мод удаётся зарегистрировать на расстоянии от здания. Так, на рис. 5 представлены спектрограммы колебаний для пунктов наблюдения, расположенных вне высотного здания. Видно, что на частоте 0.76Гц время от времени появляется сигнал, превышающий фон. Он интерпретируется нами как прошедшие через ГЗ МГУ и грунт колебания шпиля при сильном ветре. На тех же спектрограммах можно проследить появление узкополосных сигналов, причём часть из них возникает и ведёт себя синхронно для обоих пунктов. Амплитуда этих колебаний превышает фон для дневного и ночного времени и не связана с метеорологической

обстановкой. Можно говорить, что это результат запуска неких механизмов, вибрации при работе которых в виде упругих волн так же проходят через грунт. Регистрация подобного рода колебаний, при некоторых стараниях, позволяет получать информацию об антропогенных процессах в районе установки системы мониторинга, что, в общем, расширяет её возможности и область применения.

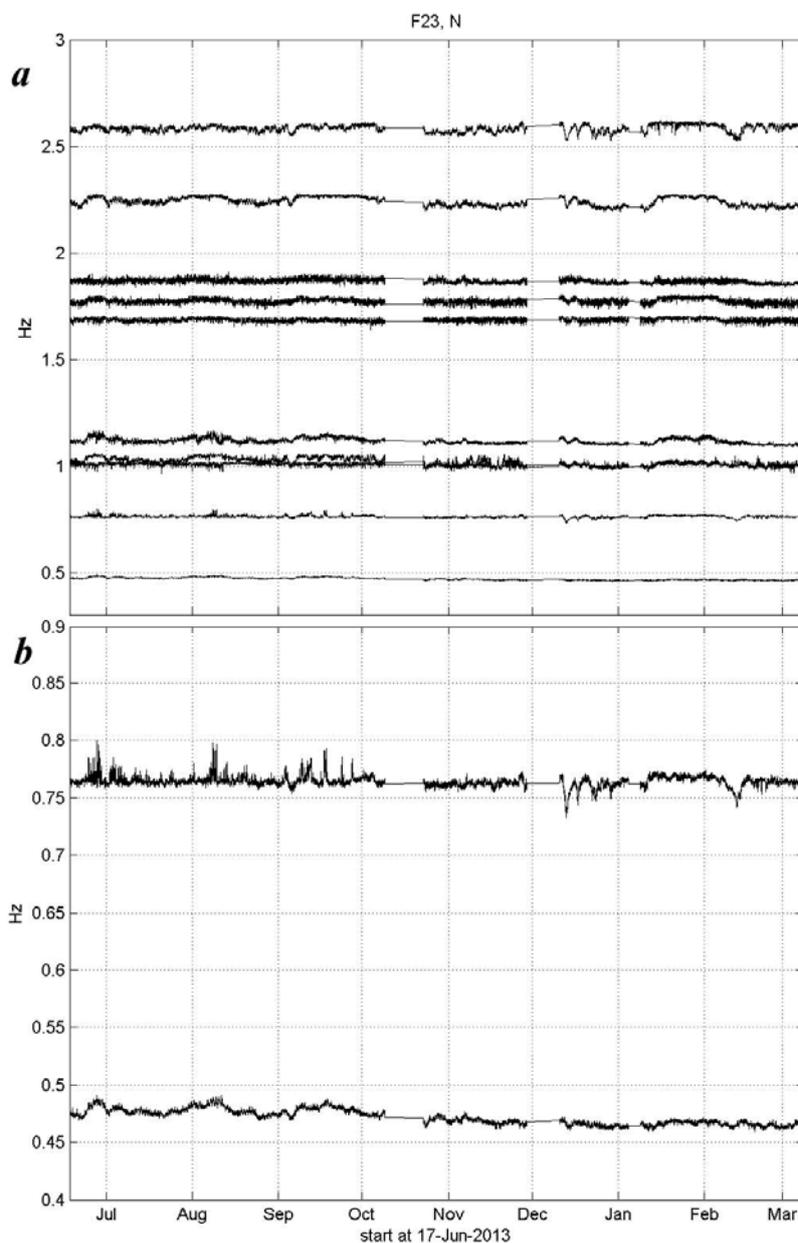


Рис.4. а) Диаграмма частот спектральных пиков в диапазоне 0.4-3Гц, этаж 23, компонента N, б) диапазон частот 0.4-0.9Гц.

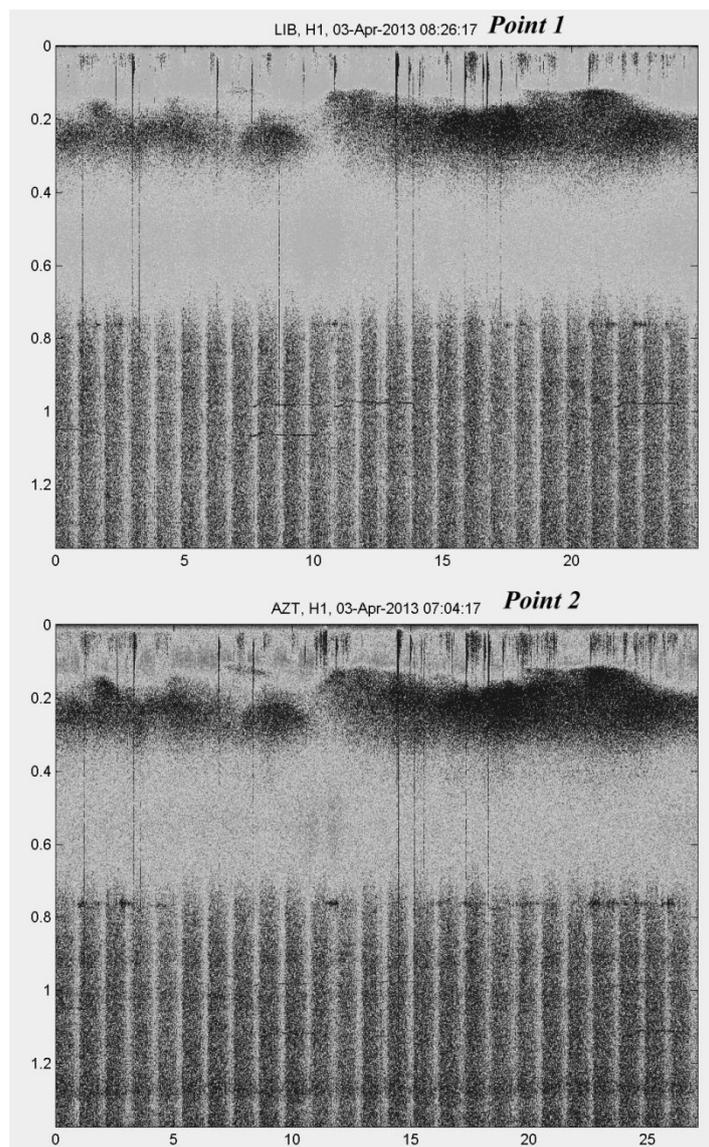


Рис.5. Спектрограммы колебаний, зафиксированных в пунктах 1 и 2 системы мониторинга.

ФАКТОР ЭВТРОФИРОВАНИЯ ВОД ВИСЛИНСКОЙ ЛАГУНЫ КАК ЭЛЕМЕНТ КУПЗ РЕГИОНА

² В.Н. Медведева, ¹ О.Ю. Нижниковская

¹*Балтийский федеральный университет им. И. Канта,*

²*Музей Мирового океана,*

Россия, г. Калининград

В современных условиях использование Вислинского залива может регулироваться только с учетом целостности и взаимного влияния любого типа использования ресурсов Вислинского залива. В этом может помочь внедряемая методология КУПЗ, которая основана не на государственных, а на экосистемных границах. Для того чтобы прибрежное управление было комплексным оно должно рассматривать прибрежную зону как единую природную и социально-экономическую систему.

Успешное использование ресурсов Вислинского залива зависит от качества воды, что позволяет признать одним из главных факторов процесс эвтрофирования его вод. Согласно ГОСТу 17.1.1.01-77, эвтрофирование (эвтрофикация, эвтрофия) вод есть повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под воздействием антропогенных или естественных (природных) факторов.

Известно [1], что индикатором эвтрофирования и загрязнения вод является информация о содержании в воде хлорофилла «а» как показателя интенсивности развития фитопланктона и «цветения» воды. Оценка экологического состояния и мониторинг этого показателя в Балтийском море предусмотрены Морской стратегией и Водной Директивой Европейского Союза [1]. Согласно этим нормативным документам прибрежные страны, включая страны Балтийского моря, на основе анализа многолетних данных должны создать региональные системы классификации качества вод.

Многолетние наблюдения за акваторией Вислинского залива [2, 3] показали значительную сезонную и пространственную изменчивость основных термодинамических параметров морской воды – температуры, солености, содержания биогенных элементов, хлорофилла и др. В летний период на отдельных участках акватории залива наблюдается цветение синезеленых водорослей, что ведет к скоплению фитопланктона в поверхностном слое и, как следствие, к локальному изменению уровня эвтрофированности вод [1].

Полученные данные об отсутствии прямых зависимостей между обилием фитопланктона (концентрацией хлорофилла «а»), первичной продукцией и температурой свидетельствуют о необходимости комплексного анализа факторов среды, определяющих структуру и продуктивность фитопланктона.

Для оперативного мониторинга акваторий и для получения информации к принятию решений задач управления природными ресурсами наиболее эффективным является использование спутниковой информации, включая спутниковые радиолокационные наблюдения, позволяющие получать информацию об изменениях морской поверхности независимо от освещенности и облачного покрова, в широкой полосе обзора и с высоким пространственным разрешением.

Для Вислинского залива объединение уже выполненных полигонных наблюдений с архивными спутниковыми съемками водной акватории может позволить получить целостную картину изменчивости процесса эвтрофикации вод. Очевидно также, что первичная продукция и степень эвтрофирования вод лагуны должны быть параметрами КУПЗ региона. Классический мониторинг не решает проблемы подробности и как по пространству, так и по времени. Поэтому ДДЗ необходим как естественный компонент КУПЗ.

Список литературы

1. Александров С.В. первичная продукция планктона в лагунах Балтийского моря (Вислинский и Куршский заливы) / С.В. Александров; Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Калининград: АтлантНИРО, 2010. 228 с.
2. Александров С.В. Оценка экологического состояния юго-восточной части Балтийского моря с использованием гидробиологических и гидрохимических данных // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2006-2007 годах. Т.1. Балтийское море и заливы. Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2009. С. 217-227.
3. Семенова С.Н., Хлопников М.М. Современное состояние альгофлоры Калининградской области // Промыслово-биологические исследования Атлант НИРО в Балтийском море в 1996-1997 годах: сб. науч. тр. / Атлант НИИ рыб. хоз-ва. и океанографии. Калининград. 1998. С. 96-129.

ОБЗОР МЕТОДОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ОЧАГОВ СУБМАРИННОЙ РАЗГРУЗКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ

О.А. Навазова, Г.С. Михневич

*Балтийский федеральный университет им. И. Канта
Россия, г. Калининград*

Традиционно выделяется несколько групп методов выявления очагов субмаринной разгрузки: методы непосредственного обследования субмаринных родников, дистанционные и визуальные методы, методы изучения донных осадков и методы гидрохимических исследований придонного слоя воды (Зекцер, 2001).

Методы непосредственного обследования субмаринных родников (водолазные работы, индикаторный метод), широко применяемые в карстовых условиях, для Юго-Восточной Балтики малоперспективны, поскольку сосредоточенная разгрузка возможна лишь по линиям тектонических разломов или в желобообразных углублениях дна. В силу высокой мутности прибрежных вод и рассеянного характера субмаринной разгрузки спорной является и возможность использования данных дистанционного зондирования, хотя по данным Загородных (2011) на космических снимках на небольших глубинах моря были выявлены аномалии, вероятно связанные с разгрузкой термальных соленых подземных вод. Гидрогеологические особенности юго-восточной части Балтийского моря таковы, что для выявления очагов субмаринной разгрузки наиболее перспективными будут методы экспериментального исследования состава и свойств донных отложений и придонного слоя воды.

Предварительные работы по отработке методики выявления очагов субмаринной разгрузки гидрохимическими способами были проведены на кафедре географии океана БФУ им. И. Канта в 2011-2013 гг. Наиболее приемлемым способом выявления очагов разгрузки подземных вод являются гидрохимические исследования придонного слоя воды, производимые на судах, оснащенных специализированным оборудованием (зонды, производящие определение электропроводности, температуры, глубины, кислорода, рН (STD-зонд), приборы для картирования рельефа дна и

структуры донных отложений (эхолот, локатор бокового обзора, профилограф), устройства для отбора проб воды на разных горизонтах (батометр). STD-зондирование позволяет выбрать участки дна с положительными или отрицательными аномалиями температуры и солености придонных вод; на этих участках устанавливаются гидрохимические станции, производится отбор проб морской воды на разных горизонтах.

Для локализации гидрохимических аномалий, вызванных разгрузкой подземных вод перспективно использование коэффициентов, различающихся для положительной и отрицательной аномалии солености и основанных на соотношении главных ионов (Мокрик Р.В. и др., 1984), поэтому пробы воды подвергаются лабораторным исследованиям с помощью спектрофотометра, пламенного фотометра или методом оптической эмиссионной спектроскопии на содержание главных ионов.

Визуализация данных STD-зондирования, гидрохимических данных и моделирование положения участков разгрузки подземных вод осуществляется с помощью программных комплексов Surfer или Ocean Data View.

ПРИРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭКОНОМИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И УМЕНЬШЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Б.Ж. Нарымбетов

bakhytn@aknuk.uz, info@aknuk.uz

*Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук
Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан,
Республика Узбекистан, г. Нукус*

Объекты теплоснабжения зданий социального и производственного назначения являются одними из основных источников эмиссии парниковых газов. Снижение потребления тепловой энергии в зданиях примерно на 25% эквивалентно экономии 5 куб.м. природного газа на один кв.м. в год, что сокращает выброс в атмосферу около 10 кг CO₂. Исследования показывают, что энергосбережение указанного объема, а также уменьшение загрязнения окружающей среды, могут быть реализованы утеплением существующих зданий с применением эффективных теплоизоляционных систем и материалов. В технологически развитых странах в качестве утеплителя, наряду с другими материалами, эффективно применяется вспученный вермикулит, как в чистом виде, так и в качестве наполнителя строительных смесей, декоративных штукатурок и плит. В Узбекистане вспученный вермикулит в качестве строительных материалов еще не нашел широкого применения. По данным АК "Узстройматериалы", ДП "Каракалпак-верми" (производственная мощность - 4,8 тыс. тонн в год) в 2012 году приступили к освоению первого в Узбекистане месторождения Тебинбулак, где запасы вермикулита оцениваются примерно в 3 миллиона тонн. Сдерживающим

фактором применения в строительстве, на наш взгляд, является энергетические расходы, связанные с получением вспученного вермикулита.

Нами проанализированы результаты предварительных рентгенографических исследований минералогического состава, влияния способов обогащения и обжига на структуру вермикулита Тебинбулакского месторождения.

В Тебинбулакском месторождении вермикулитовую породу можно добывать открытым (карьерным) способом. Месторождение в минералогическом отношении относится к многокомпонентной системе с содержанием вермикулита-сырца от 15 до 30%. Первичное обогащение породы можно осуществить в процессе добычи ручной разборкой по внешним признакам вермикулита и пустой породы. В промышленных масштабах, обогащение вермикулитовой породы можно осуществить несколькими способами [1-3]. Вспучивание механически измельченных и выделенных на фракции образцов осуществляли введением в предварительно нагретые до различных температур муфельные печи и выдерживанием до 10-15 минут.

На рис. 1 приведены рентгеновские дифрактограммы исходного пластинчатого (а), 3-1 мм (в) и 1-0,5 мм (с) фракций механически диспергированных образцов вермикулита в интервале дифракционных углов $2\Theta=5-35^\circ$. Расчеты дифрактограмм показали, что образцы состоят из ассоциации двух модификаций вермикулита, отличающихся содержанием молекулярной воды. Изменения дифракционных картин показывает различное влияние механического диспергирования на указанные фазы.

На рис. 2 показаны фрагменты дифрактограмм, термообработанных при температурах 400°C (а) и 600°C (в) образцов вермикулита фракции 1-0,5 мм в течение 10-15 минут. Присутствующие в исходных образцах кристаллические фазы сохраняются и после термообработки при 600°C , хотя в окрестности селективных максимумов усиливается интенсивность диффузного рассеяния. Термообработка других фракций механически диспергированных образцов вермикулита дает аналогичные результаты. Наибольшее увеличение объема при вспучивании наблюдается в фракциях с более крупными частицами. Продолжительность нахождения образца при указанных температурах, также не оказывает существенного влияния на вид дифракционных картин.

На основе анализа результатов исследования, влияние предварительной обработки растворами показало, что наиболее перспективным является модифицирование вермикулита солями, разлагающихся начиная с 300°C температур. Механическое диспергирование и термообработка при $400-600^\circ\text{C}$ вермикулита Тебинбулакского месторождения дает вспученный кристаллический вермикулит необходимых фракций, пригодных для использования в качестве наполнителя теплоизоляционных систем.

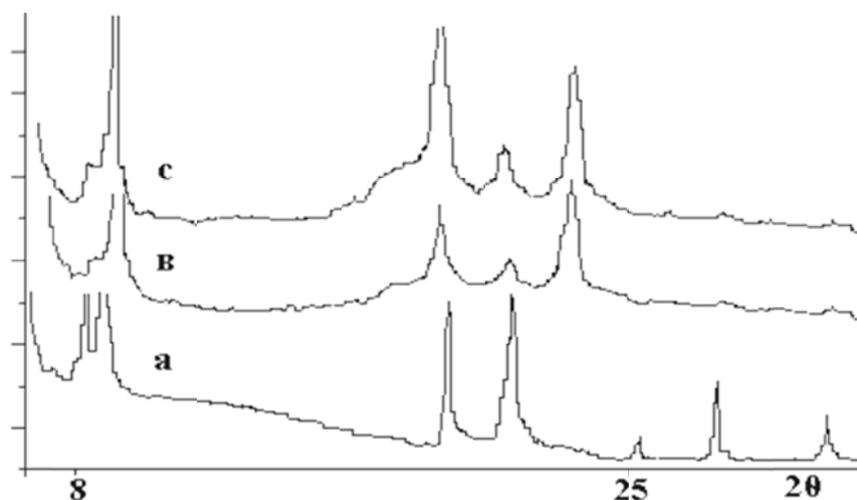


Рис. 1. Дифрактограммы исходного пластинчатого (а) и механически диспергированных (в-с) образцов вермикулита

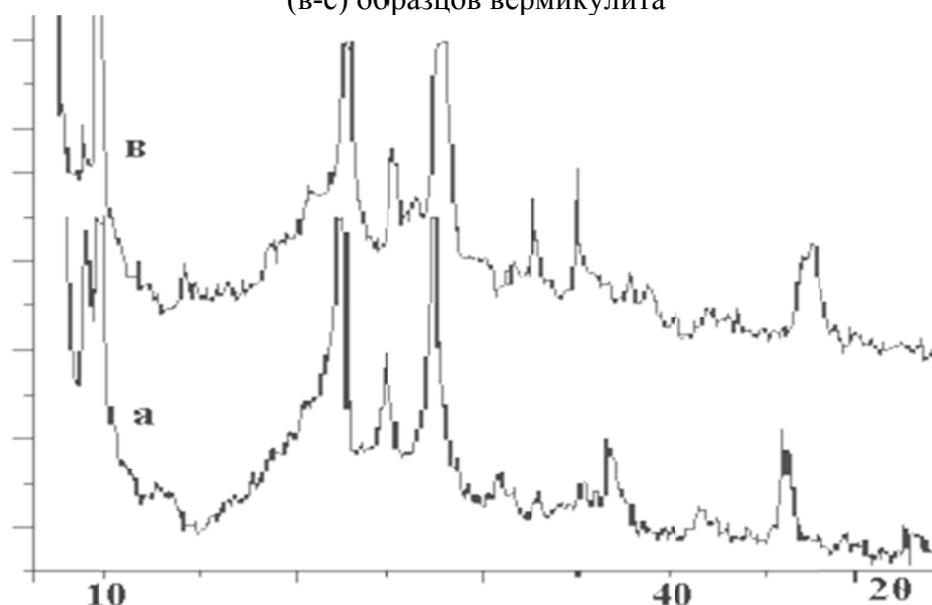


Рис. 2. Фрагменты дифрактограмм термообработанных при различных температурах образцах вермикулита фракции 1- 0,5 мм

Список литературы

1. Пожнин А.П. О природе вспучивания вермикулита // Строительные материалы из попутных продуктов промышленности.- Л.: ЛИСИ, 1981, с.36-42.
2. Бердимбетова Г.Е., Ерназаров У.К. и Статов В.А. Исследование структуры вермикулитовых глин месторождения Тебин-Булак. // Вестник Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан, 2002, №6, с.34.
3. Ерназаров У.К., Бердимбетова Г.Е., Статов В.А., Абдикамалов Б.А.. Структура модифицированных химически и термохимическими способами кристаллического вермикулита Тебинбулакского месторождения. // Вестник Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан, 2005, №4, с.24-25.

ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ КЛИМАТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И ВРЕДИТЕЛЕЙ РАСТЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ АБХАЗИЯ

Х.А. Начкебия, А.К. Ахсалба

asida_cen@mail.ru,

Абхазский государственный университет, Республика Абхазия, г. Сухум

Исследование параметров влияния отдельных элементов климата на продуктивность антропогенных объектов, в которых основной компонент – преимущественно культурная растительность, является фундаментом для выбора стратегии развития отрасли растениеводства. При этом, как правило, выделяются параметры, определенные в зональном аспекте за весь вегетационный период. Природно-климатические факторы оказывают заметное влияние на продуктивность сельскохозяйственного производства и могут существенным образом повлиять на экономическое развитие общества, его продовольственную безопасность, а также безопасность жизни людей.

Цель работы: изучить основные факторы сельского хозяйства, проанализировать информацию вредителей агроценозов Абхазии.

К факторам, лимитирующим плодородие почв, относятся показатели состава, свойств и режимов почв, снижающие урожай культурных растений и биопродуктивность естественных фитоценозов. Следует различать общепланетарные лимитирующие факторы, характерные для почв всех природных зон, внутризональные (региональные), характерные для определенных зон и регионов, и местные, характерные для небольших территорий. К общепланетарным можно отнести: недостаточную обеспеченность элементами питания, повышенную плотность, неудовлетворительную структуру, пониженное содержание легкоразлагаемого органического вещества [2, с. 197, 3, с. 230, 4, с. 69].

На рис.1 приведена карта с указанием численности населения по районам Абхазии.

Видно, что наиболее густонаселенным является Сухумский район (64,2 тыс.чел).

В табл. 1 приведено распределение сельхозугодий по районам Абхазии.

Из табл. 1 видно, что наибольшие площади земель для сельхозпроизводства и в личном пользовании граждан приходится на Очамчирский район.

В табл. 2 приведены основные показатели развития сельского хозяйства за последнее десятилетие.

Видно, что последние годы посевные площади увеличили для цитрусовых культур, кукурузы и овощей.

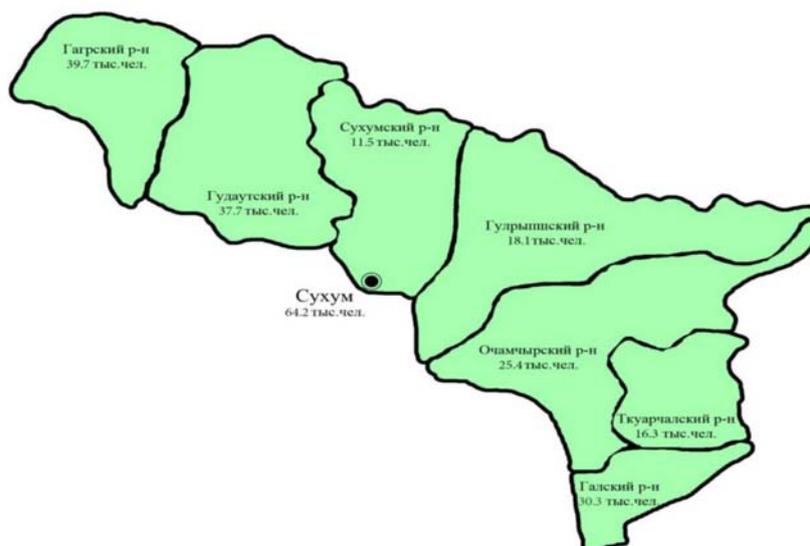


Рис.1. Карта республики Абхазия с выделением границ и численности по районам.

Таблица 1

Распределение сельхозугодий по землепользователям 2016 года

Районы	Земли, используемые землепользователями, занимающимися сельхозпроизводством (га)	в том числе	
		сельхозпредприятий и организаций	в личном пользовании граждан
Итого по Абхазии	397263	381439	15824
Гагрский	35540	33645	1895
Гудаутский	63212	60161	3051
Сухумский	48634	47248	1386
Гулрыпшский	65112	63106	2006
Очамчырский	108410	105233	3177
Ткуарчалский	33203	31557	1646
Галский	43152	40489	2663

Таблица 2

Основные показатели развития сельского хозяйства

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Посевная площадь (во всех категориях хозяйств, кроме хозяйств населения), га	5110	6821	7454	6872	6953	6287	3654	3985
<i>в том числе:</i>								
кукуруза на зерно	4917	6450	7111	6582	6840	6002	3613	3934
овощи	76	194	203	187	73	256	25	51
Заготовка основных видов с/х продуктов, т								
чайный лист	550	380	874	239	200	-	-	-
цитрусы	2872	4670	4204	3281	4536	3245	7491	5254
овощи	1046	1682	363	939	1626	1826	1566	3756

В табл.3 приведены площади плодово-ягодных и виноградных насаждений за последние пять лет.

Следует отметить, что ежегодно площади плодово-ягодных и виноградных насаждений увеличиваются.

Таблица 3

Площади плодово-ягодных и виноградных насаждений

	2011	2012	20 13	2014	2015
Площадь плодово-ягодных насаждений (тыс.га.)	16,2	17,0	17,9	17,7	18,9
<i>из них:</i>					
цитрусовые, фейхоа, хурма	6,4	6,6	6,9	6,8	7
виноградники	1,9	2,1	2,3	2,4	2,6
<i>в том числе в плодоносящем возрасте:</i>					
цитрусовые, фейхоа, хурма	6,2	6,5	6,3	6,4	6,6
виноградники	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4

В табл. 4 нами приводится валовый сбор основных продуктов растениеводства.

Из таблицы 4 видно, что валовый сбор наиболее высок для цитрусовых культур.

В табл.5 анализ реализации основных продуктов сельского хозяйства.

Таблица 4

Валовый сбор основных продуктов растениеводства

	2011	2012	2013	2014	2015
Зерно (кукуруза)	13,7	14,2	15,8 15,6	16,1 15,3	17,3
Овощи	15,4	15,2			15,2
Плоды и ягоды	12,0	12,2	12,5	12,2	13,5
Цитрусовые	54,8	55,1	56,2	56,4	52,4
Виноград	8,5	8,7	9,0	9,1	9,6
Хурма	13,2	13,7	14,3	13,9	13,3

Таблица 5

Реализация основных продуктов сельского хозяйства

	2011	2012	2013	2015	2015
Овощи	7259,0	7355,0	7474,1	7693,2	8231,3
Плоды и ягоды	6202,1	6799,3	6939,4	7244,7	7451,8
Цитрусы	31056,2	35486,7	33141,5	32511,8	29043,4

Видно, что наиболее реализуемых из основных продуктов сельского хозяйства являются цитрусы.

Естественная увлажненность территории обычно характеризуется коэффициентом увлажнения. Так, например, наиболее часто применяемая в мелиоративной практике формула Г.Т. Селянинова (Синицын и др., 1972) представляет собой отношение суммы осадков (ΣR) к сумме температур (Σt°) выше 10°C за вегетационный период, уменьшенной в 10 раз. Это отношение называется гидротермическим коэффициентом (ГТК).

Таким образом, засуха на территории Абхазии наблюдается лишь в прибрежной зоне, поэтому целесообразно изучить ГТК для прибрежной зоны. Причем, несмотря на значительное количество осадков в вегетационный период их минимальное значение приходится на летние месяцы. Поэтому репрезентативным явилось сезонное распределение ГТК, а именно ГТК летнего периода (рис. 2). Как видно из рисунка за вековой период летние засухи наблюдались в Абхазии при значениях ГТК<1 каждые 5-6 лет.

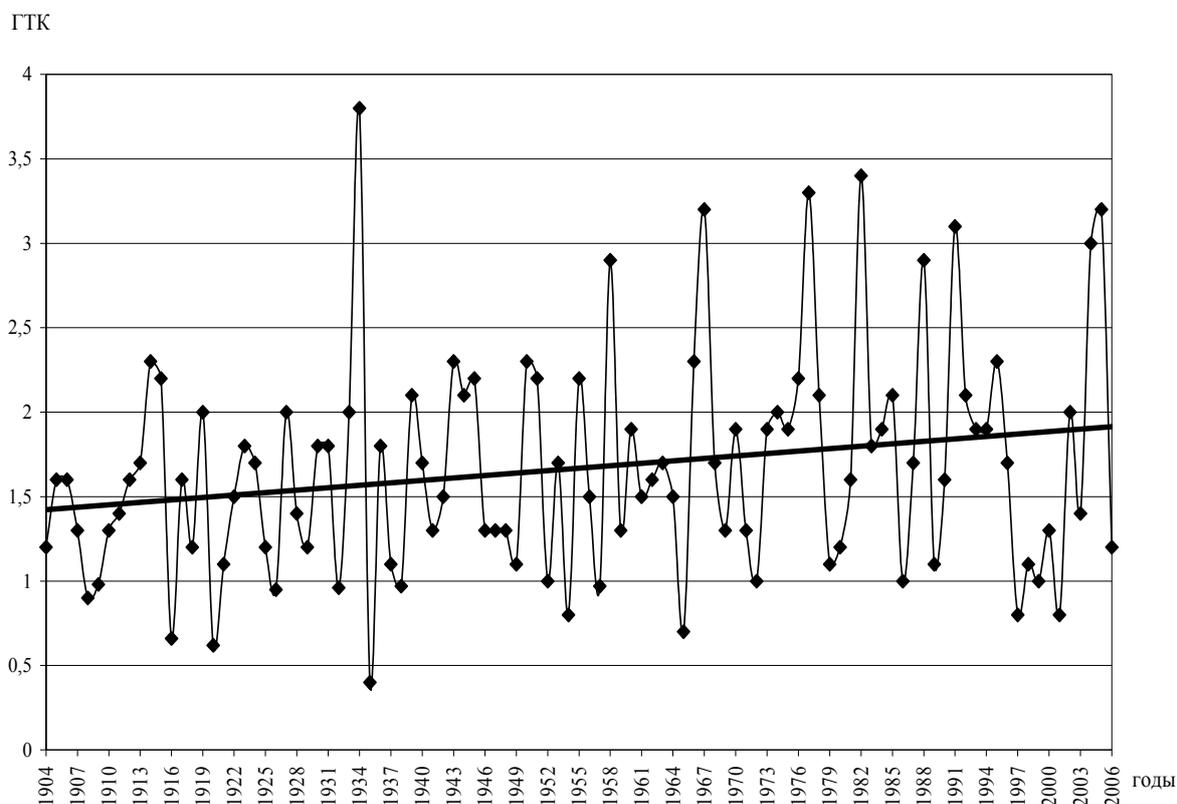


Рис.2. Значение гидротермического коэффициента за летний период с 1904 по 2006 гг., г. Сухум

Сопоставительный анализ временного хода ГТК г.Сухум и г. Гагра показал рис. 3, что в Гагре меньшие значения и меньшие амплитуды колебаний ГТК. Параметры уравнений трендов указывают на то, что для ГТК Сухума никакой тенденции не наблюдается, некоторое повышение имеет для ГТК Гагры. Из рис.3также следует, за последнее десятилетие наименьшее значение ГТК в Сухуме наблюдалось: 1997 и 2001 гг., а в Гагре 1996 и 1998 гг.

Полученные для Абхазии значения величины ГТК вполне согласуются с климатическими условиями, в особенности с режимом осадков.

Наблюдающие за последние десятилетия изменения климата в Абхазии привело к усилению развития различных паразитов и вредителей растений.

Кукурузный жук *Diabrotica* – *Diabrotica virgifera* Le Conte. Личинки питаются корнями и подрезают их. Личинки старшего возраста внедряются в

кортикальную паренхиму корней, а затем прокладывают ходы в центральной сосудистой ткани.

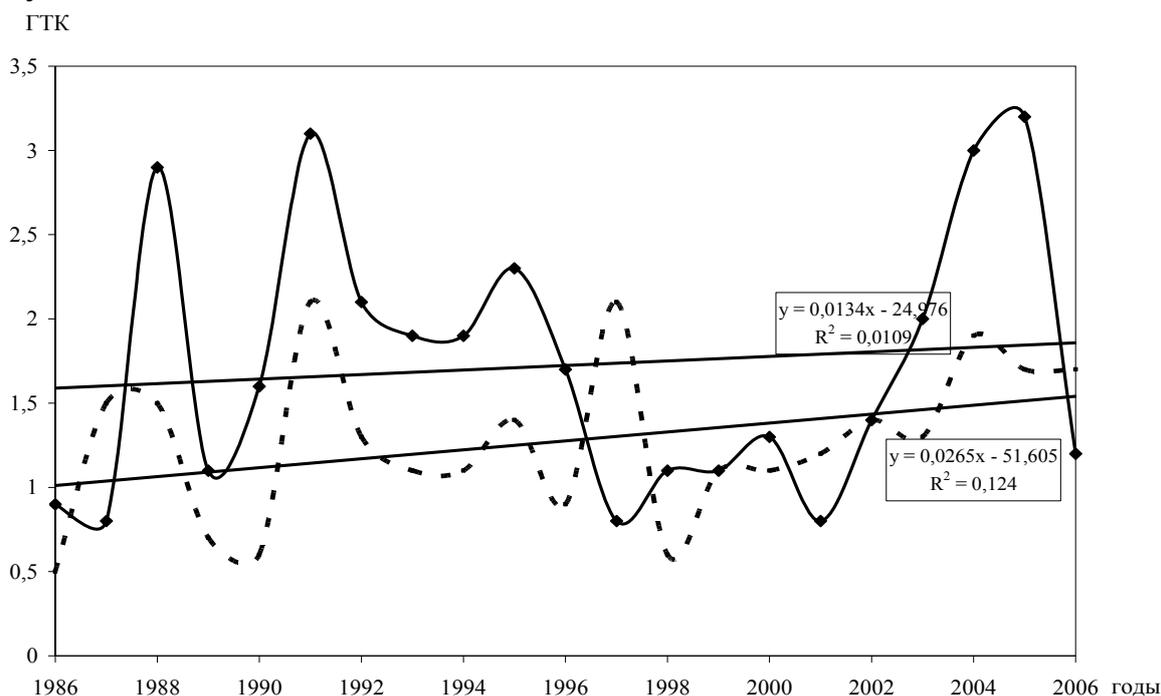


Рис.3. Значение гидротермического коэффициента за летний период.
1 – Сухум, 2 – Гагра.

Тоннели в корнях кукурузы служат характерным симптомом, хотя они могут быть проложены и другими видами. Питание имаго не вызывает какого-либо особенно характерного симптома. *Морфологическая характеристика.* Личинка маленькая, желтовато-белая, с коричневой головной капсулой, длиной 10–18 мм. Жуки тоже маленькие, длиной 5–6 мм, с преобладающей бледной зеленовато-желтой окраской тела. У *Diabrotica virgiera* бедра черные, как смоль, или бледные с наружным краем, окаймленным черным цветом. *Биологические особенности.* Жук откладывает яйца в верхнем 15-сантиметровом слое почвы, у основания растений кукурузы, они являются перезимовывающей стадией.

Диплодиоз кукурузы, или сухая гниль. *Поражаемые растения – кукуруза.* Наибольший вред заболевание оказывает на початки, на которых обесцвечиваются обертки. Если заражение происходит в ранней фазе развития початков, то это приводит к полной гибели початков, которые ко времени сбора урожая приобретают серовато-бурую окраску и сморщиваются. Если заражение происходит несколько позже, то в больных початках в промежутках между зернами обнаруживается серовато-белый, плотный, ватообразный налет грибницы. Возбудитель диплодиоза гриб *Diplodia zeae* характеризуется наличием пикнид, округлой, слегка грушевидно или сплюсненной формы.

Мицелий гриба не пронизывает все растения, а распространяется на сравнительно небольшое расстояние от места первичного заражения. Оптимальная температура для развития возбудителя диплодиоза 20–30 °С.

Прорастание спор и развитие мицелия может происходить при температуре около 10–15 °С, ниже 10 °С рост гриба прекращается. Болезнь интенсивно развивается в те годы, когда июнь и июль сухие, а август и сентябрь влажные. Вспышки диплодиоза наблюдаются обычно при совпадении высокой температуры воздуха с повышенной влажностью, что наблюдается при продолжительных летних осадках. Без такого совпадения диплодиоз может развиваться только в средней или слабой степени. Возбудитель диплодиоза сохраняется в почве на растительных остатках до 3 лет

Средиземноморская плодовая муха – Ceratitis capitata Wied.

Повреждаемые растения. Плоды апельсина, мандарина, лимона, хурмы, инжира, граната, яблони, сливы, черешни, винограда, томата, баклажана, перца, а также более 70 видов других растений.

Средиземноморская плодовая муха отнесена к группе наиболее опасных и вредоносных видов практически во всех странах, где выращивают повреждаемые ею растения, где она может акклиматизироваться. Данная муха немного меньше (длина 4,5 мм) обыкновенной домашней мухи, имеет специфическую окраску.

Цитрусовая минирующая моль – Phyllocnistis citrella Stainton

Повреждаемые культуры. Цитрусовые: лимон, мандарин, апельсин; эвкалипт, ремнецветник, ива, жасмин. Гусеницы сразу после отрождения вгрызаются в лист, прячутся в жилку листа, потом скрыто вредят, выедая паренхиму листа. Гусеницы, выедая паренхиму листа, в ее проходах образуют прозрачные мины, поврежденный лист скручивается и засыхает. Повреждается и срединная часть побегов.

В Абхазии цитрусовая минирующая моль развивается в одном поколении на цитрусовых культурах. Заражение молодых листьев и побегов отмечалось в течение ноября–декабря в период второй вегетации цитрусовых. Особенно сильное заражение проявлялось на лимонах и мандаринах. Главный источник распространения вредителя – посадочный материал, с которым она может быть занесена во всех стадиях своего развития.

Цитрусовый мучнистый червец – Pseudococcus gahani Green

Повреждаемые растения. В странах своего распространения он отмечен на 250 видах растений. Повреждает субтропические, плодовые, декоративные растения, цитрусовые, лавр, алое, олеандр, яблоню, грушу, виноград и др., также может повреждать ряд овощных и травянистых растений. В условиях субтропиков зарегистрирован более чем на 40 видах культурных растений. Цитрусовый мучнистый червец – вредитель-полифаг. Вредит цитрусовым не только в открытом грунте, но и в плодохранилищах, где он также хорошо размножается и наносит вред плодам при условии, если температура хранилищ благоприятна для развития червца.

Червец повреждает сосанием как листья, так и цветы, плоды, плодоножку, ветки и побеги. На сильно зараженных участках процент опавших плодов составляет до 80 %. Наряду с повреждением генеративных органов, червец повреждает и вегетативные органы. Самки откладывают

яйца сразу после вылета. Личинки расползаются по дереву, затем прикрепляются и становятся неподвижными. Линяют три раза и превращаются во взрослых самок. Личинки по внешнему виду отличаются от самок размерами. Личинки, из которых образуются самцы, прекращают питание после второй линьки и делают белый кокон, где и заканчивают превращение до имаго. Самцы выползают из коконов наружу и летают около зараженных деревьев. Зимуют личинки и взрослые самки в трещинах коры, под отставшей корой, под старыми сухими листьями и в других местах. В Абхазии в конце апреля – начале мая самки и личинки выползают из мест зимовки и питаются на молодом приросте: листьях, цветках, плодоножках, плодах. В середине мая самки приступают к яйцекладке на стволах цитрусовых. Самки откладывают до 930 яиц, отродившиеся личинки собираются в колонии на молодом приросте и на молодых побегах. Через месяц червецы переползают на стволы для яйцекладки. Здесь происходит отраждение второго поколения. До наступления холодов червец дает третье поколение. В это время на растениях имеются все стадии червеца. В Абхазии развиваются три поколения вредителя.

В Абхазии цитрусовая минирующая моль развивается в одном поколении на цитрусовых культурах. Заражение молодых листьев и побегов отмечалось в течение ноября–декабря в период второй вегетации цитрусовых. Особенно сильное заражение проявлялось на лимонах и мандаринах. Главный источник распространения вредителя – посадочный материал, с которым она может быть занесена во всех стадиях своего развития.

Тристеца цитрусовых *Возбудитель:* Citrus tristeza disease virus.
Поражаемые растения. Все виды цитрусовых на подвоях горького апельсина или бигарадии (*Citrus aurantium* L) и лайма (*Citrus aurantifolia* Sce). Это одна из самых опустошительных болезней цитрусовых. Симптомы тристецы проявляются при прививке больного привоя культурного апельсина на горький апельсин. Имеется два типа реакции восприимчивости деревьев на инфекцию. Наиболее редкая форма проявления болезни – внезапное увядание и опадение всех листьев. Опадение начинается со старых листьев по направлению к вершине, пока все ветки не окажутся оголенными. Ветви начинают отмирать с вершины деревьев. В ранней фазе болезни заметно истощается запас крахмала в мелких корнях, а позднее в более крупных. Происходит разложение и полное отмирание корневой системы. Легкой формой поражения является пожелтение или бронзовость листьев, особенно в области средней и боковых жилок. На молодых деревьях в ранней стадии заболевания наблюдается обильное цветение и преждевременное плодоношение. Такие деревья иногда дают богатый урожай плодов, причем плоды, как правило, меньших размеров. Более редкая форма проявления болезни – внезапное увядание и опадение всех листьев. У зараженных тристецей деревьев происходит некроз флоэмы.

Клоп является сосущим вредителем сельскохозяйственных культур. Они истощают растения и снижают урожай, питаются соком их генеративных органов и семян.

Зимой насекомое впадает в анабиоз, чтобы переждать период отсутствия еды и тепла. Для этого он выбирает листовенную подстилку. С наступлением весны насекомые устремляются на свежую зелень. Особенно им нравятся крыжовник, и малина, но могут досаждают и ольхе с листовенницей. При отсутствии любимых объектов могут насытиться соком любого растения и даже мертвого насекомого.

При массовом размножении клоп может нанести огромный ущерб, высасывая соки у культурных растений. Молодые всходы гибнут не столько от того, что теряют много питательных веществ вместе с соком, но больше от впрыскиваемого клопом яда, приводящего к гибели саженца. Да и паразитируют они обычно на тех кустах, на которые отложили яйца. В среднем число отложенных яиц достигает 40 [1, с. 110].

Таким образом, в связи с увеличением паразитов и вредителей растений в республике, необходимо усилить работу инспекций карантинной службы по обследованию и лабораторному анализу на всей территории государства. Также служба должна проводить систему профилактических, истребительных и карантинных мероприятий и требовать проведения подобных мероприятий у всех землепользователей, независимо от форм собственности, по предупреждению заражения этой продукции вредными организмами.

Список литературы

1. Карантин растений в Абхазии/ Агрба А. А., Шинкуба, М.Ш. Бигвава, А.Т. Вартагава В.Н., Мокроусова Л.А., Столярова Л.А., Хуапшыху И.К. -Нальчик - ООО «Тетраграф», 2012. 223 с.
2. Марковская Е.М., Безденежных В.А., Сысоева М.И., Шерудило Е.Г. // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: Материалы II международной научной конференции. - Минск, 2001. - С. 197-198.
3. Синицина Н.И., Гольцберг И. А., Струнников Э.А. Агроклиматология. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. - 342 с.
4. Турманидзе Т.И. Агроклиматические ресурсы Грузинской ССР - Л.: Гидрометеиздат, 1978 (Тип. им. Котлякова). - 343 с.

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПЛОТНОСТИ МЕЗОМАСШТАБНЫХ ВИХРЕВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ВБЛИЗИ ОСНОВНЫХ ФРОНТОВ ЮЖНОГО ОКЕАНА

П.С. Петкилёв

petkilev.pavel@yandex.ru

*Балтийский федеральный университет им. И. Канта
Россия, г. Калининград*

Ключевые слова: Южный океан, фронты, фронтальные зоны, мезомасштабные вихри, спутниковая альтиметрия, пространственный анализ, ГИС, анализ данных.

Южный океан играет важную роль в термохалинной циркуляции Мирового океана и соединяют другие океанические бассейны, аккумулируя при этом значительную часть антропогенных выбросов тепла и CO₂. Формирующиеся между южным Полярным (ПФ) и Субантарктическим (САФ) фронтами антарктические промежуточные воды, богатые биогенами, существенно влияют на биопродуктивность обширных акваторий Мирового океана. При этом, важным фактором формирования антарктических промежуточных вод являются мезомасштабные вихри. В связи этим, возрастает актуальность изучения мезомасштабных вихрей и основных фронтов данного района Мирового океана как ключевых индикаторов океанологических и климатических процессов.

Целью настоящей работы стал анализ пространственной плотности мезомасштабных вихревых образований вблизи САФ и ПФ в сравнении со средними показателями по Южному океану как индикатора интенсивности мезомасштабной динамики вод и процессов водообмена.

В качестве исходных данных использовались данные о среднем положении САФ и ПФ. Источником данных о мезомасштабных вихрях стал массив “Mesoscale eddies in altimeter observations of SSH” содержащий данные о пространственно-временном положении вихрей (и их характеристиках) на всей территории Мирового океана за период с 1992 по 2013гг. Использованные данные анализировались в пределах циркумполярного района 41°-63° ю.ш.

В ходе работы было подсчитано общее за весь период количество мезомасштабных вихрей в узлах регулярной одноградусной сетки. Полученное поле одноградусных квадратов анализировалось в среде QGIS совместно с фронтами. Для ответа на ключевой вопрос исследования о соотношении плотности концентрации вихрей вблизи фронтов по сравнению со средними значениями была проведена процедура определения ближайшего центра каждого одноградусного квадрата относительно каждой точки фронта. Полученный по итогам данной процедуры массив «ближних» к фронтам одноградусных квадратов и их характеристик и стал ключевым итогом исследования.

Полученные результаты показали значительно большие значения пространственной плотности мезомасштабных вихрей вблизи фронтов по сравнению со средними значениями в изучаемом районе. Так, при средних по району значениях в 103 вихря на одноградусный квадрат, в примыкающих к САФ квадратах среднее значение составляет 123 вихря на одноградусный квадрат. Для ПФ, аналогичный показатель составляет уже 139 вихрей на одноградусных квадрат. Сравнение средних значений для квадратов вблизи фронтов и по всему району в целом демонстрирует согласованность с теоретическими представлениями о наибольшей интенсивности динамики океана вблизи крупных фронтов. Более высокие значения вблизи ПФ, по сравнению с САФ, также хорошо согласуются с теоретическими данными о динамике этих фронтов. Таким образом, проведенное исследование взаимно

верифицирует оба использованных массива данных, несмотря на их различную природу.

Полученные результаты косвенно подтверждают важную роль мезомасштабных вихрей в генерации антарктических промежуточных вод и динамике зоны Антарктической конвергенции. Дальнейшие работы будут направлены на численные оценки вихревого водообмена через САФ и ПФ как индикаторы изменения климата и биопродуктивности вод Южного полушария.

СОБЫТИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Е.Ю. Пигарева

liz.pigareva@gmail.com

Тверской государственный университет, Россия, г. Тверь

В статье рассматривается событие в качестве инструмента для развития туризма и городской среды в рамках стратегии «событийного» города, а также описываются шаги по разработке единой событийной стратегии для города.

Событийный город, городская среда, событие, фестивализация, брендинг городов, событийный туризм

В глобализирующемся мире города постоянно соревнуются за инвестиции, ресурсы, внимание туристов и лояльность местных жителей. Эффективно конкурировать в глобальном городском пространстве становится сложной задачей. Для ее решения требуется вовлечение широкого круга заинтересованных сторон в долгосрочный процесс по осуществлению перспективного развития города, а также поддержания бренда и приверженности жителей [2].

За рубежом города давно пользуются такими инструментами, как брендинг территорий, маркетинг городов. И российские города следуют мировому тренду и активно разрабатывают и внедряют свои стратегии развития. В городах сосредоточены основные творческие и административные ресурсы, они являются главными производителями и потребителями информации. Поэтому города - наиболее актуальный объект брендинга [1].

Одна из наиболее популярных стратегий развития города основана на теории формирования «событийного» города. Смысл данной концепции состоит в том, что в конкретном городе не просто из года в год проводятся различные культурные события (фестивали, ярмарки, шоу, выставки, показы и т.д.), а объединяются в единую событийную программу, в которой каждое событие занимает чётко определённое ему место и приносит конкретный эффект. В данном случае событие выступает как продукт диалога между местными жителями и окружающей их социальной городской средой. В таком контексте необходимо рассматривать событие как инструмент, изменяющий городское пространство, поддерживающий культуру и досуг горожанина, воздействующий на городскую экономику, влияющий на

социальные проблемы, социальные связи и сплоченность, подкрепляющий городскую идентичность, развивающий туризм и улучшающий имидж города [3]. При этом, чтобы умело составлять единую фестивальную сеть, стоит разделить все события на естественные и специальные.

Естественные события — те, которые не нуждаются в специальных рекламных усилиях, они происходят в городе естественным путем из года в год. Это дни города или традиционные сезонные праздники и т.д.

Специальные события — те, которые придумываются администрациями или инициативными группами, а затем проводятся в целях маркетинга и брендинга города. При этом они должны обладать следующими характеристиками: уникальность, символичность содержания, имеющая отношение к идентичности города, зрелищность, красочность, живописность, привлекательность для целевых аудиторий [1]. Благодаря таким характеристикам событие может сформировать позитивный образ города и прибавить в капитал бренда дополнительный вес. И конечно, в первую очередь значимо не столько разнообразие событий, сколько те задачи, которые с помощью этих событий можно решать. Города могут «подбирать» нужную им комбинацию событий в соответствии со своей концепцией бренда, то есть формировать городскую событийную сеть.

Создание и использование программы планирования мероприятий в городе в качестве инструмента, изменяющего не только физическое пространство, но и качество жизни горожан, становится существенным различием между «событийным» городом и просто городом с событиями. Наглядно и более подробно различия продемонстрированы в таблице 1 [4].

Таблица 1. Черты событийного города и города с событиями

Город с событиями	Событийный город
Преобладание секторальности в принятии решений	Преобладание межсекторальности в принятии решений
Преобладание тактических схем	Преобладание стратегических схем
Реактивный тип лидерства	Проактивный тип лидерства
Город как вместилище событий	Город как генератор событий
Преобладание спонтанных решений	Преобладание скоординированных решений
Конкуренция	Кооперация
Поток аудитории	Провоцирование аудитории
Ставка на рациональный расчёт и логику	Ставка на творчество и креативность
Политика отдельных событий	Совокупность событий как политика
Решения зависят от рынка	Рынок зависит от решений
Маркетинг города	Создание города
Ставка на зрелищность	Ставка на вовлечённость

Событие постепенно становится гораздо большим, чем просто временное использование городского пространства, оно может использовать как пространственные, так и временные особенности городской структуры, концентрируя внимание на различных областях деятельности в течение короткого периода времени, позволяя городу продемонстрировать себя аудитории. В то же время тот факт, что события постепенно расширяют

сферу своего влияния через длительность пребывания (путем привлечения аудитории до и после события, например, через социальные сети) и пространство (например, путем проведения однотипных мероприятий в разных странах), означает, что масштаб самого события также растет.

Городские центры способны распространить свое влияние на окружающее пространство, поскольку они обладают высокой плотностью населения. События могут помочь значительно повысить концентрацию населения за ограниченное количество времени, их короткая продолжительность заставляет людей делать выбор – если они не обратят внимание сейчас и не посетят тот или иной фестиваль, то событие закончится. Это означает, что небольшой город может кратковременно функционировать как крупный, и что города периферии могут в течение короткого времени «заселить» городской центр. При этом растут возможности для совместного творчества, взаимодействия, происходит развитие центра, а, следовательно, изменяется восприятие городского пространства и появляются возможности для еще большей «фестивализации» города [5].

Чтобы гарантировать постоянное внимание со стороны посетителей к городу в долгосрочной перспективе, следует тщательно разрабатывать программу и событийную концепцию, а также предвидеть события, необходимые для города в том или ином месте и в конкретный период времени. Чтобы добиться реального результата, для начала необходимо создать структурированную базу уже существующих событий во временном разрезе (событийный календарь) и представленную в пространстве (карта событий). Необходимо также изучить природные и культурно-исторические ресурсы центра, выделить основные памятники природы и культурно-исторические объекты, проанализировать и адаптировать к «событийности» существующие карты туристского потенциала города, проанализировать инфраструктурные объекты, оценить их доступность. На основе имеющихся событий требуется определить тематику развития брендинговой и имиджевой событийной кампании для города и в зависимости от них производить поиск «белых пятен». На основе анализа и непрерывного мониторинга необходимо составлять рекомендации по «добавлению» в ту или иную часть города определенного события. Такое событие чаще всего будет уникальным, и соответственно, если предлагать его организацию и проведение коммерческой организации, это будет выгодно как для города, так и для организации, которая займет еще пустующую нишу и сможет создать «вау» эффект, имеющий огромное значение в реалиях экономики впечатлений для гостей города и постоянных жителей, в особенности.

Проведение событий требует особой организации городского пространства, в том числе резервирования значительных площадей для открытых публичных мероприятий, организации театральных площадок под открытым небом т.д. [1]. А также создания специальной инфраструктуры в зависимости от вида события, но все предпринятые действия в долгосрочном

периоде будут оправданы, так как создание стратегии «событийного» города приносит городу следующие преимущества:

- усиление конкурентных позиций города на туристской карте;
- переориентацию и увеличение туристского потока гостей из соседних крупных городов из периферии;
- улучшение качества досуга местных жителей, качества жизни, а также экономики города;
- развитие событийного туризма в регионе, формирование новых туристских маршрутов;
- повышение степени взаимодействия и вовлеченности в сферу событийного туризма гостей города, местных жителей регионов, туроператорских компаний, региональных департаментов по туризму, ивент-агентств, промо-групп;
- создание устойчивого городского бренда и положительного образа территории;
- возможность оперативно реагировать на изменения предпочтений жителей и гостей города, а соответственно, создать благоприятную социальную среду.

Безусловно, для успешного продвижения города следует использовать комплексный подход, где концепция «событийной сети» может стать основой, но сопровождать ее обязательно должны шаги в маркетинговой работе по направлениям развития городского пространства, инфраструктура, сфера управления, и в целом, культурная жизнь города (не только событийная составляющая).

Список литературы

1. Визгалов Д.В. Брендинг города. – М.: Фонд «Институт экономики города», 2008 г. – 144 с.
2. Динни К. Брендинг территорий. Лучшие мировые практики/ Под ред. Кейта Динни; пер. с англ. Веры Сечной. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 336 с.
3. Концепция «событийных городов» (Eventful Cities) Р. Палмера и Г. Ричардса [Текст] : аналитический обзор / М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Пермский гос. нац. исслед. ун-т», Фонд поддержки культурных проектов «Новая коллекция», ООО Учеб. центр «Информатика» ; [сост.: А. А. Гончарик, А. В. Попов, К. В. Патырбаева]. - Пермь : Пермский гос. нац. исслед. ун-т, 2014. - 137 с. : табл.; 21 см.
4. Greg Richards, Robert Palmer, 2010. Eventful Cities: Cultural management and urban revitalization. London: Butterworth-Heinemann. 516 p.
5. Greg Richards, 2015. Developing the Eventful City: Time, space and urban identity. In Mushatat, S. and Al Muhairi, M. (eds) Planning for Event Cities. Ajman: Municipality and Planning Dept. of Ajman, pp. 37-46.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ГЕОМОРФНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ЦИФРОВЫХ КАРТАХ

О.А. Плисенко

plisenko_olji@fromru.com

Адыгейский государственный университет, Россия, г. Майкоп

Вопрос об элементах земной поверхности тесно связан с аналитическим направлением геоморфологического картографирования. На аналитических геоморфологических картах основным структурным элементом являются простейшие части земной поверхности, называемые «гранями», генетически однородные, или элементарные поверхности. К этим картировочным единицам иногда добавляются разделяющие их структурные линии и характерные точки.

Анализ методик выделения элементарных геоморфных поверхностей рельефа показал, что на определенных этапах используются различные современные цифровые материалы, полученные путем компьютерных вычислений (с помощью ГИС и других программных продуктов). Однако, универсальной технологии автоматизированного распознавания и выделения элементарных поверхностей не существует. При этом часто электронные топографические карты являются базовой основой для построения аналитических геоморфологических карт.

Теоретической базой для выделения и классификации элементов земной поверхности являются методы геоморфологического анализа. В большинстве зарубежных работ (например, Jozef Minar, Ian S. Evans. [1]) для их определения используется интуитивный подход, основанный на визуальном анализе изолинейных карт, профильных материалов и т.п. Такой подход, не обеспеченный теоретическим синтезом, зачастую дает абсолютно разные результаты на одном и том же участке поверхности у разных исследователей [2].

Причиной неоднозначности также служит неформальный и, в известной мере, творческий характер процессов получения и переработки географической информации. Трудности автоматизации этих процессов связаны, прежде всего, с их плохой формализуемостью, что объясняется большим разнообразием типов моделируемых объектов, каждый из которых обладает уникальной структурой, необходимостью представления пространственных и семантических отношений между объектами поверхности рельефа.

Попытку строгого математического определения элементов поверхности рельефа и минимизации субъективных факторов в процессе их выделения в отечественной геоморфологии предпринял А.Н. Ласточкин, развив общую теорию геосистем в своих работах и создав методику геоморфологического картографирования шельфа и континентального склона. Однако, не смотря на строгую классификацию и определение элементов поверхности рельефа, большинство операций по их выделению и типизации выполняется вручную экспертами, имеющими опыт как работы с

различными картами, так и работы на местности (выполнения геодезических съемок и т.д.).

Учитывая специфику информации о рельефе местности и процессов ее переработки, следует признать наиболее перспективной, и даже необходимой, разработку геоинформационной системы как интегрированной с экспертной системой для решения задач геоморфологического анализа.

Задача выделения всех структурных элементов поверхности рельефа и в конечном итоге элементарных поверхностей согласно методике А.Н. Ласточкина и А.Г. Зинченко с точки зрения ее формализации является средне структурированной. Среди этапов существуют как слабо формализованные, так и этапы, которые полностью можно автоматизировать с помощью вычислительных методов. Кроме того, предметная область включает понятия с размытыми определениями (например, «округлые формы рельефа», «слабо вытянутые формы рельефа»[2] и т.д.), а для выработки окончательного решения о принадлежности элемента к конкретному типу часто используют богатый эмпирический опыт, выраженный в сравнении с подробно описанными, наблюдаемыми на местности элементами рельефа. Выделение элементов поверхности рельефа помимо строгого математического описания, включает описание методов ручной обработки картографических материалов (например, «применение приема отыскания оси параболы для слабовытянутых округлых форм»[3]). Все эти наблюдения приводят к необходимости решения задачи интеллектуальными методами и методами экспертных систем.

Решение указанной задачи с точки зрения его реализации на ЭВМ требует визуального представления пространственных данных и результатов моделирования, включения сложных вычислительных алгоритмов обработки больших массивов пространственной информации, использования систем управления пространственными базами данных. Таким образом, становится очевидным необходимость разработки интеллектуальной геоинформационной системы с интегрированной экспертной системой.

Обязательными компонентами такой системы, основанной на знаниях, наряду с банком данных должен быть банк знаний об объектах поверхности рельефа. Включение этого компонента в состав геоинформационной системы оказывает наиболее существенное влияние на ее функционирование и обеспечивает возможность интеграции в базе данных сведений топографического, геоморфологического и специального характера.

Основными задачами включения интеллектуальных методов в алгоритмы анализа являются: распознавание структур или объектов в исходных данных; высокоуровневая объектно-ориентированная интерпретация выявленных объектов; прогнозное и сценарное моделирование развития процессов происходящих в рельефе.

Среди преимуществ включения элементов экспертной системы в состав ГИС можно отметить: представление результатов решения задачи в качественном, а не в количественном виде; использование в процессе

решения правил дедуктивного вывода; ограниченный объем базы знаний, ориентированной исключительно на данную предметную область.

На сегодняшний день, интегрированные интеллектуальные системы представляют собой наиболее активно развивающееся направление искусственного интеллекта. Вопросы проектирования и технология их создания рассматривались в работах как отечественных, так и зарубежных ученых (например, А.И. Эрлиха, А.В. Колесникова, Г.В. Рыбиной, П. Джексона). В результате выделилось отдельное научное направление, обладающее своим теоретическим и методологическим базисом, в рамках которого разработана технология построения интегрированных экспертных систем, позволяющая поддерживать их полный жизненный цикл для отдельных классов решаемых задач [4].

Интегрированные экспертные системы включают как классические компоненты, такие как база знаний и база данных, так и компоненты, характерные для соответствующего класса информационных систем, с которыми производится интеграция. Для решения проблемы их взаимодействия и обеспечения целостности процесса проектирования и разработки вводится концепция интегрированных информационных моделей. Концепция базируется на многоуровневой семантической модели знаний, включающей в себя семантику предметных моделей объектов и задач; семантику их формальных моделей; семантику алгоритмов и программ; семантику связей предметных моделей с формальными моделями и формальных моделей с алгоритмами и программами.

Большое значение при реализации данной концепции имеет степень интеграции. Для целей нашей работы выбран метод полной интеграции, характеризующийся тем, что этапы проектирования интегрированных экспертных систем включаются в полный цикл проектирования всей системы, часто в качестве расширения и дополнения стандартных, характерных в целом для информационных систем. Таким образом, при разработке интегрированной экспертной системы разрабатываются модели предметной области, модели взаимодействия программных компонентов, модели базы данных, модели базы знаний и т.д.

Этапы, требующие математических вычислений и позволяющие однозначно определить структурные элементы (например, такие как, точки трассировки и характерные точки), вынесены за границы экспертной системы и выполняются в режиме анализа и расчета 2D электронной карты.

Обобщенный алгоритм выделения элементарных поверхностей на электронных векторных топографических картах можно представить в виде последовательности следующих этапов.

1. Фиксация и выделение характерных точек рельефа. Эти точки могут быть заданы отметками глубин/высот, являться элементами линий речной сети, обрывов т.п. и присутствовать изначально на электронной топографической карте.

2. Выделение точек трассировки на изолиниях горизонталей рельефа. К ним относятся точки перегиба, локальных максимумов и минимумов. Точки выделяются с использованием вычислительных алгоритмов компьютерной графики.

3. Выделение структурных линий поверхности рельефа. К ним относятся линии перегибов склона, гребни, тальвеги, максимальных и минимальных уклонов и т.п. Выделение структурных линий производится с помощью экспертной системы.

4. Выделение и построение элементарных поверхностей. Элементарные поверхности ограничены структурными линиями и характерными точками рельефа. Для определения принадлежности точки трассировки какой либо из поверхностей используются отношения близости и определение типа граничащих точек.

Последние этапы выполняются при помощи работы экспертной системы, качество работы которой напрямую зависит от полноты и непротиворечивости базы знаний. Для целей нашей работы удобно использовать продукционную базу знаний, которая представляет собой набор правил в форме «Если ... то...» и машину логического вывода. Продукционные базы знаний стали де факто стандартом разработки промышленных экспертных систем в силу своего удобства и быстрого поиска решения. Однако существует ряд проблем при разработке современной качественной базы знаний, к тому же еще и включающей пространственные отношения. К ним относятся следующие:

- большинство современных систем являются распределенными и параллельными, что добавляет сложность при построении правил и их отладке;
- основной технологией разработки систем на сегодняшний момент является объектно-ориентированная парадигма, таким образом, необходимы средства для представления и обработки объектов в базе знаний;
- объем базы знаний может достигать сотен правил, что усложняет выстраивание логики работы экспертной системы;
- отсутствие развитых средств отладки и тестирования баз знаний.

Для разработки и тестирования базы знаний предлагается использовать математический аппарат раскрашенных сетей Петри, с помощью которого можно оценить корректность построения и своевременно отследить возможные ошибки, допущенные при разработке. Для виртуальной имитации сетей Петри используется программный пакет CPN Tools, который содержит необходимый функционал для моделирования и анализа созданных сетей.

Основные свойства аппарата сетей Петри, используемые для построения и отладки базы знаний, позволяют:

- моделировать асинхронность и недетерминизм параллельных, независимых событий;
- описывать как типовые ситуации в дискретных подсистемах, так и общую динамику работы сложной асинхронной системы;

- производить иерархическую детализацию подсистем модели;
- использовать расширение класса сетей, ориентированных на моделирование сложных систем с учетом таких факторов, как приоритетность процессов (сети с проверкой на нуль, приоритетные сети).

Рассмотрим основные понятия сетей Петри и правила их функционирования.

В основе сетей Петри лежат два непересекающихся множества элементов: позиции, которые интерпретируются как пассивные элементы (состояния, ресурсы и т.д.) и переходы, которые интерпретируются как активные элементы (события, действия, выполнение оператора в программе, передача сообщения и т. д.). Позиции и переходы связаны между собой причинно-следственными связями. Условие наличия состояния, ресурса и т. д. в позиции помечается с помощью метки (фишки, маркера) или меток в количестве равном емкости позиции.

Графически позиции $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ представляются в виде овалов или кружков, переходы $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ как прямоугольники. При этом выполняются следующие условия.

$$P \cup T = X, P \cap T = \emptyset$$

На рис.1 дан пример графического представления сети Петри.

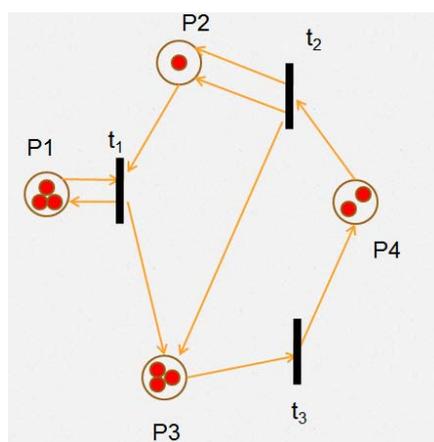


Рис. 1. Графическое представление сети Петри. Множество позиций $P = \{p_1, p_2, p_3, p_4\}$, множество переходов $T = \{t_1, t_2, t_3\}$.

Функционирование сетей Петри можно описать следующими правилами. Выполнение определенных условий связано с появлением меток в соответствующих этим условиям позициях. Последовательность событий, происходящих в моделируемой системе, отображается срабатыванием переходов. В результате срабатывания одного из переходов сети происходит перераспределение фишек между позициями, и маркировка сети изменяется. Таким образом, сеть Петри функционирует, переходя от одной маркировки к другой.

Раскрашенные сети Петри характеризуются тем, что каждой фишке в позициях сети сопоставляется определенный признак (цвет). Это позволяет задавать различные типы условий, объектов или ресурсов, которые характеризуют состояние системы.

Для срабатывания перехода t_i его входная позиция должна содержать метки определенного цвета, которым помечается дуга, направленная от позиции к переходу t_i .

Раскрашенные сети Петри позволяют уменьшить размерность графа при моделировании сложных систем.

Рассмотрим последний этап, на котором выполняется выделение элементарных поверхностей.

На вход экспертной системы поступает поле точек трассировки, при этом каждая из точек имеет свой тип. Поле включает рассчитанные и полученные напрямую с электронной карты точки трассировки структурных линий и характерные точки. Для каждой точки с помощью диаграммы Вороного строится список соседних точек. Так как поле точек может быть очень большим и включать много объектов, то для их обработки экспертной системой используется метод «скользящего окна».

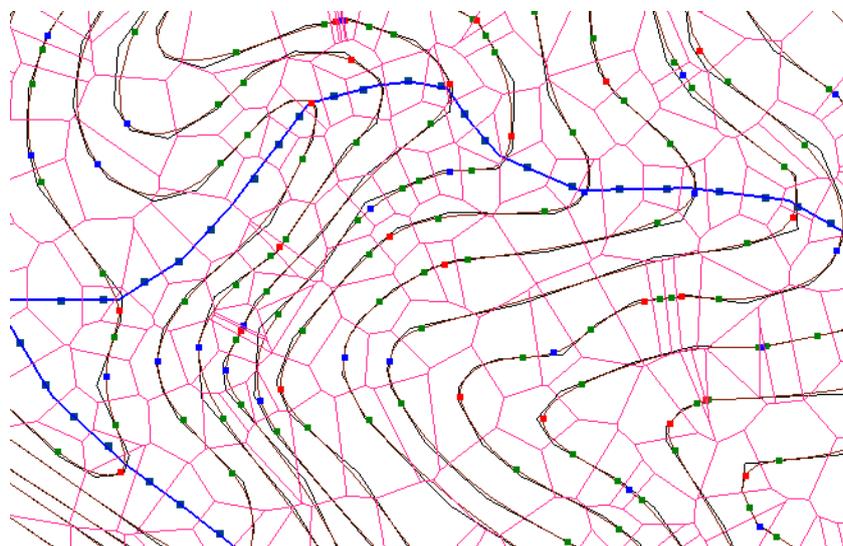


Рис.2. Поле точек трассировки и их отношения соседства, представленные в виде Диаграммы Вороного на электронной изолинейной карте.

То есть последовательно обрабатываются небольшие фрагменты поля точек пока не будет обработано все поле. База знаний экспертной системы должна включать правила, распознающие среди рабочих точек структурные элементы.

Рассмотрим фрагмент базы знаний для выделения элементарных поверхностей. После выполнения соответствующих этапов вычислений системы, набор точек трассировки структурных линий и их отношения соседства графически может быть представлен в виде поля точек и диаграммы Вороного (см. рис. 2).

Тогда модель фрагмента базы знаний в программном продукте CPNTools может быть представлена в виде графа раскрашенной сети Петри (см. рис. 3).

Для реализации экспертной системы был выбран язык разработки CLIPS так, как он, во-первых, располагает встроенным объектно-ориентированным языком COOL и средствами, позволяющими

комбинировать правила и объекты, что соответствует выбранной парадигме проектирования и разработки программной системы в целом. Во-вторых, исполняющая система CLIPS может выступать в качестве внедренного приложения, т.е. программа на CLIPS может быть скомпилирована и скомпонована с программой на языке C/C++, которая будет вызывать CLIPS – фрагменты как подпрограммы, что позволяет внедрять функции искусственного интеллекта в компоненты больших программных комплексов.

В настоящее время порождающие правила обычно реализуются в форме правил, манипулирующих с символическими структурами, а не строками символов. В результате алфавит канонической символьной системы заменяется словарем символов или атомов и простой грамматикой формирования символических структур. Таким образом, словарь описания символических структур состоит из трех подмножеств:

- N- имен объектов предметной области;
- P – имен свойств, которые рассматриваются в качестве атрибутов объектов;
- V – допустимых значений атрибутов.

Используемая грамматика имеет вид триад «объект»-«атрибут»-«значение». Триада (v, π, ϖ) существует, если $v \in N$, $\pi \in P$, $\varpi \in V$. Представленная синтаксическая форма обобщается в том случае, когда нужно для некоторого объекта v представить n вариантов пар «атрибут»-«значение» $(\pi_1, \varpi_1), \dots, (\pi_n, \varpi_n)$. В таком случае они объединяются в вектор:

$$(v, \pi_1, \varpi_1, \dots, \pi_n, \varpi_n).$$

Аналогичный синтаксис фактов имеет язык CLIPS. Синтаксическое представление правил в продукционной системе имеет следующий вид:

$$P_1, \dots, P_m \rightarrow Q_1, \dots, Q_n,$$

которое интерпретируется следующим образом:

ЕСЛИ предпосылки P_1 и ... и P_m верны, ТО выполнить действия Q_1 и ... и Q_n .

Предпосылки представляются в виде вектора «объект»-«атрибут»-«значение». Перечень предпосылок в правиле представляет собой образец вектора, которому должно соответствовать состояние рабочей памяти.

На рис. 4 приведен фрагмент сети Петри, который может быть описан с помощью продукционного правила на языке CLIPS, а на рис.5 приведен фрагмент кода на языке CLIPS соответственно.

Вывод. Использование экспертной системы как составной части ГИС для распознавания элементарных поверхностей рельефа предполагает, что в состав классических компонентов ГИС интегрируется прежде всего машина логического вывода экспертной системы. При этом наиболее эффективным алгоритмом вывода, учитывающим сложность и объем пространственных данных, является сетевой алгоритм логического вывода Rete.

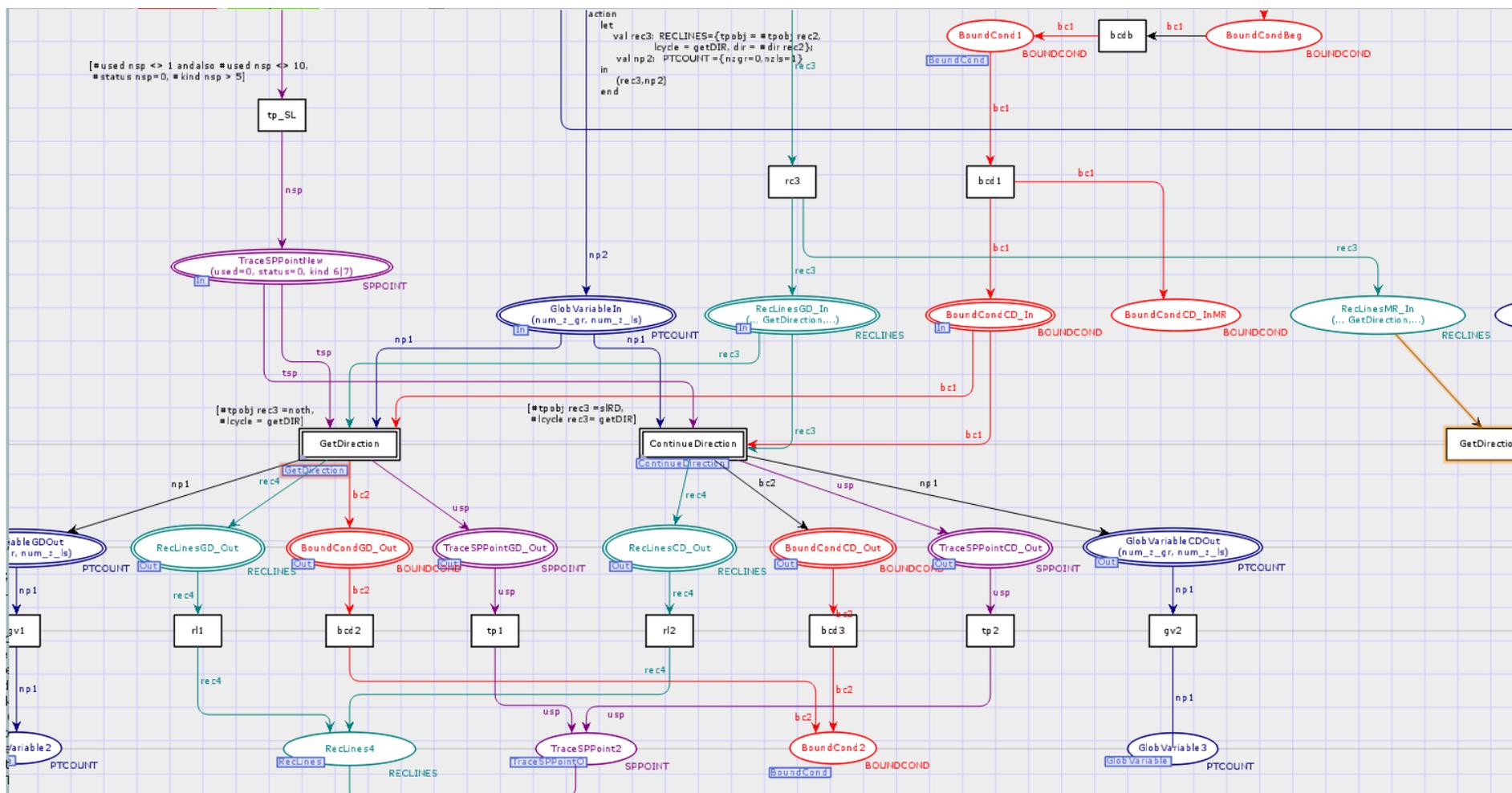


Рис. 3. Модель фрагмента базы знаний выделения элементарных геоморфных поверхностей рельефа в виде раскрашенной сети Петри в среде CPNTools.

Использование ИГИС при геоморфологических исследованиях позволяет решать проблему единообразного подхода к экспертному выделению значимых для анализа элементов поверхности рельефа, максимально исключив субъективные факторы. Кроме того позволяет объединить различные этапы обработки цифровых пространственных данных и увеличить скорость их обработки.

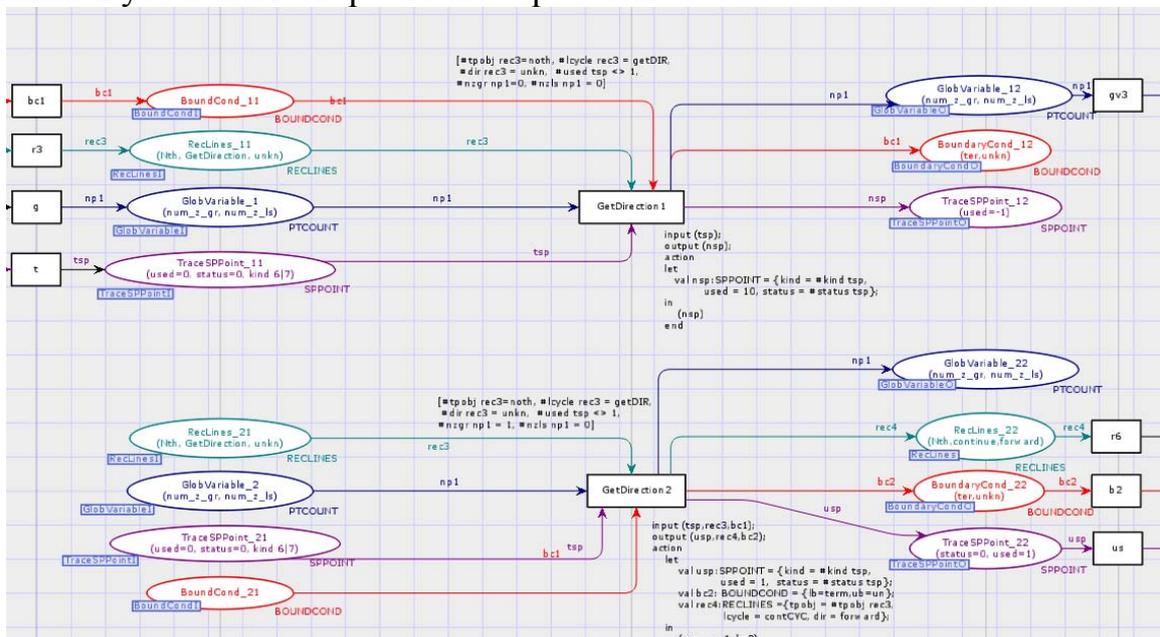


Рис. 4. Фрагмент сети Петри, представляющий продукционные правила базы знаний в среде CPNTools.

```

; begin of scanning, the first special point is simple
;-----
;***** 11
(defrule get-direction-r11
  (declare (salience 0))
  ?recogn <- (RECOGNITION_LINES (type_object nothing) (cycle get_direction) (direction unknown))
  ?ins <- (object (is-a SPPOINT) (status 0))
  (test (= ?*num_z_gr* 0))
  (test (= ?*num_z_ls* 0))
  =>
  (send ?ins put-used (- (send ?ins get-used) 1))
  (modify ?recogn (cycle begin))
  (bind ?res ( SaveDeletePoint -1))
)

(defrule get-direction-r21
  (declare (salience 0))
  ?recogn <- (RECOGNITION_LINES (type_object nothing) (cycle get_direction) (direction unknown))
  (or
    (and (test (= ?*num_z_gr* 1)) (test (= ?*num_z_ls* 0)))
    (and (test (= ?*num_z_gr* 1)) (test (> ?*num_z_ls* 1)))
  )
  ?ins <- (object (is-a SPPOINT) (status 0) (used 0) (z ?pz))
  ?ins1 <- (object (is-a SPPOINT) (status 3) (trace 0) (z ?pz1))
  (test (> ?pz1 ?pz))
  ?cond <- (BOUNDARY_CONDITIONS)
  =>
  (send ?ins put-used (+ ?*num_z_gr* ?*num_z_ls*))
  (send ?ins1 put-status 2)
  (modify ?cond (lower_bound terminate))
  (modify ?recogn (cycle continue) (direction forward))
)

```

Рис. 5. Определение правил на языке CLIPS для позиций GetDirection1 и GetDirection2 сети Петри

Список литературы

1. Jozef Minar, Ian S. Evans. Elementary forms for land surface segmentation: The theoretical basis of terrain analysis and geomorphological mapping / *Geomorphology* 95(2008) С 236-259. URL: www.elsevier.com/locate/geomorph
2. Ласточкин А.Н. Системно-морфологическое основание наук о Земле (Геотопология, структурная география и общая теория геосистем). СПб.: Изд-во НИИХ СПбГУ, 2002. С 762.
3. Зинченко А.Г., Ласточкин А.Н. Методика геоморфологического картографирования шельфа и континентального склона Российской Федерации (применительно к задачам Госгеолкарты-100) / под ред. Б.Г.Лопатина. ЗАО «Геоинформмарк». М., 2001. С 34.
4. Рыбина Г.В. Теория и технология построения интегрированных экспертных систем: монография. М.: Научтехлитиздат, 2008. С 482.

МОДУЛЬ АНАЛИЗА И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

О.А. Плисенко, С.А. Рева

plisenko_olji@fromru.com

Адыгейский государственный университет, Россия, г. Майкоп

При решении задач геоинформационного моделирования, описания гидрометеорологических процессов, прогнозирования опасных гидрологических явлений используются временные ряды измерений различных гидрометеорологических параметров. Так как эти ряды являются исходными данными для большинства перечисленных задач, встает вопрос о достоверности исходных данных, наличия в них ошибок измерений. Решается данный вопрос с помощью анализа однородности временного ряда и различных техник устранения этих неоднородностей, в зависимости от измеряемых данных.

Обзор и выбор методов анализа исходных рядов данных и методов устранения их неоднородности.

При рассмотрении методов обнаружения неоднородностей рядов среднесуточной температуры следует учитывать, что резкие аномалии погоды по температуре охватывают огромные пространства. Крайние значения температуры довольно тесно связаны между собой во времени с коэффициентами корреляции порядка 0,90-0,80 [1].

Рассмотрим основные причины нарушения однородности ряда. Нарушение однородности ряда гидрометеорологических данных может возникать по одной из следующих причин:

- изменения условий местоположения станции вследствие ее перенесения или вследствие изменения характера окружающей местности (вырубка или насаждение леса, заболачивание или осушение местности, застройка, распашка и т. п.);
- изменения типов приборов или их установок;
- изменения методов и сроков наблюдений;

- изменения индивидуальных ошибок наблюдений [1].

Поскольку неоднородность ряда является следствием нарушения метеорологического режима, крупные неоднородности, особенно возникающие скачком, могут быть обнаружены даже на глаз. Если размер скачка или вообще размер неоднородности существенно больше размера случайных колебаний, то в таких случаях достаточно будет анализа временного графика изменения величин по годам.

Если изменения, вызываемые неоднородностью местных условий, имеют один порядок со случайными колебаниями ряда из года в год, то одним из методов обнаружения неоднородностей ряда является построение графиков сезонных средних, сезонных и годовых сумм [3].

Статистические методы восстановления однородности рядов.

Главное внимание надо уделять устранению влияния неоднородностей на уровень ряда и частично на его дисперсию. В большинстве случаев исследование изменения дисперсии или рассеяния ряда может быть проведено аналогично исследованию изменения уровня, при взятии, например, за основу ряда квадратов отклонений от нормы или ряда абсолютных значений отклонений от нормы.

Устранение влияния неоднородности на уровень ряда обычно выполняется следующим путем:

- находится связь между участками ряда до, и после нарушения однородности и данными соседних станций;
- на основании сравнения формы связи в том и другом случае вносятся поправки к показанию станции в одном из них и, производя соответствующие вычисления, получают однородный ряд. [1]

Поскольку связь между показаниями соседних станций никогда не бывает вполне точной и не носит функционального характера, поправки перехода могут быть вычислены сколько-нибудь точно лишь при достаточной длительности параллельных наблюдений. Вопрос о выяснении формы зависимости в современной статистике обычно не ставится.

Сравнивая метод разностей с методом регрессий, можно сказать, что первый соответствует значению $r = 1$ в том частном случае, когда $\sigma_x = \sigma_y$.

Аналогично метод отношений соответствует частному случаю регрессии при

$r = 1$ и $\nu = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} = \frac{\sigma_y}{\bar{y}}$, эти предпосылки во многих случаях хорошо

оправдываются на практике при достаточно больших коэффициентах корреляции. Для более общих случаев линейной связи легко обобщить

методы разностей и отношений в виде уравнения $(y - \bar{y}) = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x - \bar{x})$,

соответствующего уравнению регрессии при $r=1$. Подобный вид уравнения связи удобен для теоретических расчетов, так как он позволяет одной и той же формулой дать характеристику применимости и метода разностей и метода отношений, а в случае надобности и более общего метода [4].

При наличии неоднородностей в уровнях можно поступить одним из трех способов:

- устранить действие неоднородностей на уровень;
- выбрать однородный участок ряда, провести по нему осреднение, а остальные части ряда отбросить или использовать независимо от первоначально выбранного участка;
- провести осреднение по всему ряду, не обращая внимания на неоднородность [2].

Первое решение, если в ряду имеется небольшое число крупных нарушений однородности уровня, количественные стороны которых достаточно четко выявляются при сличении с соседними станциями.

Второе решение, если один из участков ряда вполне однороден, условия наблюдений в этот период хорошо известны, в других же участках ряда условия неизвестны. Если же ряд распадается на несколько участков, то целесообразно каждый участок ряда обработать отдельно для выявления влияния этих местных условий.

Третье решение, если есть основание полагать, что неоднородности не очень велики или не имеют практического значения. Если имеется единичное крупное нарушение однородности в ряду, следует выбирать первое или второе решение [1].

Методами математической статистики производится расчет критерия выгодности восстановления однородности перед отбрасыванием части ряда.

Эти критерии справедливы при определенных условиях. Обычно они выводятся для условий, когда отличием метеорологического ряда от случайного можно пренебречь. Эти условия формулируются для однородных рядов величин x и y :

а) при удлинении ряда средние арифметические x и y стремятся к определенному пределу (математическим ожиданиям), и изменения уровня в ряду отсутствуют;

б) дисперсии величин \bar{x} и \bar{y} , σ_x^2 и σ_y^2 имеют определенный предел при удлинении ряда, и колебания их уровня в ряду отсутствуют;

в) между членами рядов x , y , а также x с y за разные годы корреляционные связи отсутствуют;

г) коэффициент корреляции между значениями x и y за одни и те же годы при удлинении ряда стремится к определенному пределу и колебания его уровня в ряду отсутствуют.

Если станция y содержит n лет наблюдений, а станция z содержит $N = n$ (других лет того же периода) $+m$ общих лет со станцией y ($m < n$). Тогда удлинение ряда y , используя наблюдения станции z , с учетом параллельных

наблюдений между z и y будет выгоднее использования средней только n летнего ряда y при условии

$$\sigma_y^2 > \sigma_d^2 \frac{n(N-n)}{N} \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{N-n} \right), \quad (1)$$

где σ - символ среднего квадратического величины, указанной в индексе, $d = e - kz$ и σ_d стандартная невязка линейной формулы приведения с данными наблюдений. Эта формула может быть представлена в виде

$$\frac{1}{2} > (1 - r_{xy}) \frac{n(N-n)}{N} \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{N-n} \right)$$

или

$$r > 1 - \frac{1}{2} \frac{Nm}{n(N-n+m)} = 1 - \frac{1}{2} \frac{1}{\left(\frac{n}{N} \right) \left(\frac{N-n}{m} + 1 \right)}. \quad (2)$$

Минимальное значение коэффициента корреляции, при котором будет выгодно восстановление однородности, должно быть тем больше, чем меньше отличается n от N и чем меньшую часть m составляет от $(N - n)$.

Если m мало по сравнению с $\frac{N-n}{m}$ (которое, например, больше 6),

устранение неоднородности возможно для $\frac{N}{n} = 2$ лишь при исключительно высоких коэффициентах корреляции, встречающихся как раз в данных по температуре; восстановление однородности при $\frac{N}{n} > 6$ требует коэффициента корреляции между станциями всего около 0,20—0,50, т. е. практически всегда выгодно [2].

Метод приведения крайних величин к одному периоду.

Пусть $x_1 \dots x_N, y_1 \dots y_N$ ряды ежегодно наблюдаемых крайних (максимальных или минимальных) значений температуры и r — коэффициент корреляции между ними. Пусть наиболее крайнее значение x наблюдалось в I год равное x_I , а наиболее крайнее значение y за короткий n -летний ряд наблюдалось в J год равное y_J . Тогда величина $\bar{y}_i = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x_I - \bar{x}) + \bar{y}$ дает среднее значение величины y , которые можно ожидать в I год наблюдения. Наибольшая же величина за полный ряд $y - y_j$ не обязательно будет падать на I год, так как для возникновения в тот или иной год в данном месте очень резкого максимума или минимума температуры необходима не только определенная погодная ситуация, пусть даже общая для станций x и y , но и какая-то случайная благоприятная комбинация условий, сложившихся именно на данной станции в отношении прояснения, затишья и других факторов. Поэтому даже на близких станциях,

как минимум, так и максимум за многолетний период приходились на разные годы. При допущении одинаковой формы кривой распределения (особенно на равнине) приведение наиболее правильно осуществлять по формуле

$$\bar{y}_J = \frac{\sigma_y}{\sigma_x}(x_I - \bar{x}) + \bar{y}, \quad (3)$$

соответствующей среднему значению величины y_J , имеющей ту же частоту появления, что и x_I .

Изменчивость значения крайней величины x_I , которую обозначим через σ_e из ряда длительностью в N членов, выражается через σ_y и по существу ему пропорционально, причем

$$\sigma_e = c(N)\sigma_x, \quad (4)$$

Для нормального распределения, от которого не очень далеко распределение крайних температур, значение c в зависимости от N выражается следующими числами:

$$N = 5, 10 \quad 50$$

$$c = 0,62 \quad 0,60 \quad 0,55$$

При рядах обычной длительности изменчивость крайних величин составляет примерно 0,6 изменчивости ежегодных их значений [1].

Метод приведения к полному периоду лет для средних условий распределения

Дисперсия ошибок приведенной величины будет слагаться из случайной погрешности этой величины относительно математического ожидания крайнего ее значений, которое будет равно $c^2\sigma_y^2$, и дисперсии ошибок, возникающих от неточного значения углового коэффициента в уравнении приведения

$$\sigma^2\left(\frac{\sigma_y}{\sigma_x}\right) \cong \frac{\sigma_y^2}{\sigma_x^2} \frac{1 - \rho^2}{N}, \quad (5)$$

хотя для малых N эта дисперсия практически значительно больше указанной (из-за незнания истинного значения $\frac{\sigma_y}{\sigma_x}$).

Дисперсия ошибок неприведенной величины слагается из случайной части, также равной $c^2\sigma_y^2$ и систематической, равной $\frac{(x_I - \bar{x})^2(1 - r^2)}{N}$.

Критерий в правой части приобретает несколько условный характер, так как здесь приходится условно рассматривать систематическую погрешность на правах случайной, что формально правильно, по существу же потребует в дальнейшем дополнительных замечаний.

При этих допущениях критерий целесообразности приведения выразится

$$c^2\sigma_y^2 + \frac{\sigma_y^2}{\sigma_x^2} \left(\frac{x_I - \bar{x}}{n} \right) (1-r^2) < c^2\sigma_y^2 + \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_x} x_I - y_j - d \right)^2, \quad (6)$$

при условии, что

$$\frac{\sigma_y}{\sigma_x} x_I - y_j - d > 0 \text{ (для максимума), } < 0 \text{ (для минимума),} \quad (7)$$

или

$$\frac{\sigma_y^2}{\sigma_x^2} \frac{(x_I - \bar{x})^2}{n} (1-r^2) < \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_x} x_I - y_i - d \right)^2. \quad (8)$$

Если мы приводим к конкретному периоду, то в левой части (3) вместо $c^2\sigma_y^2$ должно стоять $2c^2(1-r)\sigma_y^2$, так как мы сравниваем крайнюю величину, рассчитанную с помощью ряда x , с величиной, которая могла бы наблюдаться в ряду y , если бы там ряд был полным. В правой же части различия неприведенной величины (даже случайные) с истинной должны убывать с ростом n , причем закон убывания этих различий можно принять аналогичным другим формулам теории приведения, т.е. критерий напишется в виде

$$2\sigma_y^2 c^2 (1-r) + \frac{(x_I - x_0)^2 \sigma_y^2 (1-r^2)}{n \sigma_x^2} < \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_x} x_I - y_j + z \right)^2 + 2\sigma_y^2 c^2 (1-r) n \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{N} \right), \quad (9)$$

с сохранением условия (7).

Случайные погрешности, обусловленные неточностью определения $\frac{\sigma_y}{\sigma_x}$ могут, в отдельных случаях значительно превышать свое среднее значение. Так, применяя приведение последовательно к 12 месяцам года, мы можем ожидать, что в среднем в одном случае результат выйдет за пределы $1,9 \sigma$ и надо применить по крайней мере правило 3σ , чтобы выйти за пределы часто встречающихся погрешностей. Поэтому в формулах (6) и (8) следует не менее чем утраивать значение $\frac{(x_I - x_0)^2 \sigma_y^2}{n \sigma_x^2}$.

Ход изменчивости максимальных и минимальных температур очень плавный, и для близких расстояний вполне допустимо положить

$$\sigma_y = \sigma_x, \quad (10)$$

т. е. применять обычный метод разностей.

Если можно применять обычный метод разностей, то формулы приведения значительно упрощаются. Приведение к средним условиям можно применять при выполнении соотношений

$$x_I - y_j + z > 0 \text{ (для максимумов)} < 0 \text{ (для минимумов)}, \quad (11)$$

т.е. когда приведенная величина является более крайней, чем неприведенная.

Для того, чтобы максимально приблизиться к условиям именно данного периода, то к формуле (11) добавляется выражение, получающееся из (7),

$$2c \frac{n}{N} \sigma_y^2 (1-r) < (x_I - y_j = z)^2,$$

или

$$1,2 \frac{n}{N} \sigma_d^2 < (x_I - y_j = z)^2$$

Это выражение может быть представлено в виде

$$1 \cdot 1 \sqrt{\frac{n}{N}} \sigma_d < |x_I - y_j + z|, \quad (12.1)$$

Что и является дополнительным критерием целесообразности приведения. Заменяя σ через ν , можно тоже выражение записать

$$1 \cdot 35 \sqrt{\frac{n}{N}} \nu_d < |x_I - y_j + z|. \quad (12.2)$$

Наиболее крайняя величина в ряду x_I наблюдалась вне пределов короткого периода, тогда целесообразность приведения методом разностей определяется критерием (12.1), а в общем случае критерием (9); если эти критерии удовлетворяются, то берут приведенную величину. Если приведение нецелесообразно, можно брать значение y_i , как крайнюю из короткого ряда, как величину, которая должна остаться крайней и для полного ряда y . Если нужно крайнее значение в ряду y привести к периоду, аналогичному полному ряду x (к средним условиям), а не данному, можно использовать величину x_I так как появление величины x_I в данном случае и сопровождалось появлением рекордной величины y_I , в ряду y [1].

Метод упрощения техники приведения рядов к одному периоду.

Первый путь заключается в упрощении критерия, заменой трудно вычисляемых величин σ более легко вычисляемыми величинами.

Прежде всего можно значительно упростить вычисление σ способами провизорных средних и способом сумм.

Первый основывается на применении известной статистической формулы.

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{n} \sum (x_i - a)^2 - (a - \bar{x})^2, \quad (13)$$

Беря за a какое-либо близкое к среднему арифметическому целое число, упрощается вычисление [1].

Для анализа рядов значений уровней подъема воды предполагается использовать критерии Стьюдента, Фишера, Диксона.

Таким образом, для реализации в системе выбраны следующие методы: 1) визуального анализа с помощью построения графиков годового значений параметров, 2) определения распределения ряда; 3) анализ рядов данных с помощью методов разностей для значений температуры; 4) анализ рядов данных по критериям Стьюдента, Фишера, Диксона для уровней подъема воды; 5) приведения крайних величин к одному периоду, 6) приведения к полному периоду лет для средних условий распределения, 7) группового анализа.

Список литературы

1. Бернгардт Р.П. Восстановление однородности рядов максимальных скоростей ветра. М.: Изд. «Москва Бук», 1998.-340с.: ил.
2. Буздалин А. В. Критерий однородности процесса восстановления на конечном интервале времени. М.: Изд. «Наука», 1999.
3. Пикин С.Ф. Гравитационно-кинетическая модель рельефа. <http://geovortex.ru/index.php/component/k2/item/8-gravitatsionno-kineticheskaya-model-relefa>
4. Атре Ш. Структурный подход к организации баз данных. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 320 с.
5. Браунов А. Климатические районы России. М.: Наука, 1999.- 250 с.

МОДУЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЗАТОПЛЕНИЯ ПРИ ПАВОДКЕ

О.А. Плисенко, М. Халилов

plisenko_olji@fromru.com

Адыгейский государственный университет, Россия, г. Майкоп

Целью построения 3D модели затопления при паводке является расчет оценок экологического и социально-экономического ущерба при катастрофических паводках, а также оценка площади затопления и вычисления уровня воды в каждой точке затопленной области. Базовым слоем для моделирования является цифровая модель рельефа (ЦМР). Именно качество ЦМР определяет сложность и точность алгоритма построения зон затопления при паводке, и в то же время позволяет упростить используемые стандартные алгоритмы расчета гидродинамического потока. Для расчета зоны затопления в качестве источника затопления будем рассматривать только водный поток, проходящий через нижний бьеф гидротехнического узла.

Для построения модели затопления в разрабатываемой Системе используется гравитационно-динамическая модель рельефа («Gravity», свидетельство официальной регистрации № 2007612044, далее Модель). Указанная модель относится к классу моделей, основанных на физических принципах. Модель адекватно описывает процесс формирования рельефа земной поверхности в гравитационном поле Земли, что позволяет вывести ее на качественно новый уровень устойчивой динамической системы. Модель гравитационного переноса вещества в поверхностном слое земной коры

позволяет учесть не только геометрическую составляющую данных о рельефе, но и степень текучести геологического субстрата в каждой точке пространства. Модель может использоваться как для получения статической модели земной поверхности, так и для моделирования различных экзогенных процессов. Модель корректно отображает линии разрывов - знаки обрывов, осыпей, знаки насыпей и выемок искусственного происхождения, которые передаются изменениями в текучести геологического субстрата.

Краткое описание растровой гравитационно-динамической модели рельефа.

Существует множество подходов к интерполяционному моделированию геометрической поверхности рельефа, которые можно, разделить на две основные группы:

- интерполяция на основе триангуляции Делоне;
- методы сплайновой интерполяции, такие как: бикубический сплайн, би-сплайн, неравномерный рациональный би-сплайн, сплайн Безье, кригинг, средневзвешенная интерполяция и проч.

Основными недостатками перечисленных методов являются наличие большого количества артефактов при резкой неоднородности и плотности исходных данных, а также невозможность учёта разрывов и прочих неоднородностей свойств рельефа местности, без которых невозможно построение достоверной модели рельефа.

В качестве базы для алгоритма построения ЦМР выбирается модель гравитационного переноса в поверхностном слое земной коры [1]. С физической точки зрения процесс гравитационного переноса, наряду с теплопроводностью и диффузией, могут быть отнесены к процессам градиентного переноса, которые подчиняются уравнению, выраженного формулой 1:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} = \sum_n \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D \frac{\partial \Psi}{\partial x_i} \right) \quad (1)$$

где Ψ переносимая величина, $D = D(x_1, \dots, x_n)$ - коэффициент переноса Ψ в данной точке пространства.

Из дифференциального уравнения, заданного формулой 1, видно, что такая модель позволяет учесть не только геометрическую составляющую данных о рельефе, но и его свойства в каждой точке пространства. Более того, её применение позволяет проследить изменение поверхности рельефа с течением времени.

Алгоритм построения зоны затопления на растровой гравитационно-динамической модели рельефа с использованием средства вычислительной гидродинамики.

Метод построения зоны затопления заключается в моделировании поведения воды с помощью средств вычислительной гидродинамики. Существует несколько методов моделирования жидкости. Самые распространённые из них это гидродинамика сглаженных частиц, и метод решёточных уравнений Больцмана.

Метод решеточных уравнений Больцмана (lattice Boltzmann method, далее LBM) представляет собой метод для численного расчета течений жидкостей, газов и плазмы, являющийся альтернативой методам, основанным на дискретизации уравнений, описывающих динамику сплошной среды. При применении метода решается система кинетических уравнений специального вида для функций распределения, из которой с помощью метода Чепмена – Энскога может быть получена система уравнений механики сплошной среды. Значения таких макроскопических величин как плотность, скорость, давление и температура приближенно вычисляются через значения функций распределения. [2]

Гидродинамический метод сглаженных частиц работает путём деления жидкости на дискретные элементы, называемые частицами. Эти частицы имеют пространственное расстояние (известное как «длина сглаживания», обычно представляемая в уравнениях как h), на котором их свойства «сглаживаются» функцией ядра. Это значит, что любая физическая величина любой частицы может быть получена путём суммирования соответствующих величин всех частиц, которые находятся в пределах двух сглаженных длин. Например, температура в точке r зависит от температуры всех частиц на расстоянии $2h$ от r . [3]

Вышеуказанные методы моделирование жидкости помогут с высокой точностью рассчитать и отобразить зоны, которые будут подвержены затоплению.

Алгоритм построения зоны затопления на растровой гравитационно-динамической модели рельефа при оперативном управлении во время паводковой ситуации.

Метод построения зоны затопления заключается в моделировании стока воды по матрице высот от некоторого источника. В качестве такого источника выступает нижний бьеф гидротехнического узла (заданный географическими координатами). Уклоны водной поверхности при подъеме уровней предполагаются тождественными уклонам водной поверхности, получаемым по картографической информации об урезах воды на главном русле реки. Таким образом, высота водной поверхности в любой точке рассчитывается по формуле 2.

$$Z = Z_0 + dZ, \quad (2)$$

где dZ — мощность слоя воды в данной ячейке матрицы высот (грида).

Для определения объема стока при паводке используются напорные характеристики гидротехнического узла, дающие связь напоров и расхода воды, поступающей в нижний бьеф. Расчет ведется для отметок НПУ (нормальный подпорный уровень) и УМО (уровень мёртвого объёма), так как эти отметки выступают верхней и нижней границей зоны нормальной работы гидротехнического узла. Таким образом при достижении опасных отметок легко рассчитать критический расход воды и мощность слоя затопления с моделированием этих значений во времени. Данные напора и пропуска воды

рассчитываются исходя из текущих значений диспетчерского регулирования, основанного на краткосрочном прогнозе (2-3 дня) объема стока.

Мощность слоя воды в каждой ячейке матрицы рассчитывается путем аппроксимации мощности слоя затопления на соседние ячейки растровой модели рельефа с учетом ее высоты.

Модель рельефа и алгоритм построения зон затопления основаны на жестком требовании гидрологической корректности цифровой модели рельефа, при соблюдении которого достигается необходимая точность модели затопления. Алгоритм не требует больших вычислительных ресурсов, поэтому может быть использован в оперативном режиме диспетчерского управления при паводках для оценки развития ситуации во времени.

Алгоритм построения зоны затопления на растровой гравитационно-динамической модели рельефа для расчета возможных зон затопления паводками различной повторяемости.

Соответственно, используемый при оценке затопления различной обеспеченности P подъем уровня $dZ_{P\%}$ вычисляется с использованием соответствующих данных по уровням $h_{P\%}$ гидрологического пункта: высота водной поверхности $Z_{P\%}$ определяется в любой точке по формуле 3.

$$Z_{P\%} = Z_0 + dZ_{P\%}, \quad (3)$$

Для расчета $dZ_{P\%}$ по материалам гидрологических наблюдений необходимо знать следующие величины:

- уровни различной обеспеченности $h_{P\%}$ по данным техническим материалам гидротехнического узла;
- высоту отметки нуля в Балтийской системе высот (BHS) h_{BHS} ;
- картографическую высоту водной поверхности в створе нижнего бьефа гидротехнического узла $h_{П}$, $dZ_{P\%}$ выражается через них по формуле 4.

$$dZ_{P\%} = h_{BHS} + h_{P\%} - h_{П}, \quad (4)$$

При учете непостоянной высоты водной поверхности на первом этапе строится грид начальной «водной поверхности» с помощью гравитационно-динамической модели рельефа (выше для обозначения поля высот водной поверхности использовалось обозначение Z_0).

На следующем этапе задается значение относительного превышения уровня воды dZ , которое преобразуется в грид. Далее вычисляется результирующий грид, высота каждой ячейки которого является суммой значений начального грида и грида относительного превышения уровня. Последующие расчеты ведутся так же, как и в случае постоянной высоты водной поверхности.

Описанный алгоритм используется при заблаговременной оценке возможной паводочной ситуации.

Вывод.

При решении вопроса разработки алгоритма построения модели затопления территории были проанализированы требования к цифровой модели рельефа как к базовому слою, позволяющему более корректно

отрисовывать зону затопления. Рассмотрены подходы к построению моделей зон затопления. Разработаны алгоритмы для построения 3D модели затопления для использования в двух режимах: 1) при заблаговременной оценке развития паводочных ситуаций, 2) при оперативном управлении во время паводка. Все рассмотренные алгоритмы строятся на учете превышений уровней воды в нижнем бьефе, получаемых после работы алгоритма расчета оптимального графика сброса воды.

Работа выполняется в рамках гранта по программе «Старт» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по проекту «Автоматизированная система принятия решений по оптимизации режима функционирования гидротехнического узла на основе среднесрочного прогнозирования времени наступления и величины экстремальных и меженных уровней воды в верхнем бьефе».

Список литературы

1. Пикин С.Ф. Гравитационно-кинетическая модель рельефа. <http://geovortex.ru/index.php/component/k2/item/8-gravitatsionno-kineticheskaya-model-relefa>
2. Chen S., Doolen G. D. Lattice Boltzmann method for fluid flows // Annual Review of Fluid Mechanics. — 1998. — Vol. 30. — P. 329–364.
3. Kees van Kooten. Smoothed Particle Hydrodynamics (PPTX). GDC Vault (март 2011 года).

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ СТОКОВЫХ ТЕЧЕНИЙ

И.В. Потерухина

*Балтийский федеральный университет им. И. Канта
Россия, г. Калининград*

Хорошо известно, что одним из основных источников загрязнения морских акваторий является речной сток, который кроме различного рода канцерогенов несет в себе значительное количество биогенных веществ, что в дальнейшем может приводить и приводит к процессу «цветения» воды в морях и водохранилищах. Очевидно, что обозначенная проблема с необходимостью требует полноты понимания основных черт поведения стоковых течений для разных сезонов года.

Целью работы является изучение особенностей поступления через Балтийский пролив (г. Балтийск, калининградская область, РФ) и последующего распространения в прибрежных водах Балтийского моря распресненных вод Вислинской лагуны как мелкомасштабного стокового течения при помощи численной модели явления.

В основу реализованного подхода была положена нелинейная двумерная численная модель [1], построенная на основе агеострофического приближения уравнений движения, которая обеспечила учет всех основных физических факторов задачи:

$$\rho \frac{d\omega}{dt} + \left(\frac{\partial \rho}{\partial x} \cdot \frac{dv}{dt} - \frac{\partial \rho}{\partial y} \cdot \frac{du}{dt} \right) + f \cdot \left(u \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial \rho}{\partial y} \right) = v_T \Delta \omega, \quad \Delta \psi = \omega$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{u} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \mathbf{v} \frac{\partial \rho}{\partial y} = \mathbf{D}_T \Delta \rho, \quad \frac{\partial c}{\partial t} + \mathbf{u} \frac{\partial c}{\partial x} + \mathbf{v} \frac{\partial c}{\partial y} = \mathbf{D}_T \Delta c,$$

где $\omega = \partial \mathbf{u} / \partial y - \partial \mathbf{v} / \partial x$ - завихренность; ψ - функция тока и $\mathbf{u} = \partial \psi / \partial y$ и $\mathbf{v} = -\partial \psi / \partial x$; $\rho = \rho_0 + \sigma$ - плотность; $\nu_T = \nu_0 + \nu_{ef}$; Sc - турбулентное число Шмидта; $\nu_{эф}$ - эффективная турбулентная вязкость; ν_0 молекулярный коэффициент вязкости воды; $\mathbf{D}_T = Sc \cdot \nu_T$ - коэффициенты турбулентных вязкости и диффузии [2]. Конечно-разностная модель была построена для системы уравнений в переменных завихренность-функция тока-избыточная плотность воды на сетке 701x701. На описанной выше модели был выполнен расчет 27 стоковых течений с характерными масштабами, ориентированными либо на лабораторные эксперименты в гидрлотке, либо на условия балтийского пролива.

Анализ всего объема и поведения всех расчетных течений позволяет сделать следующие выводы: на качественном уровне очертание расчетных течений вполне соответствуют наблюдаемым со спутника. Из приведенных выше модельных расчетов и соответствующие ими спутниковые данные очевиден тот факт, что изменение характерных параметров скорости потока и плотности воды слабо влияют на образование вихря при постоянных параметрах: ширина струи.

Список литературы

1. Гриценко В.А., Чубаренко И.П. О динамике залива морских вод в пресноводный залив небольшой глубины на примере Вислинской лагуны // Метеорология и гидрология, 2001 № 1. С. 72-81
2. Озмидов Р.В. Диффузия примесей в океане. // СПб.: Гидрометеоздат, 1986, 280 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

¹ Ю.Ю. Рафикова, В.П. ¹ Шакурн, ² В.Г. Потанский, ¹ С.В. Киселева

ju.rafikova@gmail.com

¹ *Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова*

² *Экоцентр «Битцевский лес» ГПБУ «Мосприрода»*

Россия, г. Москва

Введение

Выбор оптимальной площадки для размещения фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), а также солнечных коллекторов является актуальной задачей для городских территорий, горных и залесенных местностей, когда невозможно достоверно определить ход тени в течение суток в разные сезоны года без специально организованного мониторинга. Затенение приемных поверхностей особенно влияет на производительность коллекторов в составе солнечных водонагревательных установок (СВУ), так как они используют и преобразуют преимущественно прямое солнечное излучение.

Ранее в классических работах в области солнечной энергетики рассматривались методы оценки затенения приемной поверхности препятствиями различной формы [1, с. 50-57]. Основной элемент такой – определение координат нескольких точек границы препятствия, а именно, угловой высоты объекта и азимутального угла, и последующее наложение их на диаграмму положения Солнца для данной географической точки (рис. 1).

К настоящему времени разработаны новые инструментальные методы проведения измерений, которые упрощают и делают более доступным даже для неспециалистов оценки затенения и выбор наиболее оптимальной площадки для размещения фотоэлектрических установок и СВУ. Такими инструментами являются фото- и видеосъемка, в том числе с помощью малых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), программные средства для определения траектории движения Солнца по небосводу в различных точках земной поверхности [2] и др. Кроме того, современные технологии позволяют провести автоматизацию расчетов уровня затенения при различном расположении приемной поверхности в пределах заданной площадки и произвольных углах ее наклона и ориентации по сторонам света.

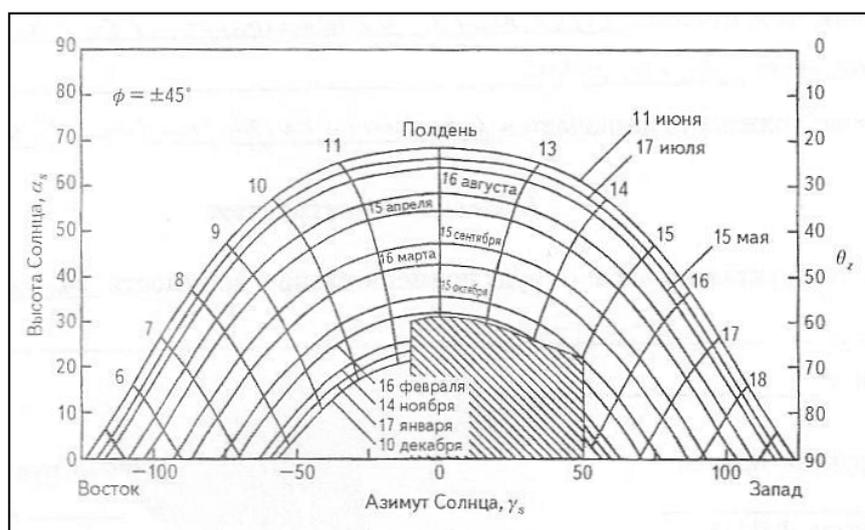


Рис. 1. Пример наложения контура затеняющего объекта на график положения Солнца для широт $\pm 45^\circ$. По осям показаны азимутальный солнечный угол, высота и склонение Солнца. Даты приведены для северного полушария [1, с. 51].

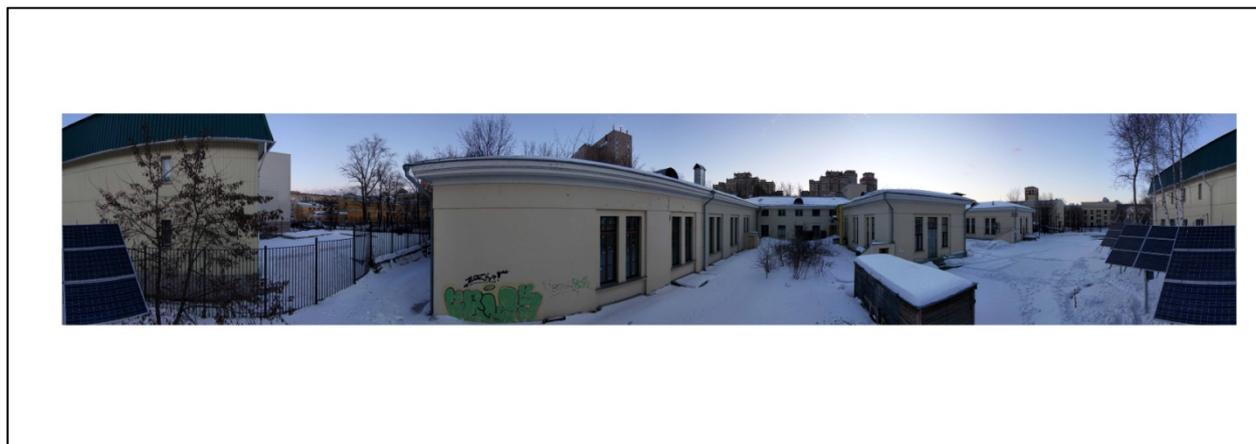
Материалы и методы.

Методика исследований включает в себя следующие этапы:

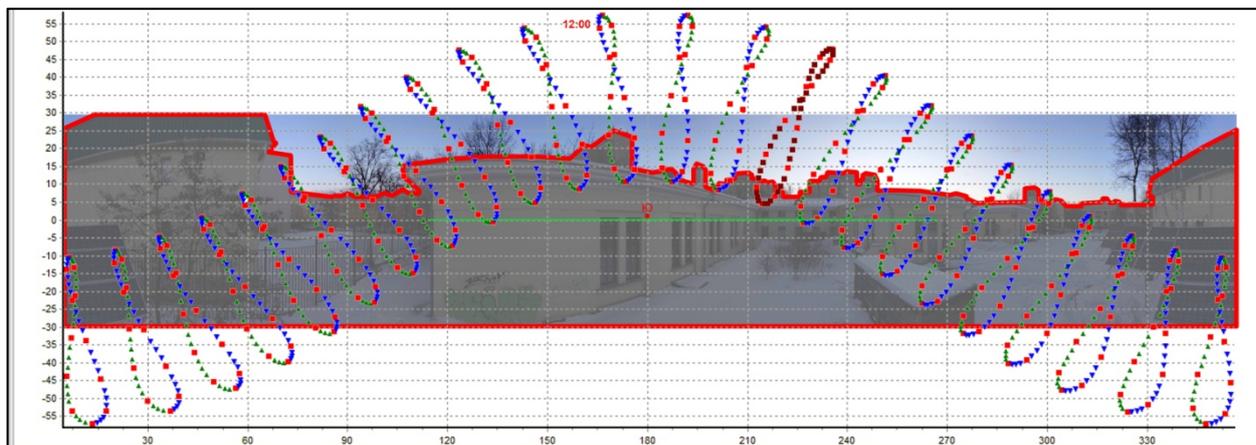
1. Проведение панорамной цифровой фотосъемки от точки предполагаемого размещения приемной поверхности ФЭП или СВУ (рис. 2 а). При этом съемка должна проводиться строго в горизонтальной плоскости, что требует использования уровня или трехосевого электронного стабилизатора (нами был использован стабилизатор “Zhiyun Crane”). Минимальный угол панорамной съемки по азимуту выбирается в зависимости от географической широты исследуемой площадки. По мере увеличения широты угол панорамной съемки должен также увеличиваться, чтобы точки восхода и заката Солнца в день летнего солнцестояния

находились в границах снимка. Минимальные требования к фотосъемке включают также выбор раствора фотообъектива, который должен позволять захватить в поле съемки все препятствия для прямого солнечного излучения, приходящего в точку съемки.

Если приемная поверхность солнечной установки небольшая, достаточно провести единичную панорамную съемку для оценки затенения. Для больших поверхностей, которые неоднородно затеняются препятствиями, следует провести серию съемок от характерных граничных или внутренних точек приемной поверхности. В этом случае оценка затенения будет относиться к соответствующим участкам поверхностей. При большой высоте и протяженности установок удобно использовать беспилотные летательные аппараты, позволяющие быстро провести многократную (с различных точек) дистанционно управляемую фотосъемку (рис. 3). При этом БПЛА должны быть оснащены системой стабилизации положения в пространстве и определения координат (в том числе по высоте). Следует учесть, что при проведении съёмки на городской территории с плотной застройкой возможны сильные электромагнитные помехи, которые препятствуют калибровке компаса БПЛА и последующей работе стабилизатора.



а



б

Рис. 2. Панорамный снимок строений, затеняющих фотоэлектрические установки – а; контур сооружений с наложенными на него аналемами Солнца – б.

2. После получения панорамных цифровых снимков каждая фотография анализируется путем наложения на нее линии горизонта и диаграмм, отражающих траекторию хода Солнца в течение года (аналеммы Солнца). Аналеммы Солнца могут быть построены аналитически или, например, с помощью открытого программного продукта Day&Night [2]. На рис. 2 б представлены 24 аналеммы, соответствующие каждому часу суток. Полуденная аналемма (для условий г.Москва) отмечена значением 12:00. На аналеммах красными точками обозначены 22-е числа каждого месяца года, верхняя и нижняя точки соответствуют дням летнего и зимнего солнцестояния. Промежуточные точки обозначают границы недель месяца. В связи с показанной дискретностью аналемм оценка затенения проводилась с точностью до часа. Для удобства дальнейшей обработки снимков следует нанести на исходную панораму – помимо аналемм и линии горизонта – контур затеняющих объектов (рис. 2 б).



Рис. 3. Использование БПЛА при проведении панорамной фотосъемки затеняющих объектов

3. Обработка полученного комплексного изображения заключается в визуальной или автоматической оцифровке затеняемых точек аналемм и составлении матрицы освещенности (Таблица 1). Автоматизация обработки изображения проводится путем векторизации всех элементов: контура затеняющих объектов и аналемм. При наложении векторной маски затенения на слой аналемм получается перечень точек, соответствующих часам, когда приемная поверхность попадает/не попадает в зону затенения. Каждой из таких точек может быть присвоен цифровой атрибут, отражающий ее «энергетический вес» – величину прямой солнечной радиации в соответствующий час.

Таблица 1.

Пример матрицы освещенности для условий г. Москва. Часы, в течение которых прямая солнечная радиация достигает приемной поверхности, обозначены 1.

	Часы суток																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Январь																								
Февраль												1	1	1										
Март									1	1	1	1	1	1	1	1								
Апрель							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Май							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Июнь							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Июль							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Август						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Сентябрь							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Октябрь										1	1	1	1	1	1	1								
Ноябрь														1	1	1								
Декабрь																								

4. Для количественной оценки степени затенения предлагается рассчитывать долю прямой солнечной радиации, которая достигает приемной поверхности в течение года. Тогда величиной, характеризующей приход солнечной радиации в условиях затенения, следует принять, во-первых, отношение прямой радиации, достигающей заданную точку за год (с точностью до одночасового интервала), к максимальному (теоретическому) годовому приходу прямой радиации. Для этого полученная на предыдущем шаге матрица освещенности (Таблица 1) сопоставляется с приходом прямой солнечной радиации для каждого часа года с учетом координат заданной точки (Таблица 2). В проведенных нами измерениях в качестве исходных данных были взяты значения прямой солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность. Но при более точных оценках (особенно для протяженных приемных поверхностей) следует учитывать угол наклона установки. С одной стороны, с изменением угла наклона закономерно изменяются значения часовых сумм прямой солнечной радиации, поступающей на поверхность. С другой стороны, при расчетах с учетом угла наклона помимо собственно затеняющих объектов на результаты влияет также самозатенение приемной поверхности, которое может происходить, например, в ранние утренние и вечерние часы летом, когда солнце оказывается (при южной ориентации) позади этой поверхности.

Таблица 2.

Средние часовые суммы прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность (осреднение за период 1984 – 2014 гг.), Втч/м².

Среднее за час (период 1984 – 2014 гг.)	Час																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Январь	0	0	0	0	0	0	0	0	3	24	50	67	67	50	24	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Февраль	0	0	0	0	0	0	1	5	29	71	114	141	141	114	71	29	5	1	0	0	0	0	0	0
Март	0	0	0	0	0	3	13	35	84	144	196	225	225	196	144	84	35	13	3	0	0	0	0	0
Апрель	0	0	0	0	0	11	33	74	128	186	233	259	259	233	186	128	74	33	11	0	0	0	0	0
Май	0	0	0	0	6	31	68	119	179	237	284	309	309	284	237	179	119	68	31	6	0	0	0	0
Июнь	0	0	0	0	14	37	71	115	166	215	253	275	275	253	215	166	115	71	37	14	0	0	0	0
Июль	0	0	0	0	10	33	68	115	170	223	266	290	290	266	223	170	115	68	33	10	0	0	0	0
Август	0	0	0	0	0	14	41	83	136	191	236	262	262	236	191	136	83	41	14	0	0	0	0	0
Сент.	0	0	0	0	0	5	12	32	68	111	149	170	170	149	111	68	32	12	5	0	0	0	0	0
Октябрь	0	0	0	0	0	0	3	7	26	55	83	100	100	83	55	26	7	3	0	0	0	0	0	0
Ноябрь	0	0	0	0	0	0	0	0	4	24	46	61	61	46	24	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Декабрь	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	24	34	34	24	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Серия панорамных съемок позволяет выбрать наиболее оптимальные точки для расположения как компактных, так и значительных по площади фотоэлектрических установок. В качестве метода визуализации результатов может выступать карта-схема заданной территории, отображающая долю затенения прямой солнечной радиации в различные периоды года.

Заключение

В работе представлена методика оценки затенения приемной поверхности солнечных энергоустановок объектами городской застройки, а также результаты реализации методики для площадки на территории МГУ имени М.В.Ломоносова (г. Москва). Выявлена средняя за год и диапазоны изменения доли затенения прямой солнечной радиации для заданной точки расположения солнечной установки. Дальнейшее развитие работы предполагает решение следующих задач:

1. Развитие методики для протяженных объектов, т.е. приемных поверхностей ФЭП или СВУ большой площади.

2. То же – для оценки влияния угла наклона и азимутальной ориентации на затененность приемной поверхности.

3. Разработка методов учета затенения полупрозрачными объектами (кроны деревьев).

4. Разработка алгоритма оценки затенения приемных поверхностей в пределах заданной территории, в том числе, с помощью составления детальной карты-схемы затенения территории.

5. Обоснование допустимых уровней затененности приемной поверхности в различное время года и суток для формирования рекомендаций при размещении солнечных станций и установок.

6. Автоматизация расчетов и разработка программного обеспечения.

7. Создание пользовательского приложения с удобным интерфейсом и модульной структурой.

Список литературы

1. Даффи Дж., Бекман У. Основы солнечной теплоэнергетики. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект». 2013. 888 с.

2. Сайт daybit.ru. [Электронный ресурс]. Программное обеспечение Day and Night: <http://daybit.ru/solnechnye-chasy/posmotri-na-solnce.html> (дата обращения 28.02.2016)

3. База данных NASA Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER). Раздел Climatology Resource for Sustainable Buildings [Электронный ресурс]. National Aeronautics and Space Administration. Prediction of Worldwide Energy Resource // <http://power.larc.nasa.gov/> (дата обращения 21.02.2017).

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ АТМОСФЕРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НАД ЗАПРИПАЙНОЙ ПОЛЫНЬЕЙ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ ПО ДАННЫМ WRF-МОДЕЛИРОВАНИЯ

^{1,2} И.А. Репина, ¹А.А. Аниферов

repina@ifaran.ru

¹*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Россия, г. Москва*

²*Институт космических исследований РАН, Россия, г. Москва*

С помощью мезомасштабной модели WRF Polar исследовались атмосферные процессы над полынью моря Лаптевых. В работе был рассмотрен случай образования полыньи в период апрель-май 2008 года в море Лаптевых. Было выполнено сравнение разных экспериментов с разными данными концентрации льда: для одного и того же времени было выполнено моделирование динамики атмосферного пограничного слоя при сплоченности льда равной 100 % и сплоченности льда, взятой из спутниковых данных. Для анализа рассматривались как холодные, так и теплые периоды, когда разница температур открытой воды и воздуха была незначительной. Модельные эксперименты проводились на сетке 10, 5 и 3 километра, что позволило рассмотреть влияние горизонтального разрешения на точность эксперимента. Установлено влияние полыньи на поля температуры, скорости ветра и на процессы образования облачности над полынью. Степень влияния зависит от синоптической ситуации в районе и уменьшается с усилением циклонической активности. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-05-01221.

Ключевые слова: Климат Арктики, полыньи и разводья, дистанционное зондирование площади полыней, атмосферный пограничный слой, мезомасштабное моделирование.

Введение

В настоящее время Северный Ледовитый океан наиболее уязвим для задач климатического моделирования. Многие процессы, которые влияют на глобальный климат региона, оказываются вне разрешения моделей. Особенно это касается динамики полыней и разводий [1, 2].

Неотъемлемой особенностью арктических морей являются так называемые заприпайные полыньи [3]. Они систематически образуются в зимний период между неподвижным припаем и сплоченными дрейфующими льдами и представляют собой значительные пространства чистой воды и молодых льдов толщиной до 30 см. Механизмы образования заприпайных полыней могут быть связаны как с устойчивыми береговыми ветрами [4, 5], так и внутренними океанскими процессами [2, 6]. В результате отдачи тепла в атмосферу в полынях происходит интенсивное ледообразование, которое, в свою очередь, приводит к формированию уплотненной воды, влияющей на океанографические процессы на шельфе [7]. Несмотря на то, что исследованию заприпайных полыней посвящено достаточное количество работ (см. например (2, 8-13)), их роль в формировании климата Арктики до сих пор не определена. В последние десятилетия проводились как модельные

[5, 14, 15], так и спутниковые исследования [16-18]. Оценки потоков тепла над полыньями основаны, как правило, на совместном использовании спутниковых данных, данных метеорологических станций и специализированных экспериментов.

Крупномасштабный мониторинг арктического ледяного покрова невозможен без использования спутниковых данных. Это единственный способ получить представление о глобальной и региональной изменчивости состояния ледового покрова. Но возможности спутникового мониторинга ограничены радиометрическими свойствами датчиков и их пространственным разрешением. Традиционно для исследования полыней по пространственным и временным характеристикам наиболее приемлемыми считаются данные пассивного микроволнового зондирования (радиометры SSM/I, SSMR, AMSR-E). [16, 19-22]. Но полыни (и тем более разводья) часто оказываются вне зоны разрешения традиционных алгоритмов определения площади ледового покрова [23], то есть в подпиксельной области пассивного микроволнового зондирования. Для решения этой проблемы был разработан специальный алгоритм PSSM (Polynya SSM/I Signature Model (PSSM)) с разрешением порядка 6.25 км для определения динамики площади заприпайных полыней из данных микроволнового зондирования [18]. Лучше картографировать полыни позволяет более высокое пространственное разрешение AMSR-E, но участки открытой воды меньше 6 км шириной все равно оказываются за пределами обзора спутника [24]. Радары синтезированной апертуры (РСА) представляют снимки высокого разрешения (порядка 25 метров) вне зависимости от времени суток и наличия облачного покрова. Для определения динамики полыней и разводий с помощью РСА разработан достаточно надежный алгоритм [25]. Но существенным недостатком является довольно низкое временное разрешение получаемых снимков при значительной временной изменчивости процессов в Арктике.

Спутниковый мониторинг динамики полыней крайне затруднен [5, 16] и по той причине, что при оценке площади полыней не учитываются участки, покрытые молодым льдом [5, 16]. Исключение из площади полыни участков новообразованного тонкого льда приводит к существенной недооценке поступления тепла из океана в атмосферу в течение полярной зимы [26, 27].

Другим источником ошибок при оценке тепло- и влагообмена над полыньями является использование в алгоритмах балк-параметризаций для расчета потоков тепла и влаги [28]. В случае полыней и разводий процессы взаимодействия оказываются сильно зависимы от направления ветра, расстояния от кромки полыни и многих других трудно-параметризуемых факторов [29].

Поэтому для задач интерпретации спутниковых изображений крайне важным является проведение экспериментальных и модельных исследований атмосферных процессов над полыньями и разработка соответствующих параметризаций.

В данной работе с помощью мезомасштабного моделирования исследуется динамика и структура атмосферного пограничного слоя в районе заприпайной полыньи. С целью оценки влияния полыньи на региональный климат модельные эксперименты рассматривают как наличие реальной полыньи, так и ее отсутствие при аналогичной синоптической ситуации.

Методы исследования

В качестве объекта исследований рассматривалась заприпайная полынья моря Лаптевых. В этом районе в весенний период из-за сильных юго-восточных ветров образуются две полыньи: Лена-Анабарская и Западная Новосибирская полынья. Западная Новосибирская полынья может достигать больших размеров – несколько десятков километров в ширину и сотни километров в длину. Для моделирования был выбран период конец апреля – начало мая 2008 года. В это время в районе Западной новосибирской полыньи работала российско-немецкая экспедиция Трансрифт [30], что дало возможность провести валидацию результатов моделирования на реальных метеорологических данных. Получено, что в целом модель хорошо воспроизводит метеорологическую ситуацию в регионе.

Эксперименты проводились с помощью полярной версии мезомасштабной негидростатической модели WRF, содержащей следующий набор методов параметризаций физических процессов на подстилающей поверхности и в атмосфере [31].

1. Для описания планетарного пограничного слоя использован метод параметризации Меллора-Ямады-Янича. Эта метод параметризации турбулентности в пограничном слое и свободной атмосфере представляет собой вариант замыкания турбулентности уровня 2,5 Меллора и Ямады.

2. Для описания тепловых процессов в снежно-ледяном покрове использованы однослойная модель снежного покрова, воспроизводящая снегонакопление, таяние снега и сублимацию водяного пара, и четырехслойная модель морского льда для описания обмена теплом и влагой на границах снег–атмосфера и снег–морской лед.

3. Для описания облачности использовался метод параметризация микрофизических процессов Моррисона, описывающий 6 типов гидрометеоров: водяной пар, водяные капли в облаках, ледяные кристаллы в облаках, дождь, снег, град.

4. Для параметризации процессов переноса длинноволновой радиации использована модель, разработанная в Лаборатории геофизической гидродинамики (GFDL), базирующаяся на работах Фелса и Шварцкопфа. Расчет производился в четырнадцати спектральных полосах поглощения двуокиси углерода, водяного пара и озона с учетом облачности. В модели используются коэффициенты пропускания Шварцкопфа и Фелса для двуокиси углерода и коэффициенты пропускания Робертса и др. для континуума водяного пара. Для учета поглощения длинноволнового поглощения озоном использован метод Роджерса.

Полярная версия модели WRF отличается от стандартной описанием процессов на подстилающей поверхности. Если поверхность в значительной степени заснежена (более 97 %), используется значение температуропроводности для снега, а не для почвы. Для заснеженных регионов используется теплота сублимации, для бесснежных – теплота парообразования. Кроме того, изменен ряд теплофизических характеристик подстилающей поверхности – альbedo, излучательная способность, теплопроводность.

Было выполнено шесть экспериментов: в трех использовались карты сплоченности льда, восстановленные из спутниковых данных AMSR-E, в трех других концентрация льда приравнивалась 100 %, что позволило оценить вклад полярной пустыни в региональные атмосферные процессы: развитие приземного слоя, облакообразование, изменение силы и направления приземного ветра. Также были выполнены тестовые эксперименты при общей сплоченности льда 80 % и покрытием полярной пустыни льдом сплоченностью 85 %. Использовались расчетные области с разрешением 10 км (WRF-10), 5 км (WRF-5) и 3 км (WRF-3). Домен WRF-10 охватывает район 740x610 км, в него попадает Лена-Анабарская П2 и Новосибирская полярной пустыни П1, дельта реки Лена и часть Новосибирских островов. Домен WRF-3 охватывает только Новосибирскую полярную пустыню, WRF-5 - обе полярные пустыни. Расчет проводился для временного интервала с 27 апреля по 3 мая 2008 года.

В качестве граничных и начальных данных использовались данные реанализа NCEP/FNL с пространственным разрешением 1 градус и временным разрешением 6 часов, а также данные по поверхностной температуре моря (RTG_SST) с разрешением 1/12 градуса через каждые 24 часа. Для определения сплоченности льда использовались данные пассивного микроволнового зондирования AMSR-E с разрешением 6.25 километра (алгоритм ARTIST).

Результаты

В экспериментах с разрешением 10 километров количество точек по ширине полярной пустыни П1 составляет около 5, но и в этом случае изменение температуры, влажности и полей ветра значительно. При сравнении с экспериментом без полярной пустыни, когда концентрация льда в акватории моря Лаптевых приравнивалась 100 %, температура на уровне двух метров повышалась на несколько градусов в зависимости от погодных условий. Для сравнения во всех экспериментах с различным разрешением было выбрано несколько временных интервалов: в одних разница температур вода-воздух составляла $-6-7^{\circ}\text{C}$, эти моменты времени были названы как теплые (W), в других – разница температур составляла $-12-14^{\circ}\text{C}$, они были названы холодными (C). На рисунке 1 представлена разница температур на высоте 2.5 метра в модельных экспериментах с полярной пустыней и без полярной пустыни при разрешении в 10, 5 и 3 км. при холодном случае.

а)

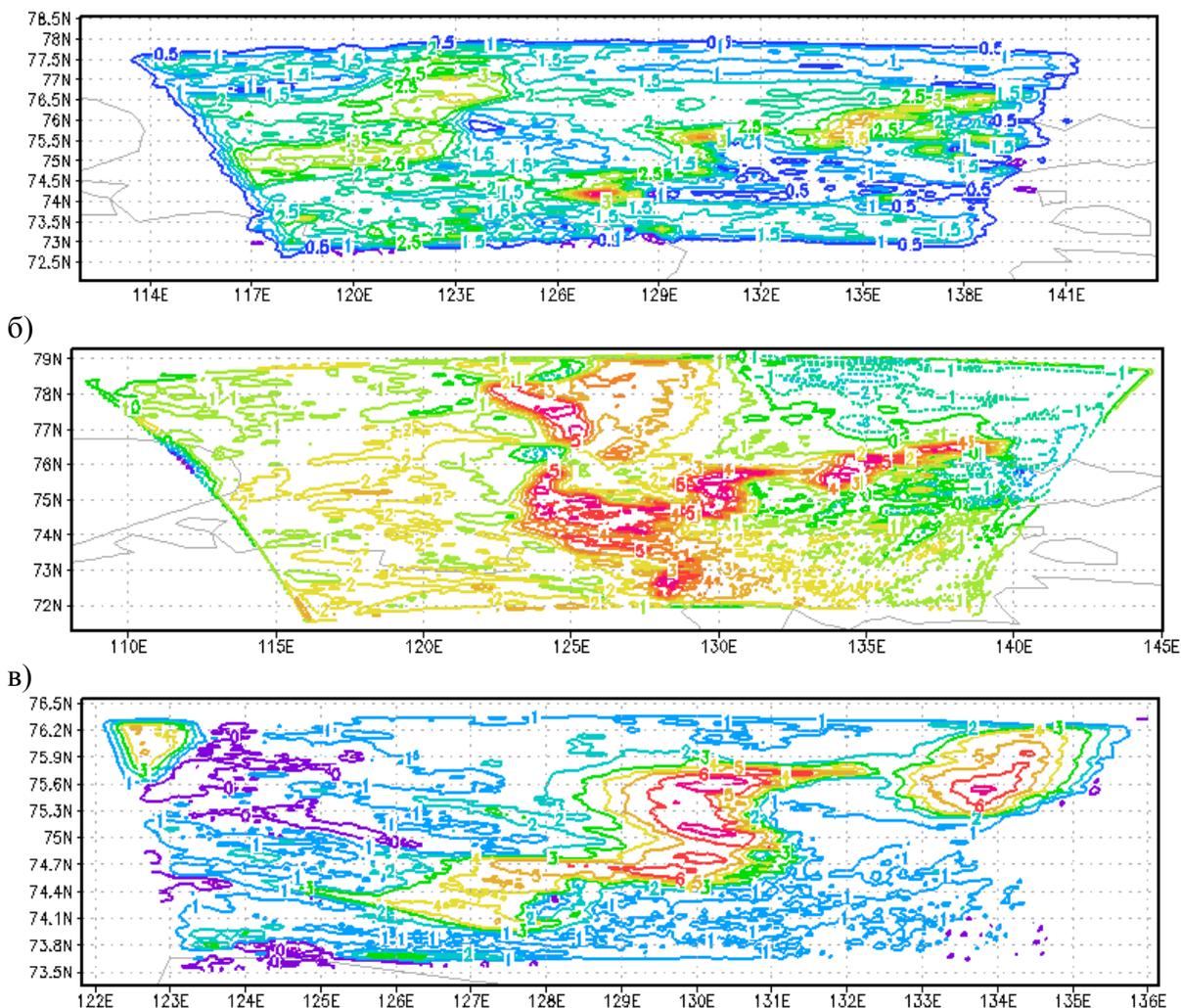


Рис. 1. Разница температур в экспериментах с польней и без польни на уровне 2.5 метра. (а) WRF-10, (б) WRF-5, (в) WRF-3.

Видно, что польня вносит существенные изменения в поле температуры, а разность между экспериментами с польней и без польни достигает 3.5°C над П1 в WRF-10. При разрешении 5 км разность температур польня - нет польни составляет около 5 градусов и возрастает неоднородность поля температуры: лучше разрешаются мелкие структуры. Над П2 разность температуры увеличивается до 2°C . При разрешении 3 км явно виден контур поля температуры над П1 (П2 в этом эксперименте не захватывалась), разность температуры составила около 6°C . В теплых случаях, когда разность температур вода-воздух составляет около $-6-7^{\circ}\text{C}$ градусов, эксперименты с разрешением 10 километров плохо улавливают вклад польни в поле температуры.

Поток тепла с поверхности, покрытой льдом, и польни для разных временных интервалов также различен. Для теплых погодных условий, когда температура натекающего на польню потока воздуха составляет около $-6-7^{\circ}\text{C}$, поток тепла с заснеженной поверхности льда несколько выше, а с поверхности польни ниже, чем при температуре $-12-14^{\circ}\text{C}$. На рисунке 2 показан поток тепла для случаев W и C. Оценка величины потока явного тепла с использованием балк-формулы дает значение около 180 Вт/м^2 . Это

близко к значению, получаемому в модельных экспериментах – 160-170Вт/м².

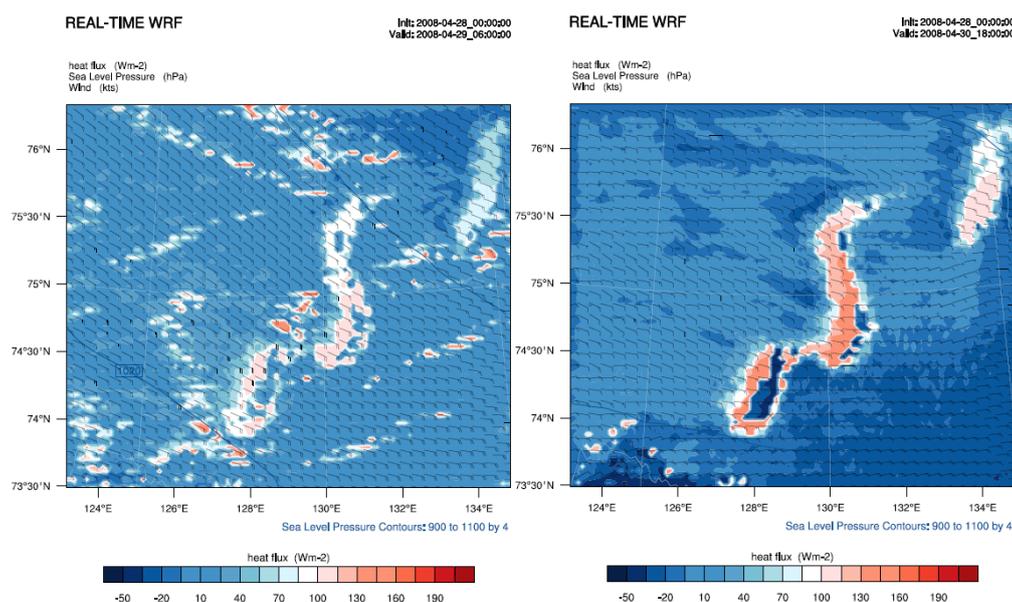


Рис. 2. Поток тепла для случаев W и C (справа). Разрешение 3 км.

Высота перемешанного слоя зависит от свойств натекающего на полынью потока воздуха. Полынья нагревает контактирующий с ней воздух, а гравитационные силы заставляют этот воздух перемешиваться с вышележащими слоями, развивая конвективные потоки тепла и влаги с поверхности. Турбулентные вихри, принесенные ветром, набирают силу над полыньей и захватывают в свой поток верхние слои воздуха.

При большей разнице температуры вода-воздух слой перемешанной атмосферы выше и ее температура изменяется сильнее. Используя простую формулу можно оценить высоту перемешанного слоя:

$$h = \frac{u_*}{u_m} \left[\frac{2(\theta_1 - \theta_w)x}{\gamma(1-2F)} \right]^{\frac{1}{2}} \sim 400 \text{ метров.}$$

Примерно такие же значения получаются в модели из сравнения экспериментов с полыньей и без полыньи. На рисунке 3 представлена рассчитанная разница температур в атмосферном пограничном слое в случаях с полыньей и без вдоль разреза 74.7° с.ш.

Результаты расчетов также показывают влияние полыньи на скорость и направление ветра. Это хорошо видно из разности экспериментов с полыньей и без полыньи (рис. 4). В верхней части области расчета, около Таймырского полуострова, разность скоростей ветра с полыньей и без полыньи отличается на 6 м/с. Проведя расчет, когда полынья покрывается льдом, а во всей остальной области данные льда приравнивались спутниковым значениям, удалось получить другую картину. Это означает, что модель чувствительна к концентрации льда и изменение на 20-30% влияет на поле скорости ветра и его направление. Этот результат подтверждает ранее проведенные расчеты с использованием негидростатической модели, показавшие возникновение

явления бриза (усиления ветра) при холодных вторжениях над открытой морской поверхностью.

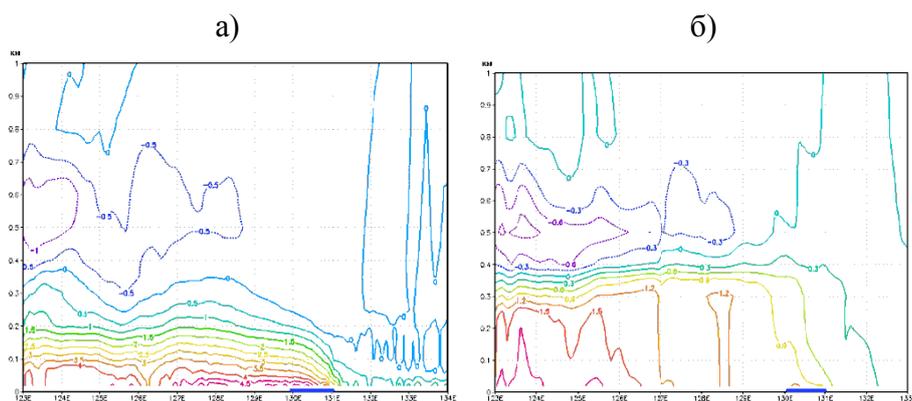


Рис. 3. Разница температур атмосферного пограничного слоя в случае с полыньей и без полыньи. (а) Теплый случай, (б) холодный.

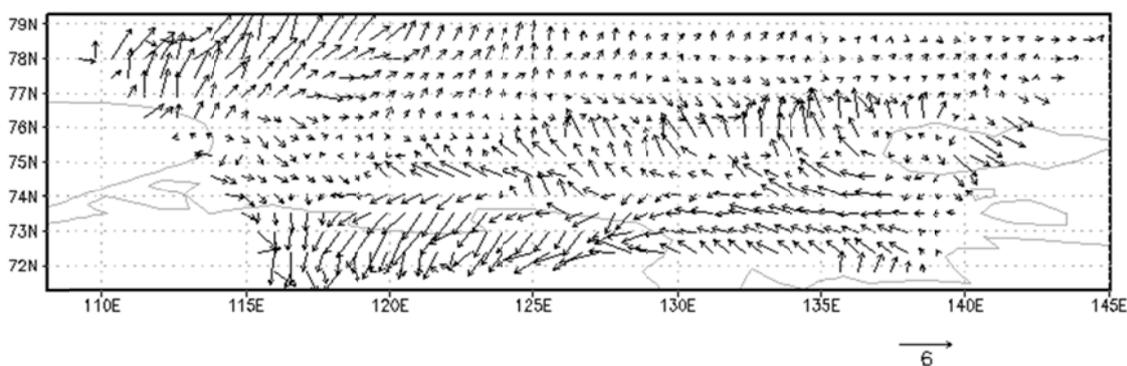


Рис. 4. Векторная разность полей ветра между экспериментами с полыньей и без полыньи. Случай C WRF-5.

Выводы

Исследование структуры АПС над полыньями дает ценную информацию как для математического моделирования, так и для разработки алгоритмов интерпретации спутниковых данных. Над участками открытой воды и тонкого молодого льда вклад турбулентного обмена в тепловой баланс превосходит радиационный. Усиление турбулентного энергообмена наблюдается в прикромочной зоне, что приводит к интенсификации атмосферных процессов в прикромочной зоне в осенний период. При отрицательных температурах воздуха поток тепла над полыньями и разводьями положителен и может достигать нескольких сот Вт/м². Для описания динамики пограничного слоя атмосферы была использована полярная версия мезомасштабной модели WRF. Для верификации модели были использованы данные российско-немецкого эксперимента Transdrift (апрель-май 2008) в районе полыньи моря Лаптевых и спутниковые данные. Было выполнено сравнение разных экспериментов с разными данными концентрации льда: для одного итого же времени было выполнено моделирование атмосферы при концентрации льда равной 100 % и концентрации льда, взятой из спутниковых данных. Также была посчитана разность для полей температуры, влажности и ветра над полыньей при

различных погодных условиях. Все это было выполнено при разном горизонтальном разрешении: 10, 5 и 3.3 километра, что позволило рассмотреть влияние горизонтального разрешения на точность эксперимента. Установлено влияние полыньи на поля температуры, скорости ветра и на процессы образования облачности над полыньей. Степень влияния зависит от синоптической ситуации в районе и уменьшается с усилением циклонической активности.

Список литературы

1. Hibler W.D., Bryan K. A diagnostic ice-ocean model // *J. of Physical Oceanogr.* 1987. V. 17. No. 7. P. 987–1015.
2. Morales Maqueda, M. A., A. J. Willmott, and N. R. T. Biggs (2004), Polynya dynamics: A review of observations and modeling, *Rev. Geophys.*, 42, RG1004, doi:10.1029/2002RG000116.
3. Tamura, T., and K. I. Ohshima (2011), Mapping of sea ice production in the Arctic coastal polynyas, *J. Geophys. Res.*, 116, C07030, doi:10.1029/2010JC006586.
4. Piase C.H. The size of wind-driven polynyas // *J. Geophys. Res.* 1987. V. 92. P. 7049-7059.
5. Winsor P., Björk G. Polynya activity in the Arctic Ocean from 1958 to 1997 // *J. Geophys. Res.* 2000. V. 105. No. CA. P. 8789-8803.
6. Schneider W., Budeus G. On the generation of the Northeast water polynya // *J. Geophys. Res.* 1995. V. 100. P. 4269-4286.
7. Ivanov V.V., Golovin P.N. Observations and modelling of dense water cascading from the Laptev Sea shelf // *J. Geophys. Res.* 2007. Vol. 112. C09003. P. 1 -15. doi:10.1029/2006JC003882.
8. Aagaard K, Coachman L.K., Carmack E. On the halocline of Arctic Ocean. // *Deep-Sea Research.* 1981. V. 28A. No 6. P.529-545.
9. Martin S., Cavalieri D.J. Contribution of the Siberian Shelf Polynyas to the Arctic Ocean Intermediate and Deep Water // *J. Geophys. Res.* 1989. V. 94. No. C9. P. 12725-12738.
- Dare R.A., Atkinson B.W. Atmospheric Response To Spatial Variations In Concentration And Size Of Polynyas In The Southern Ocean Sea-Ice Zone // *Boundary-Layer Meteorology.* 2000. V. 94. No. 1. P. 65-88. doi:10.1029/2005JC003268.
10. Dethleff D., Loewe P., Kleine E. The Laptev Sea flaw lead — detailed investigation on ice formation and export during 1991/1992 winter season // *Cold regions science and technology.* 1998. V. 27. P. 225-243.
11. Дмитренко И.А., Кириллов С.А., Грибанов В.А., Кассенс Х. Оценка ледопродуктивности стационарных полыней на шельфе морей Карского и Лаптевых на основе многолетних гидрологических наблюдений // *Метеорология и Гидрология.* 2001. № 12. С. 38-49.
12. Карелин И.Д. Исследования стационарных полыней по данным наблюдений со спутников // *Тр. АН ИИ.* 1981. Т. 388. С. 104-109.
13. Fiedler E.K., Lachlan-Cope T.A., Renfrew I.A., King J.C. Convective heat transfer over thin ice covered coastal polynyas // *J. Geophys. Res.* 2010. V. 115. No. C10. P. C10051.
14. Goosse H., Fichefet T. Open-ocean convection and polynya formation in a large-scale ice-ocean model // *Tellus.* 2001. V. 53A. C. 94–111.
15. Danielson, S., K. Aagaard, T. Weingartner, S. Martin, P. Winsor, G. Gawarkiewicz, and D. Quadfasel (2006), The St. Lawrence polynya and the Bering shelf circulation: New observations and a model comparison, *J. Geophys. Res.*, 111, C09023,
16. Cavalieri D.J., Martin S. The contribution of Alaskan, Siberian, and Canadian coastal polynyas to the cold halocline layer of the Arctic Ocean // *J. Geophys. Res.* 1994. V. 99. No. C9. P. 18343–18362.

17. Hebbinghaus H., Schlunzen H., Dierr S. Sensitivity studies on vortex development over a polynya // *Theoretical and Applied Climatology*. 2007. V. 88. No. 1. P. 1-16.
18. Markus, T., and B. A. Burns (1995), A method to estimate subpixel-scale coastal polynyas with satellite passive microwave data, *J. Geophys. Res.*, 100(C3), 4473–4487, doi:10.1029/94JC02278.
19. Cavalieri D.J., Martin S. A passive–microwave study of polynyas along the Antarctic Wilkes Land coast // *Oceanology of the Antarctic Continental Shelf*, Antarctic Research Series, S.S. Jacobs (Ed.), AGU. 1985. V. 43. P. 227–252.
20. Zwally H.J., Comiso J.C., Gordon A.L. Antarctic offshore leads and polynyas and oceanographic effects *Oceanology of the Antarctic Continental Shelf*, Antarctic Research Series, S.S. Jacobs (Ed.), AGU. 1985. V. 43. P. 203-226.
21. Markus T, Kottmeier C., Fahrbach E. Ice formation in coastal polynyas in the Weddell Sea and their impact on oceanic salinity // *Antarctic Sea Ice Physical Processes, Interactions and Variability*, Antarctic Research Series, M.O. Jeffries (Ed.), AGU. 1998. V. 74. P. 273–292.
22. Nihashi, S., K. I. Ohshima, T. Tamura, Y. Fukamachi, and S. Saitoh (2009), Thickness and production of sea ice in the Okhotsk Sea coastal polynyas from AMSR-E, *J. Geophys. Res.*, 114, C10025, doi:10.1029/2008JC005222.
23. Тихонов В.В., Репина И.А., Раев М.Д., Шарков Е.А., Боярский Д.А., Комарова Н.Ю. Комплексный алгоритм определения ледовых условий в полярных регионах по данным спутниковой микроволновой радиометрии (VASIA2). *Исследование Земли из космоса*. 2015. № 2. С. 78.
24. Martin S., Drucker R., Kwok R., Holt B. Improvements in the estimates of ice thickness and production in the Chukchi Sea polynyas derived from AMSR-E // *Geophysical Research Letters*. 2005. V. 32. L05505. doi:10.1029/2004GL022013.
25. Dokken S.T., Winsor P., Markus T., Askne J., Björk G. ERS SAR characterisation of coastal polynyas in the Arctic and comparison with SSM/I and numerical model investigations // *Remote Sensing of Environment*. 2002. V. 80. P. 321– 335.
26. Репина И.А., Смирнов А.С. Обмен теплом и импульсом между атмосферой и льдом по данным наблюдений в районе Земли Франца-Иосифа // *Изв. РАН, Физика атмосферы и океана*. 2000. Т.36. №5. С. 672-680.
27. Репина И.А., Чечин Д.Г. Влияние полыней и разводий в Арктике на структуру атмосферного пограничного слоя и региональный климат // *Современные проблемы исследования Земли из космоса*, 2012, №4, стр. 162-172.
28. Репина И.А., Артамонов А.Ю., Смирнов А.С., Чечин Д.Г. Исследование взаимодействия океана и атмосферы в полярных районах в рамках международного полярного года // *Метеорологические и геофизические исследования*. Под ред. Г.В. Алексева, М.-СПб., 2011. С. 236-250.
29. Gawarkiewicz G., Chapman D.C. A numerical study of dense water formation and transport on a shallow, sloping continental shelf // *J. Geophys. Res.* 1995. V. 100. P. 4489-4507.
31. Bromwich D.H., Hines K.M. Polar Optimized WRF for Arctic System Reanalysis of Arctic Meteorology over Recent Decades, 2009.

ЭЛЕМЕНТЫ МОНИТОРИНГА АЗОВСКОГО МОРЯ ПО СОВРЕМЕННЫМ СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

^{1,2} Е.И. Свергун

svergun@ocean.rshu.ru

¹ *Российский государственный гидрометеорологический университет,*

² *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН*

(Санкт-Петербургский филиал, СПбФ ИО РАН)

Россия, г. Санкт-Петербург

Азовское море уникально своими морфометрическими характеристиками. Являясь самым мелководным и самым малым по площади зеркала, Азовское море, тем не менее, является климатообразующим для Ростовской области, Краснодарского края, Республики Крым. Однако, глобальное изменение климата, наряду с особенностями геоморфологии берегов моря, в настоящее время создают угрозу обмеления водоёма. Таким образом, очевидна необходимость мониторинга состояния Азовского моря. Однако, традиционные экспедиционные наблюдения, по объективным причинам, не могут дать необходимой для мониторинга дискретности, а прибрежные наблюдения не всегда обладают достаточной информативностью для понимания процессов в открытом море. С другой стороны, Азовское море является важной транспортной магистралью. Поэтому, мониторинг ледовой обстановки на акватории моря, несомненно, также важен. Однако, в настоящее время визуальные наблюдения и аэрофотосъемка все реже применяются для мониторинга ледовой обстановки. Тем не менее, запуск на орбиту современных спутниковых систем, таких как Modis Aqua/Terra, Landsat 8 OLI и Sentinel-1,2 могут помочь в пополнении знаний о процессах, протекающих в Азовском море.

В статье изучаются возможности применения современных спутниковых данных для задач мониторинга гидрологических процессов в Азовском море на основе следующих материалов:

1. Композитные изображения со спутника Terra MODIS, с пространственным разрешением 60м полученные при помощи сервиса WorldView [1], 19, 22 и 26 октября 2016 г.

2. Изображения в каналах ближнего инфракрасного излучения, красного, синего и зеленого цветов со спутника Sentinel-2A, с пространственным разрешением 10 м, за 19 октября 2016 г. [2].

3. Радиолокационные изображения (РЛИ) в режиме съемки IW с VV-поляризацией, с пространственным разрешением 5 м, со спутника Sentinel-1A, за 7, 19, 31 января 2016 г. [2].

Все материалы выбраны с помощью глобальных сервисов свободного или условно свободного доступа и обработаны в ПО Snap Desktop. Процессы предварительной обработки включают в себя ручное контрастирование изображений, соединение снимков в разных диапазонах спектра для создания цветных композитов и удаление спекл-шума на радиолокационных изображениях.

Далее, для анализа вихревых структур на цветных композитах производится визуальный поиск поверхностных проявлений структур по трассерам, оценка размеров данных структур и их пространственного положения. Для определения принадлежности вихрей к конкретной части спектра энергии в Мировом океане совместно рассматриваются последовательные спутниковые снимки, для выявления времени жизни вихревого образования, и данные о его размерах. Для анализа ледовой обстановки на радиолокационных изображениях производится визуальный поиск ледовых образований и классификация их по Атласу ледовых образований [3].

Для изучения особенностей вихревых структур на акватории Азовского моря использованы данные спутников Terra MODIS и Sentinel-2A. На предварительном этапе работы, для выявления малооблачных сцен, местоположения районов присутствия вихревых структур в поле хлорофилла и минерального взвешенного вещества, использованы сцены со спутника Terra MODIS. Продукты данного спутника выбраны ввиду простоты доступа к данным, а также ввиду малой временной дискретности.

В ходе предварительного этапа выявлено, что по данным MODIS, в центральной части Азовского моря, а также близ Таганрога, с 19 по 26 октября 2016 г. наблюдается интенсивная вихревая динамика. На цветосинтезированном изображении Азовского моря за 19 октября 2016 г. (рис.1.) видно, что в центральной части моря присутствует крупная дипольная вихревая структура. В центральной части Таганрогского залива присутствуют вихревые структуры меньшего размера и можно заметить, что они проявляются как в поле хлорофилла, так и в поле взвешенного вещества.

Из полученной сцены видно, что в прибрежной зоне, в районах отмелей и песчаных кос малые вихревые структуры отличаются тем, что, преимущественно, проявляются в поле взвешенного минерального вещества.

Для определения размеров вихревых структур на акватории Азовского моря использованы изображения в канале зеленого цвета по данным спутников MODIS и Sentinel-2A. Размер вихревых структур определяется в ПО SNAP Desktop. Причем по данным Terra MODIS определяется размер крупного вихревого образования в центральной части моря, а по данным Sentinel-2A - в районе песчаных кос близ г. Бердянска. Фрагмент снимка, с наблюдаемым на нем малым вихревым образованием близ Очаковской косы показан на рис.2.

Следует отметить, что ввиду особенностей программного обеспечения, размер вихревого образования определяется как длина большой оси эллипса, вписанного в вихревое образование (традиционно же, размер вихревых структур определяется как среднее длин большой и малой оси эллипса [4]).

По результатам определения размеров вихревых структур выявлено, что вихревая структура в открытом море имеет размер 9,4 км, а малая вихревая структура близ Очаковской косы - 880 м. Совместное рассмотрение последовательных снимков по данным Terra Modis определить

принадлежность вихревых образований к области спектра энергии в океане. Так, вихревая структура в открытом море имеет размер и время жизни (порядка недели), свойственные синоптическим структурам. Малое вихревое образование может быть отнесено к субмезомасштабной области спектра, так как имеет малые размеры и более одного дня не проявляется.



Рис.1 – Цветосинтезированное изображение Азовского моря по данным Terra MODIS за 19 октября 2016 г.



Рис.2 - Цветосинтезированное изображение в естественных цветах участка побережья Азовского моря по данным спутника Sentinel-2A от 19 октября 2016 г.

Наибольший интерес представляют малые структуры, генерируемые вблизи таких препятствий как косы и отмели, так как вследствие обтекания препятствий и неоднородностей донной топографии данные структуры могут обрушаться, что может приводить к интенсивному осаждению в зоне обрушения взвешенного минерального вещества. Поэтому необходимо более детальное рассмотрение явления малых вихревых структур, сравнение их положения с батиметрией. На рис.3 показана батиметрическая карта Азовского моря.

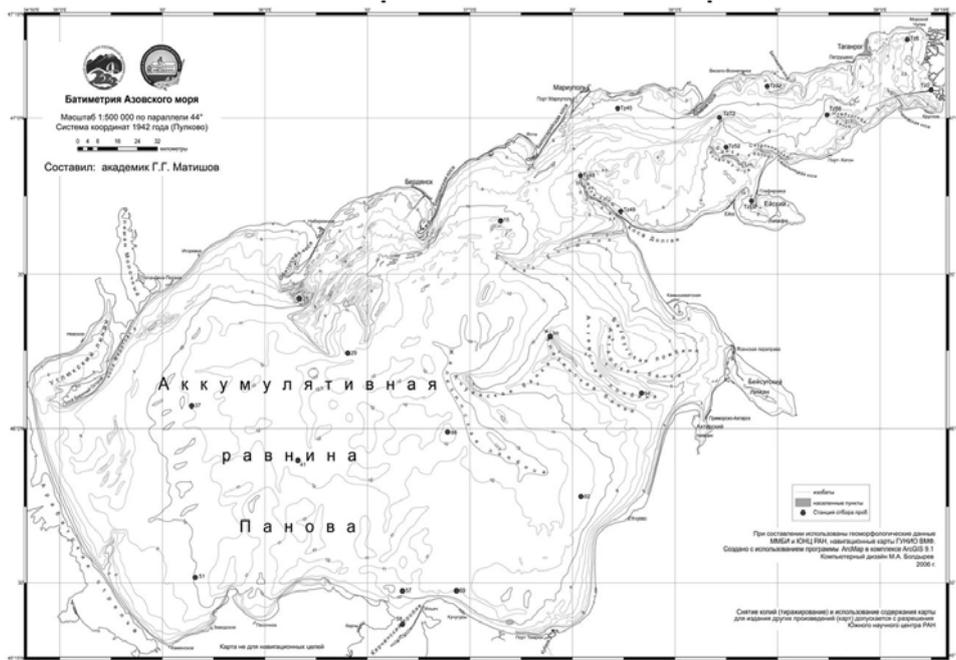


Рис.3 – Батиметрическая карта Азовского моря (источник указан на изображении)

Совместное рассмотрение цветосинтезированного изображения и батиметрии указывает на вероятность обрушения малых вихревых структур вследствие неоднородности донной топографии. Обрушение таких структур также может приводить к осаждению взвесей. На рис. 2 отчетливо заметны особенности циркуляции вод вблизи Бердянской и Обиточной кос, проявляющиеся по трассерам, которыми являются неоднородности поля взвешенного вещества. При обтекании препятствия, скорость потока жидкости вблизи него падает, что может способствовать осаждению взвешенного минерального вещества.

В итоге можно заметить, что значимыми механизмами осадконакопления в прибрежной части Азовского моря служат обрушающиеся на неоднородностях донной топографии малые вихри и снижение скорости потока при обтекании кос.

Для изучения характеристик ледового покрова Азовского моря использованы данные радара с синтезированной апертурой на спутнике Sentinel-1A от 19 января 2016 г. и предпринята попытка оценить формы ледяного покрова, и сплоченность льда (рис.4).

Результаты измерений указывают на то, что близ Таганрога льдины преимущественно имеют размеры около 500 – 1000 м, а значит здесь преобладают большие ледяные поля. Визуальные оценки указывают на то, что сплоченность льда близ Таганрога высокая, приблизительно 9 баллов. В вершине же Таганрогского залива преобладает припай с широкими трещинами, а близ Миусского лимана – обширные ледяные поля и обломки ледяных полей сплоченностью около 6 баллов (поперечные размеры льдин от 2 до 4 км). Также видно, что Миусский лиман полностью покрыт льдом.



Рис.4 – РЛИ Таганрогского залива с VV-поляризацией по данным Sentinel-1A от 19 января 2016 г. с исходной интенсивностью УЭПР.

Формы трещин во льду и отдельных льдин позволяют визуально определить возрастной состав льда. Так, ледовый покров представлен преимущественно темным ниласом. [3] Однако, данные оценки могут быть неточны ввиду особенностей регистрации радиолокационного излучения.

Следует отметить, что в настоящее время, данные спутника Sentinel-1A имеют большую дискретность. Так, для января 2016 г. доступно лишь 3 снимка, не требующих дополнительной обработки или коррекции. Остается надеяться на уменьшение дискретности регистрации характеристик земной поверхности в данном районе. Однако, радары с синтезированной апертурой космического базирования, такие как Sentinel-1A, имеют одно весомое достоинство: качество регистрации наземных характеристик не зависит от облачности и времени суток. Так, представленный на рис.4 снимок выполнен, когда над Азовском морем наблюдалась слоистая облачность в 9 баллов (рис.5). Стоит также отметить, что использование снимков в видимом диапазоне, или сочетания различных каналов также не позволяет получать характеристики ледового покрова даже при уменьшении балла облачности (рис.6). Поэтому, радиолокационные изображения могут служить дополнением и заменой данных видимого диапазона для задач ледовой разведки.

В статье выполнен краткий обзор возможностей использования данных новых спутниковых систем дистанционного зондирования Земли для мониторинга состояния морской среды Азовского моря.

Показано, что современные спутниковые данные позволяют оценивать характеристики вихревых структур, динамику потоков, характеристики ледовой обстановки на акватории Азовского моря. Выявлено, что на акватории Азовского моря наблюдаются как вихревые образования синоптического масштаба, так и субмезомасштабные. В работе также указывается на вероятность осаждения взвешенных минеральных веществ посредством обрушения малых вихревых структур.

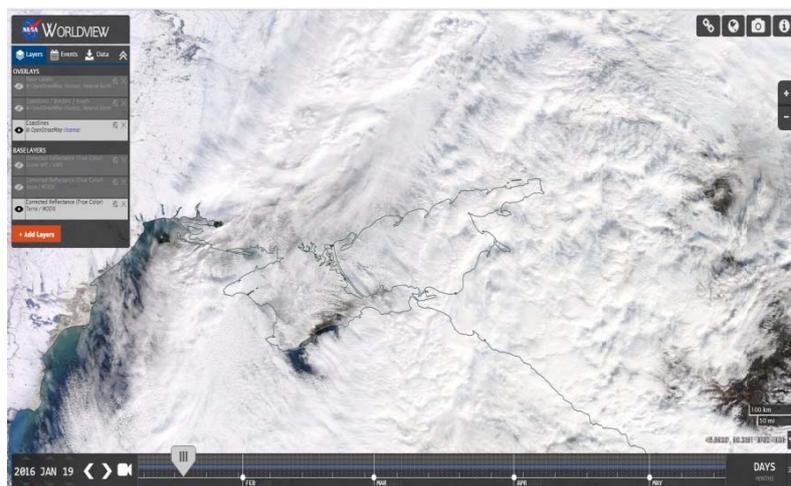


Рис.5 – Изображение акватории Азовского моря по данным Terra Modis за 19 января 2016 г.

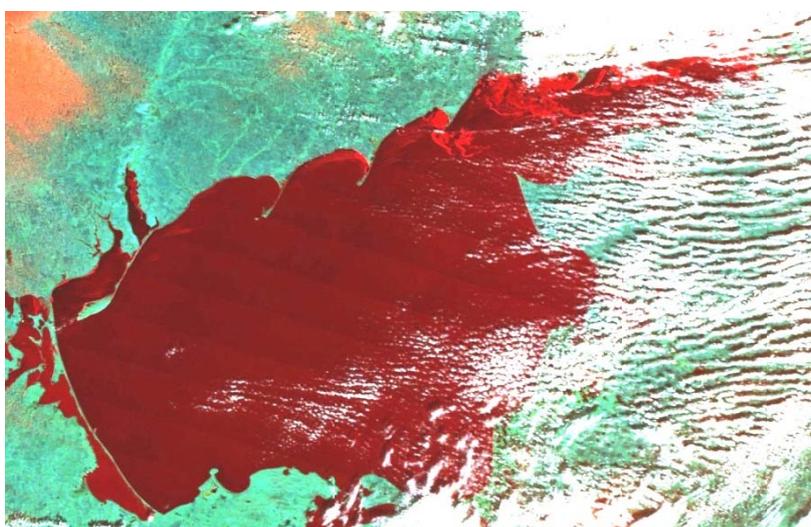


Рис.6 – Изображение акватории Азовского моря по данным Terra Modis от 20 января 2016 г.

Показано, что в условиях сплошной облачности радары с синтезированной апертурой позволяют достаточно достоверно оценивать форму и возрастные характеристики ледяного покрова.

Автор благодарен профессору, к. ф.-м.н, Сычёву Виталию за оказанную поддержку и напутствия при выполнении данной работы.

Список литературы

1. Сервис WorldView – электронные данные. Режим доступа: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/> - свободный. Дата обращения 18 декабря 2016 г.
2. Sentinel scientific data hub – электронные данные. Режим доступа: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/> - свободный. Дата обращения 18 декабря 2016 г.
3. Зимин А.В., Атаджанова О.А., Романенков Д.А., Артамонова А.В., Березина А.В., Коник А.А., Сантьева Е.К., Сафонова К.А., Свергун Е.И., Козлов И.Е. Статистический анализ субмезомасштабных вихрей Карского моря по радиолокационным изображениям // Сборник тезисов докладов Тринадцатой всероссийской открытой ежегодной конференции: «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» Москва, ИКИ РАН, 16 - 20 ноября 2015 г. – эл. опт. диск (CD-ROM);
4. Бушуев А.В. Атлас ледовых образований // 1974, Л, Гидрометеиздат.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ БАЗЫ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ И МОДЕЛЕЙ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ АКТИВНЫХ И ПАССИВНЫХ ОКРАИН ЕВРАЗИИ

Н.А. Сергеева, Л.П. Забаринская, М.В. Нисилевич

n.sergeyeva@mail.ru

Геофизический центр РАН, Россия, г. Москва

Проведено изучение активных и пассивных окраин Евразии – морей переходной зоны от Евразии к Тихому океану и морей шельфовой зоны Северного Ледовитого океана. Построены модели глубинного строения литосферы этих регионов. Созданы информационные базы, включающие наборы геолого-геофизических данных, построенные модели глубинного строения земной коры и верхней мантии, подробные описания данных и моделей, библиографию. К базам обеспечен свободный доступ в сети Internet.

Для решения теоретических проблем геодинамики, выявления связи глубинных процессов с поверхностными геологическими явлениями, прогнозирования скрытых на глубине полезных ископаемых, предсказания стихийных бедствий, а также для изучения проблем, связанных с сохранением окружающей среды крайне важно исследовать глубинное строение Земли и организовать сбор и сохранение всей полученной геолого-геофизической информации.

Построение геодинамических моделей глубинного строения регионов на основе комплексной интерпретации геолого-геофизических данных является одним из направлений исследований в этой области.

В период с 1998 по 2015 гг. в Геофизическом центре РАН выполнялись работы по изучению глубинного строения активных и пассивных континентальных окраин Евразии в рамках международных проектов «Глобальные трансекты», «Геотраверс» и международной программы исследования континентальных окраин «InterMARGINS» (The International Margins Program) [1, 2]. Эти работы неоднократно поддерживались Российским фондом фундаментальных исследований.

Один из регионов исследования охватывает активную континентальную окраину переходной зоны от Евразийского континента к Тихому океану, включающую восточные окраины Азии, Охотское, Японское, Филиппинское и Южно-Китайское окраинные моря, Японо-Сахалинскую, Курильскую, Марианскую, Рюкю, Филиппинскую и Индонезийскую островные дуги (рис. 1). Активные континентальные окраины расположены в зоне взаимодействующих крупных Евразийской и Тихоокеанской литосферных плит и нескольких более мелких, что является причиной тектонической активности в этом регионе, проявляющейся на границах плит – субдукционных либо трансформных.

В зонах субдукции происходит поглощение океанической коры и формирование континентальной коры. При этом в различных районах

непрерывно происходят землетрясения и вулканические извержения, иногда сопровождающиеся цунами. В окраинных морях образуются осадочные бассейны, обусловленные сносом материала с континента и островных дуг и накоплением остатков органического вещества.

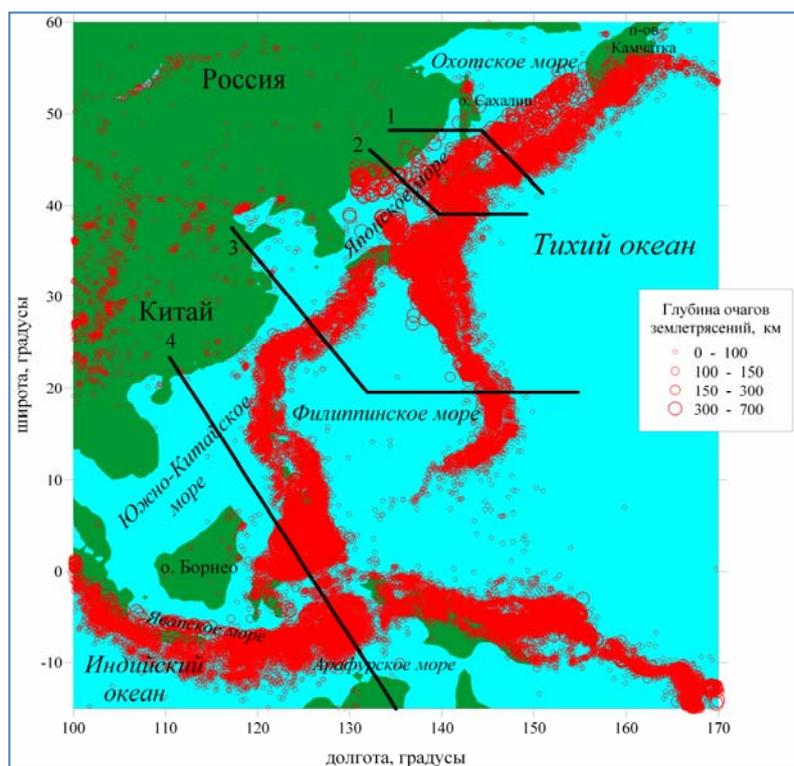


Рис. 1. Регион исследования – переходная зона от Евразийского континента к Тихому океану с профилями геолого-геофизических разрезов. 1 – геотраверс через регион Охотского моря; 2 – геотраверс через регион Японского моря; 3 – геотраверс через регион Филиппинского моря и Северо-Китайской равнины; 4 – геотраверс через регион Южно-Китайского моря. Красные кружки – эпицентры землетрясений за период 1973-2016 гг. с $M \geq 3.5$.

Другим регионом исследования явились пассивные континентальные окраины Евразии: Карское и Баренцево моря, расположенные на шельфе Северного Ледовитого океана (рис. 2). Главными особенностями пассивных окраин надо считать их внутриплитное положение и низкую сейсмическую и вулканическую активность с отсутствием глубинных сейсмофокальных зон.

Строение осадочного чехла и верхов консолидированной коры в Баренцево-Карском регионе изучено относительно более полно, чем строение глубинных частей коры, включая характер сочленения крупных осадочных бассейнов с окружающими структурами. Также остается дискуссионным вопрос о механизме возникновения глубоких осадочных бассейнов.

В районах пассивных окраин тектоническая активность минимальна, а процессы выветривания и эрозии обуславливают понижение и сглаживание земной поверхности и накопление осадков. Шельфы Северного Ледовитого океана содержат огромные запасы нефти и природного газа, большая часть которых еще не разведана.

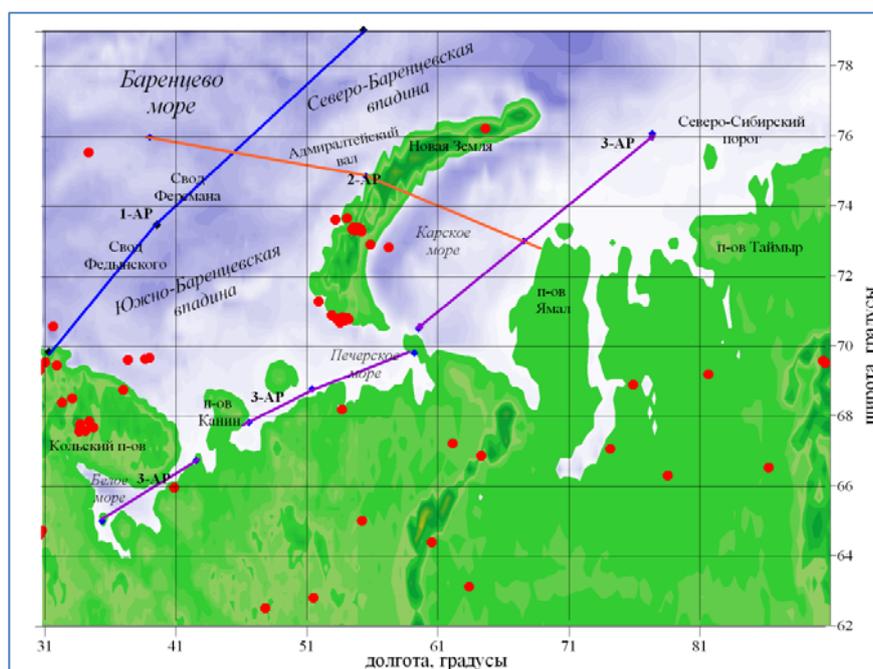


Рис. 2. Баренцево-Карский регион, расположенный на шельфе Северного Ледовитого океана. 3-АР разрез через Южно-Карскую впадину в Карском море; 1-АР разрез под Свальбардской плитой и Северо-Баренцевской впадиной в Баренцевом море. Красные кружки – эпицентры землетрясений за период 1973-2016 гг. с $M \geq 3.5$.

Для создания моделей использовались различные геологические и геофизические данные, полученные при проведении исследований и измерений в ходе выполнения международного проекта «Геотраверс», данные из фондов Мировых центров данных и собранные из многочисленных публикаций.

Часть собранных данных, представленных на бумажном носителе, была преобразована в электронный вид – цифровую (машиночитаемую) форму, например, результаты глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) в Тихом океане, геохимические данные, геологические и геофизические (batimетрические, магнитные, гравиметрические) карты. Были отработаны методики оцифровки данных на бумажных носителях и графических изображений с использованием современных программ оцифровки для работы в среде Windows.

Были созданы специальные программы для проверки, коррекции и форматирования данных. Анализ данных и разработка моделей глубинного строения литосферы осуществлялись с применением компьютерных программ, позволяющих производить выбор данных по заданным условиям, строить карты и схемы пространственного распределения данных, глубинные распределения по разрезам вдоль профилей, трехмерные изображения.

В результате комплексного анализа, обобщения и интерпретации накопленных данных создавались модели глубинного строения вдоль отдельных траверсов в Охотском, Японском, Филиппинском и Южно_Китайском морях Тихого океана и вдоль разрезов в Карском и Баренцевом морях Северного Ледовитого океана: под Южно-Карской

впадиной в Карском море и под Свальбардской плитой и Северо-Баренцевской впадиной в Баренцевом море [3, 4].

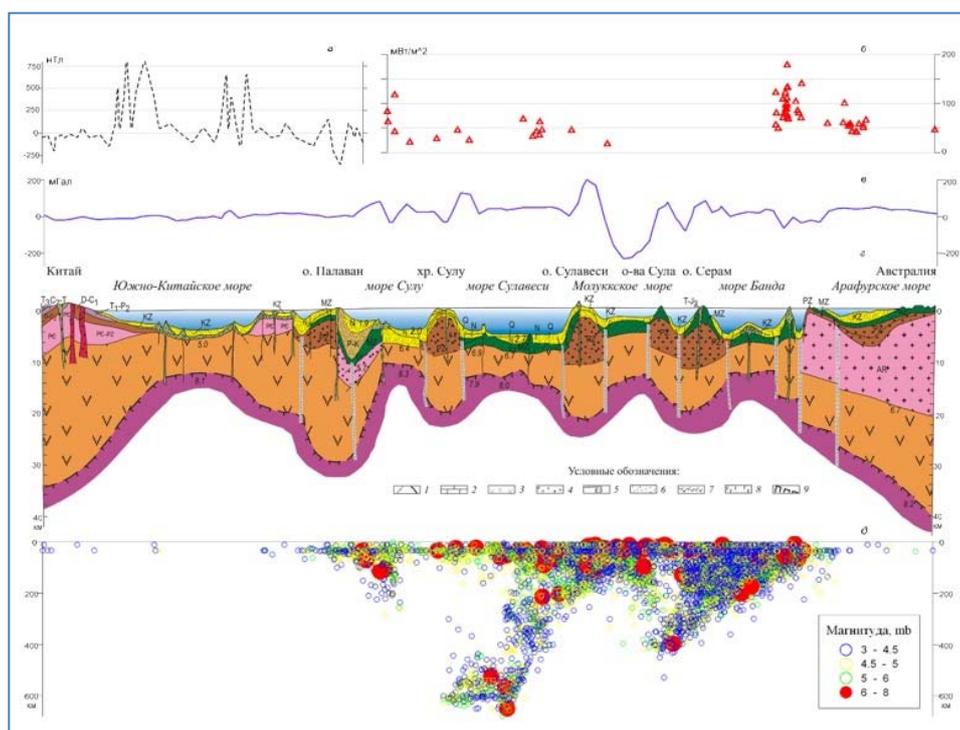


Рис. 3. Геолого-геофизический разрез через Южно-Китайское море, о. Палаван, море Сулу, хребт Сулу, море Сулавеси, о. Сулавеси, Молуккское море, море Банда, Арафурское море и континентальный склон Австралии.

a – аномальное магнитное поле; *б* – измеренные значения теплового потока; *в* – гравитационные аномалии в свободном воздухе; *г* – геолого-геофизический разрез: 1 – разломы, 2 – известняки, 3 – нижняя часть коры, 4 – верхняя часть коры, 5 – скорости сейсмических волн, км/с, 6 – осадочный слой, 7 – вулканогенный слой, 8 – базальты, 9 – поверхность Мохо; *д* – распределение гипоцентров землетрясений за период 1964-2016 гг.

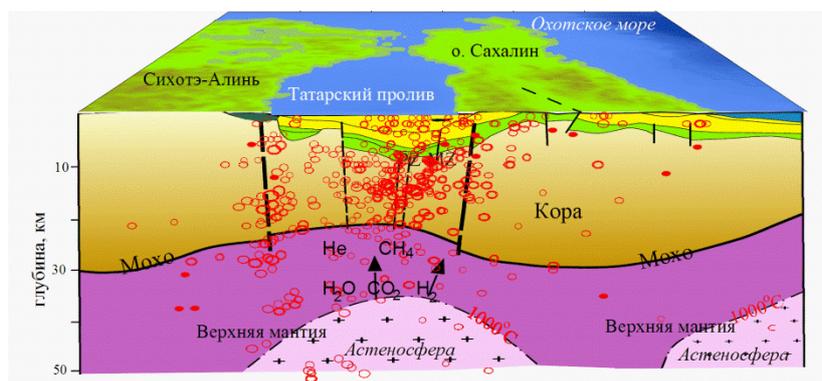


Рис. 4. Глубинное строение осадочного прогиба Татарского пролива. Красные кружки – положения очагов землетрясений. Вертикальные линии – разломы.

Модели содержат информацию о геологическом строении земной коры, петрографическом строении коры и верхней мантии, распределении глубинных температур и зон частичного плавления вещества в верхней мантии и областей высокой электропроводности, сейсмической и плотностной неоднородностях, о распределении сейсмичности по разрезу и т.д. Модели могут сопровождаться батиметрическим профилем, данными о

тепловом потоке, гравитационных и магнитных аномалиях. На рисунке 3 показана модель строения литосферы вдоль траверса, проходящего от Евразии до континентального склона Австралии через регион Южно-Китайского моря.

Значительный объем накопленных данных позволил также провести исследования и построить модели глубинного строения осадочных бассейнов (для которых траверсы являются опорными) в морях переходной зоны от Евразии к Тихому океану. Так, например, построены модели для четырех осадочных бассейнов в Охотском море: Трога Татарского пролива (рис. 4), Северо-Сахалинского нефтегазоносного бассейна, Впадины Дерюгина и Курильской котловины.

Были составлены подробные геолого-геофизические описания исследуемых регионов и построенных моделей, дающих представление об их глубинном строении [3, 5].

Для удобства использования накопленных данных и построенных моделей была разработана и создана **информационная база геолого-геофизических данных и цифровых моделей литосферы** активных и окраин Евразии. Затем сформированы аналогичные базы для осадочных бассейнов и пассивных окраин. Каждая база включает три основных раздела: геолого-геофизические данные, модели строения литосферы и геолого-геофизические описания изучаемых регионов и моделей [6].

В базу данных входят геолого-геофизические данные в цифровом виде (ASCII файлы). Почти все данные являются пространственно распределенными и имеют географическую координатную привязку. Включены массивы данных: результаты батиметрических измерений, гравиметрической и магнитной съемок, измерений теплового потока, каталоги землетрясений, данные ГСЗ, томографических исследований, отдельные данные о химическом составе пород и их возрасте, результаты глубоководного бурения и драгирования, оцифрованные границы фундамента и Мохо. Все массивы данных сопровождаются подробными метаданными и описаниями формата.

Модели глубинного строения объектов исследования, созданные на основе комплексного анализа данных, – построенные цифровые карты, разрезы и схемы и отсканированные изображения (формат GIF и JPEG)

Текстовую часть составляют геолого-геофизические описания изучаемых районов, описания моделей, описания данных и обширная библиография (текстовые документы).

Подготовлены гипертекстовые документы (html), объединившие вместе данные, модели и текстовую информацию в виде веб-страниц. Созданные информационные ресурсы опубликованы в сети Интернет в свободном доступе на сайте МЦД по физике твердой Земли Геофизического центра РАН <http://www.wdcb.ru/sep/lithosphere/lithosphere.ru.html>, http://www.wdcb.ru/sep/sedimentary_basins/index.ru.html http://www.wdcb.ru/sep/passive_margins/Kara_Sea/Kara_Sea.ru.html.

Таким образом, создана удобная форма длительного хранения накопленных за время исследований оригинальных данных и построенных моделей глубинного строения активных и пассивных окраин Евразии

При обращении к информационной базе данных и моделей активных окраин Евразии пользователь попадает на главную страницу, где содержатся общие сведения о базе (рис. 5).



Рис. 5. Главная страница информационной базы геолого-геофизических данных и моделей литосферы активных окраин Евразии



Рис. 6. Страница данных – батиметрические измерения в регионе Японского моря.

Воспользовавшись гиперссылками можно перейти к каталогу данных в двух вариантах представления, описанию формата и описанию данных.

С главной страницы, воспользовавшись чувствительной картой или раскрывающимся меню, можно перейти на разделы сайта, посвященные отдельным морям. Познакомившись с геолого-геофизическим описанием выбранного региона и моделью строения литосферы, можно воспользоваться меню в виде раскрывающегося списка и перейти к ознакомлению с базой данных, которая была использована для построения этой модели, и библиографией. Для каждого вида данных приведено описание формата, описание данных и ссылки на источники, схемы пространственного распределения (рис. 6).

На рисунке 7 показана интернет-страница информационной базы данных и моделей осадочных бассейнов Филиппинского моря и Северо-Китайской равнины. С этой страницы можно перейти к модели, например, глубинного строения Марианской впадины и ее описанию.

Затем можно перейти к ознакомлению с данными, использованными для построения этой модели (рис. 8). Это данные батиметрии (рельеф дна), данные глубоководного бурения, измерения теплового потока, аномальное гравитационное поле, каталог землетрясений, результаты морских геофизических съемок.

Здесь даны схемы пространственного распределения для каждого вида данных и глубинное распределение землетрясений вдоль профиля. Воспользовавшись гиперссылками можно перейти к массиву данных (непосредственно к просмотру массива данных) и описанию формата. Вместе с форматом приведены метаданные – автор или производитель данных, ссылка на публикацию данных, географические координаты территории покрытой данными, размер файла данных, число записей и длина записи, а также краткая аннотация. Аналогично построены и другие разделы базы.

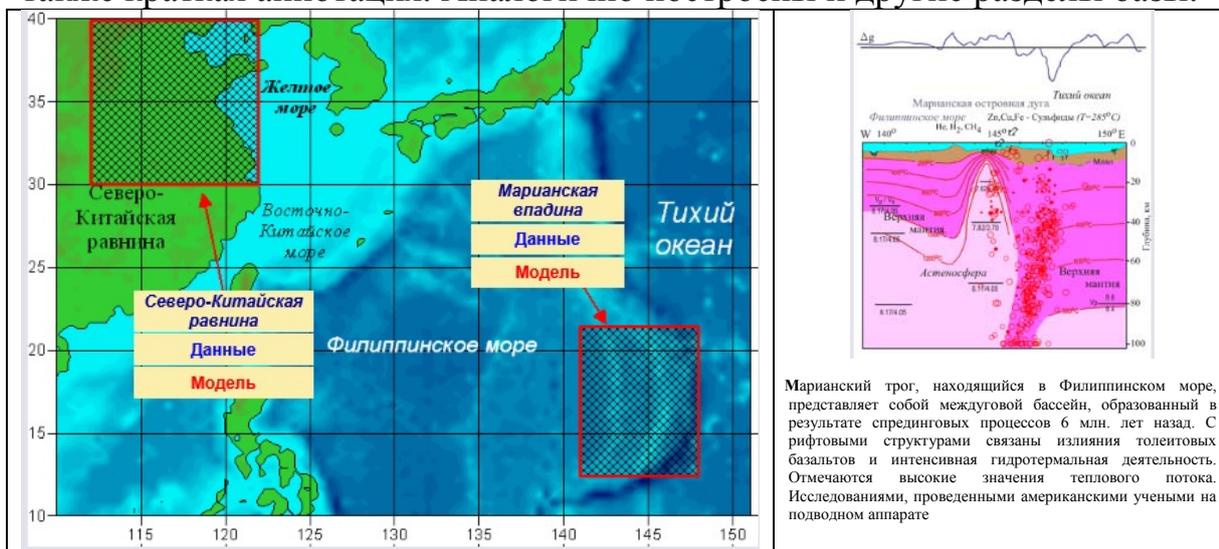


Рис. 7. Интернет страница базы данных и моделей осадочных бассейнов Филиппинского моря и Северо-Китайской равнины (слева) и модель глубинного строения Марианской впадины с описанием (справа). Вверху – аномалия в свободном воздухе. Кружки – гипоцентры землетрясений; горизонтальные черные линии – границы по сейсмическим данным (V_p – скорости продольных волн, V_s – скорости поперечных волн); красные кривые – изотермы.

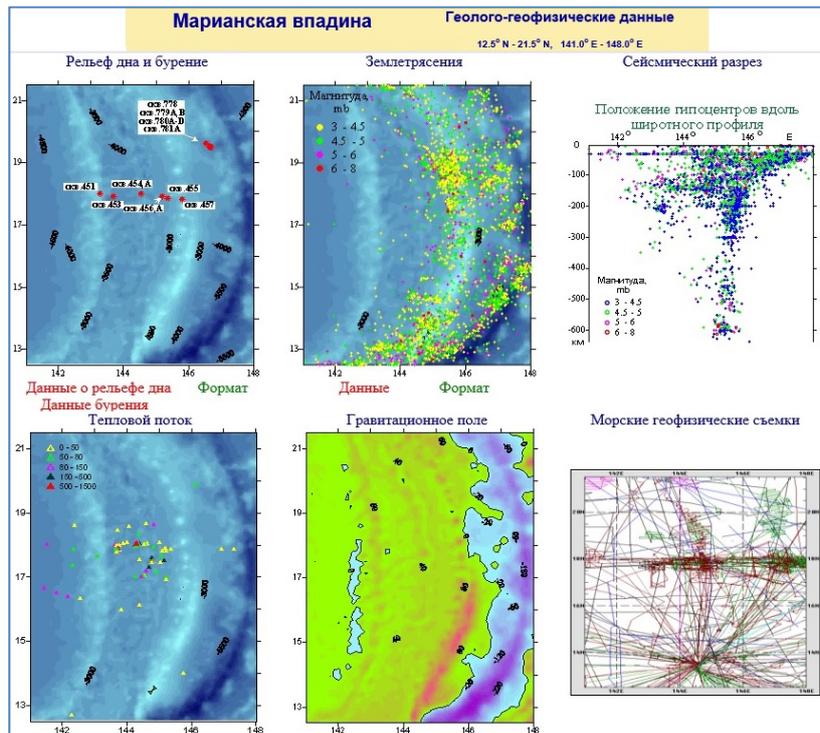


Рис. 8. Интернет-страница данных для региона Марианской впадины.

Таким образом, созданные информационные базы данных и модели глубинного строения окраин Евразии делают доступными для использования в научных исследованиях всем заинтересованным пользователям не только большие объемы накопленных данных, но и результаты их обработки и обобщения в виде различных моделей глубинного строения литосферы. Имея прямой доступ к информации, пользователи могут загружать данные, просматривать тексты, библиографию, данные и связанные с ними метаданные, распечатывать их. Координатная привязка многих видов данных позволяет использовать современные ГИС- и другие технологии для их интерпретации, моделирования, сравнительного и комплексного анализа данных по различным районам. Информационный ресурс является открытой системой, которая может дополняться новыми данными и, соответственно, новыми уточненными моделями.

Разработка информационных баз геолого-геофизических данных и цифровых моделей получила широкую поддержку в Российском фонде фундаментальных исследований, о чем свидетельствуют номера проектов: №№ 97-05-74505-з, 98-07-90201-в, 01-05-64328-а, 01-05-64400-а, 01-07-90233-в, 03-05-99407-с, 04-05-74614-з, 04-07-90194-в, 06-05-99004-с, 07-05-08014-з, 09-05-00406-а, 12-05-00029-а.

Список литературы

1. Родников А.Г. Международный проект «Геотраверс»: задачи, проблемы, перспективы // Вестник АН СССР. 1986. № 2. С. 101–106.
2. Родников А.Г. Международный проект «InterMARGINS» // Тихоокеанская геология. 2006. № 5. С. 107–109.

3. Родников А.Г., Забаринская Л.П., Рашидов В.А., Сергеева Н.А. Геодинамические модели глубинного строения регионов природных катастроф активных континентальных окраин. М.: Научный мир, 2014. 172 с.

4. Родников А.Г., Забаринская Л.П., Пийп В.Б., Сергеева Н.А. Глубинное строение Южно-Карской осадочной впадины // Тихоокеанская геология. 2016. Т. 35. № 1. С. 31–36.

5. Родников А.Г., Забаринская Л.П., Пийп В.Б., Сергеева Н.А., Нисилевич М.В. Геодинамика осадочных бассейнов пассивных континентальных окраин Арктики // Тектоника и геодинамика континентальной и океанической литосферы: общие и региональные аспекты. Материалы XLVII Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС. 2015. С. 112-117.

6. Родников А.Г., Сергеева Н.А., Забаринская Л.П. База данных и модели глубинного строения осадочных бассейнов Земли // Природа. 2007. № 10. С. 58–66.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЯВЛЕНИЙ В РЕГИОНЕ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ

И.В. Серых¹, А.Г. Костяной^{1,2}, Я.А. Экба³

kostianoy@gmail.com

¹*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия, г. Москва*

²*Московский Университет им. С.Ю. Витте, Россия, г. Москва*

³*Институт экологии Академии наук Абхазии, Республика Абхазия, г. Сухум*

Аннотация

По результатам ре-анализов исследованы климатические изменения температуры воздуха в регионе восточной части Черного моря за период 1950-2015 гг. Для регионов побережий Краснодарского края и Абхазии выполнено сравнение результатов ре-анализов между собой. На основе этого сравнения выбран ре-анализ NCEP/NCAR, результаты которого наиболее близки к другим исследованным источникам данных для выбранного региона. По ре-анализу NCEP/NCAR исследованы климатические изменения амплитуды, количества и продолжительности экстремальных температурных явлений в регионах побережий Краснодарского края и Абхазии за период 1950-2015 гг.

Введение

Глобальное потепление климата ведет к изменениям частоты, интенсивности, пространственных масштабов, продолжительности и сроках экстремальных метеорологических явлений. Общее число опасных гидрометеорологических явлений в России в конце XX – начале XXI века в среднем увеличилось. Из них 52% наблюдались на Европейской территории России. Наиболее подвержены возникновению разных экстремальных метеорологических явлений Северо-Кавказский и Южный федеральные округа России, в частности, черноморское побережье Краснодарского края, и Республика Абхазия. Так в Южном федеральном округе в 2010 году наблюдалось 60 опасных гидрометеорологических явлений, а в 2011 – 78. Состояние прибрежных экосистем Черноморского региона вызывает серьезную тревогу, порожденную не только антропогенными, но и

природными причинами (экстремальными метеорологическими явлениями, опасными стихийными бедствиями и т.д.), а также частотой их повторения.

Под экстремальными метеорологическими явлениям обычно понимают статистику «экстремальных», т.е. резко выделяющихся на фоне «нормы», явлений в климатической системе. Как правило, такие явления оказывают особое (чаще – негативное) воздействие на природные системы, которые поэтому особенно чувствительны к изменениям их повторяемости и интенсивности [1-6].

В Четвертом (2007 г.) и Пятом (2014 г.) оценочных докладах по изменению климата Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC) [1-2] указывается, что в XXI веке изменение климата будет сопровождаться увеличением частоты, интенсивности и продолжительности таких экстремальных природных явлений как: экстремальные осадки или засухи и экстремально высокие или низкие температуры воздуха. Все это будет приводить к наводнениям, засухам, пожарам, обмелению рек, озер и водохранилищ, опустыниванию, пылевым бурям, таянию ледников и вечной мерзлоты, цветению морей и пресноводных водоемов. В свою очередь эти явления будут приводить к химическому и биологическому загрязнению вод, земель и воздуха. Конечным результатом этих событий являются ухудшение качества жизни населения, значительные финансовые потери, связанные с ущербом, нанесенным жилому фонду, предприятиям, дорогам, сельскому и лесному хозяйству, туризму, а во многих случаях они заканчиваются людскими потерями.

Эти же прогнозы подтверждаются результатами исследований, представленных в Первом (2008 г.) и Втором (2014 г.) [4-5] оценочных докладах Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Прогнозы ученых неоднократно подтверждались за последние 15 лет – это наводнения, засухи и пожары в различных регионах РФ, включая Краснодарский край, а также в Республике Абхазия, где в 2016 г. впервые выпала двукратная годовая норма осадков. В связи с этим анализ и прогнозирование экстремальных климатических событий, связанных с региональным изменением климата на территории и акватории Краснодарского края и Абхазии представляет собой чрезвычайно важную задачу, учитывая какое важное значение для этих регионов играет сельское хозяйство и туризм.

Современное состояние исследований по данной проблеме обобщено в Пятом оценочном докладе IPCC [2] по изменению климата и во Втором оценочном докладе Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации [5], которые были опубликованы в 2014 г. Кроме основных оценочных докладов IPCC выпускает и специализированные отчеты по экстремальным явлениям или проблемам (недостатку водных ресурсов и др.). Аналогичные Ежегодные доклады о состоянии климата на территории Российской Федерации выпускаются Росгидрометом.

Недостатком проводимых исследований является осреднение исследуемых параметров и обобщение полученных выводов для очень больших территорий и акваторий, сравнимых с размерами отдельных стран или морей. В данной работе сделана детализация изменчивости характеристик экстремальных температурных событий с пространственным масштабом порядка одного градуса на акватории восточной части Черного моря и побережье Краснодарского края и Республики Абхазия.

Для морской акватории Абхазии не хватает данных контактных методов измерений для статистического описания основных параметров состояния морской воды и выделения экстремальных гидрологических и/или метеорологических явлений. Это справедливо и для горных или предгорных районов, где инструментальных измерений метеорологических параметров явно не хватает. Например, в работе [7] по данным наблюдений 50 метеорологических станций Грузии за 1936-2011 гг. исследованы некоторые температурные индексы для оценки изменения климата – экстремальные значения температуры, число морозных, холодных и жарких дней, тропических ночей и индексы, основанные на процентилях распределения. Построены геоинформационные карты пространственной структуры и исследована динамика этих индексов за период глобального потепления. Определены средние значения индексов за разные периоды осреднения. Однако такая смелая экстраполяция данных на горные районы приводит к существенным ошибкам в оценках климатической изменчивости экстремальных метеорологических явлений [8]. Поэтому для исследования климатической изменчивости экстремальных метеорологических явлений вместе с данными метеонаблюдений необходимо использовать результаты ре-анализов.

Использованные данные и методика их обработки

В данной работе исследованы данные температуры воздуха у поверхности из ре-анализов: NOAA CIRES 20th Century Global Reanalysis Version 2c на сетке $2^\circ \times 2^\circ$ за период 1950-2011 гг. [9], ECMWF ERA-20C на сетке $1^\circ \times 1^\circ$ за период 1950-2010 гг. [10], JMA JRA-55 на сетке $1.25^\circ \times 1.25^\circ$ за период 1958-2013 гг. [11] и NCEP/NCAR Reanalysis на сетке $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ за период 1950-2014 гг. [12].

Рассчитывались средние значения для 3-х регионов: восточная часть Черного моря (42° - 45° с.ш.; 37° - 42° в.д.), Абхазия (42° - 43.5° с.ш.; 40° - 42° в.д.) и побережье Краснодарского края (43.5° - 45° с.ш.; 37° - 40° в.д.). Первый регион восточной части Черного моря включает в себя регионы Абхазии и побережья Краснодарского края, которые исследовались для более детального анализа особенностей региональных изменений климата и характеристик экстремальных температурных явлений.

Все результаты подсчитывались отдельно для каждого из 3-х выбранных регионов и для каждого из исследуемых ре-анализов. После чего производилось сравнение полученных результатов между собой с целью выбора ре-анализа, наиболее близко воспроизводящего остальные источники

данных. Изучались различия в изменениях температуры воздуха побережий Краснодарского края и Абхазии.

По среднемесячным данным методом наименьших квадратов рассчитывались линейные тренды изменения средней температуры воздуха в выбранных регионах за исследуемый период. Затем из начальных данных в каждом узле сетки был удален сезонный сигнал путем вычитания среднего годового хода за рассматриваемый период. После чего производилось осреднение аномалий исследуемых параметров для выбранных регионов. По рядам средних аномалий температуры исследуемых регионов рассчитывались линейные тренды. Производились однолетнее и восьмилетнее скользящие осреднения исследуемых рядов. Рассчитывались накопленные суммы рядов аномалий после удаления линейного тренда. Рассчитывались средние значения аномалий отдельно для каждого теплого (май-октябрь) и холодного (ноябрь-апрель) полугодия всего исследуемого периода.

Результаты расчета линейных трендов по рядам аномалий за единый для разных ре-анализов период 1980-2010 гг. были сведены в Таблицу 1. Все ре-анализы показывают сильный рост температуры воздуха во всех рассматриваемых регионах за период 1980-2010 гг. Температура в общем регионе побережий восточной части Черного моря меньше всего увеличилась по данным 20thC_ReanV2c (на 1.2°C), и сильнее всего по данным ERA-20C (на 2.1°C). Температура в регионе побережья Краснодарского края увеличилась сильнее (на 1.4°C по данным 20thC_ReanV2c и на 2.3°C по данным ERA-20C), чем в регионе Абхазии (на 1.0°C по данным 20thC_ReanV2c и на 2.0°C по данным ERA-20C). Линейные тренды за рассматриваемый 31 год можно отнести к междекадным колебаниям, и результаты показали, что в этом масштабе временных колебаний ближе всего воспроизводят другие источники данных ре-анализы NCEP/NCAR и JRA-55.

Таблица 1. Средние значения изменений аномалий температуры (°C/10 лет) в исследуемых регионах рассчитанные по линейным трендам различных ре-анализов за 1980-2010 гг.

	20thC_ReanV2c	ERA-20C	JRA-55	NCEP/NCAR
Восточная часть Черного моря	0.387	0.693	0.435	0.585
Краснодарский край	0.469	0.756	0.478	0.681
Абхазия	0.320	0.639	0.382	0.429

Для сравнения изменчивости температуры воздуха рассчитаны кросс-корреляции изменений аномалий в выбранных регионах между различными ре-анализами. Для сравнения внутрисезонных колебаний исследованы кросс-корреляции аномалий без фильтрации (Таблица 2). А для сравнения межгодовых колебаний рассчитаны кросс-корреляции аномалий с фильтрацией годовым скользящим сглаживанием (Таблица 3).

Таблица 2. Кросс-корреляции изменений аномалий температуры без фильтрации между различными ре-анализами для региона восточной части Черного моря за 1980-2010 гг.

	20thC_ReanV2c	ERA-20C	JRA-55	NCEP/NCAR
20thC_ReanV2c	1	0,89	0,88	0,89
ERA-20C	0,89	1	0,95	0,95
JRA-55	0,88	0,95	1	0,95
NCEP/NCAR	0,89	0,95	0,95	1

Таблица 3. Кросс-корреляции изменений аномалий температуры с годовой фильтрацией между различными ре-анализами для региона восточной части Черного моря за 1980-2010 гг.

	20thC_ReanV2c	ERA-20C	JRA-55	NCEP/NCAR
20thC_ReanV2c	1	0,80	0,84	0,84
ERA-20C	0,80	1	0,94	0,95
JRA-55	0,84	0,94	1	0,93
NCEP/NCAR	0,84	0,95	0,93	1

В целом кросс-корреляции изменений аномалий температуры для региона восточной части Черного моря между различными ре-анализами оказались довольно высокими (больше 0.8). Кросс-корреляции внутри-сезонных изменений оказались выше, чем межгодовых, что свидетельствует о большем соответствии ре-анализов друг-другу в воспроизведении короткопериодной изменчивости, чем долгопериодной. Кросс-корреляции для региона Краснодарского края оказались выше, чем для региона Абхазии (таблицы не приводятся), что может быть объяснено более сильным влиянием горного рельефа, преобладающего в Абхазском регионе. Анализ внутри-сезонных и межгодовых колебаний показал, что на этих временных масштабах ближе всего воспроизводят другие источники данных ре-анализы NCEP/NCAR и ERA-20C. Таким образом, для анализа климатических изменений экстремальных температурных событий был выбран ре-анализ NCEP/NCAR.

По ежедневным данным NCEP/NCAR для каждого года было рассчитано количество экстремальных температурных событий, превосходящих по модулю своими аномалиями одно и два среднеквадратических отклонения исследуемого ряда за 1950-2015 гг., а также изменения средней амплитуды и продолжительности этих экстремальных событий. Методом наименьших квадратов для положительных и отрицательных экстремальных событий рассчитаны линейные тренды изменений их количества, средней амплитуды и продолжительности.

Обсуждение полученных результатов

Изменения за период 1950-2015 гг. среднемесячных значений температуры воздуха у поверхности в регионе восточной части Черного моря (Рис. 1), при аппроксимации их линейным трендом, демонстрируют средний рост порядка 0.24°C за 10 лет. Что может быть вызвано глобальным

потеплением на Земле. Таким образом, если допустить происходящие за исследуемый период изменения линейными, то средняя температура в регионе за рассматриваемые 66 лет выросла приблизительно на 1.6°C : с 11.4 до 13°C . Что составляет около 8% от наблюдаемых ежегодных сезонных колебаний, которые составляют приблизительно 20°C : от $1-3^{\circ}\text{C}$ до $21-23^{\circ}\text{C}$.

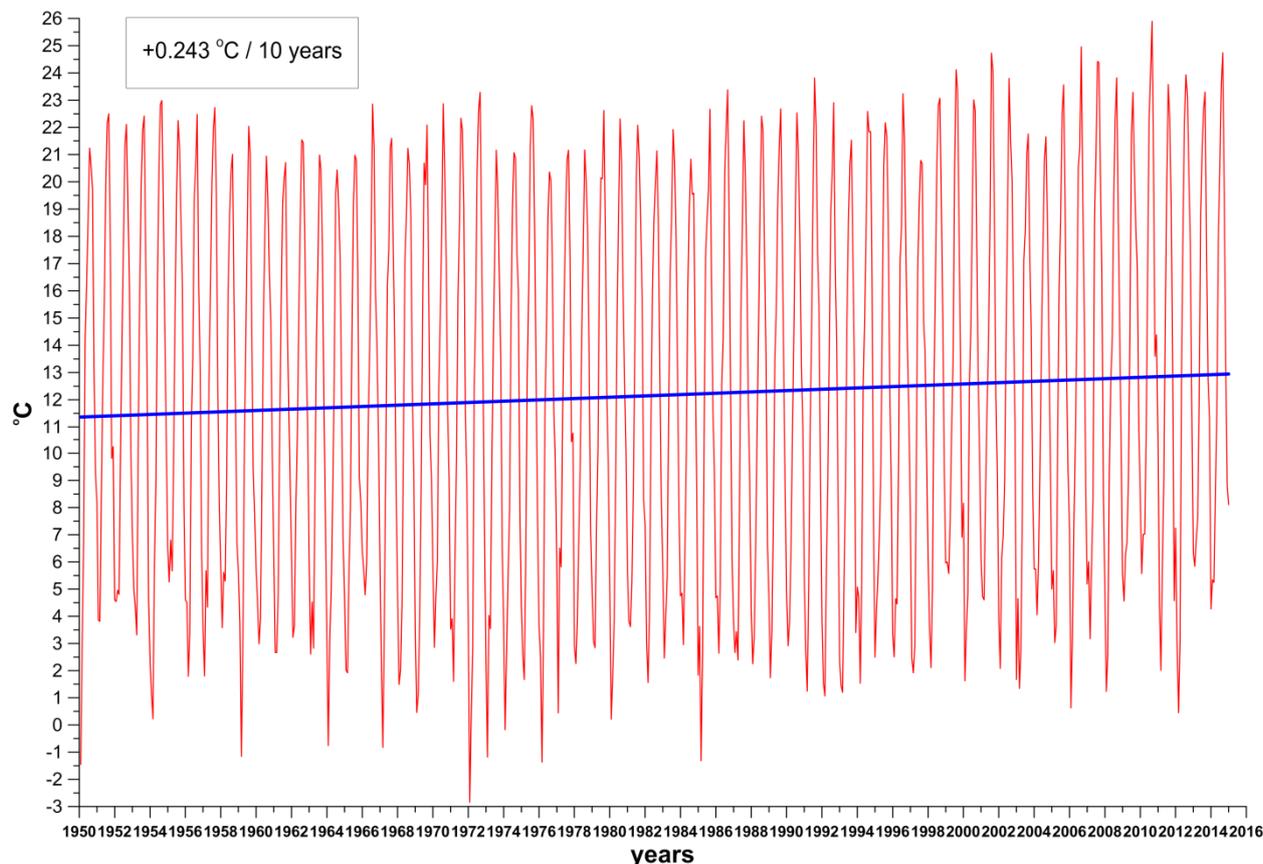


Рис. 1. Изменения среднемесячных значений температуры воздуха у поверхности (красный) и их линейный тренд (синий) в регионе восточной части Черного моря ($42^{\circ}-45^{\circ}$ с.ш.; $37^{\circ}-42^{\circ}$ в.д.).

На фоне линейного тренда изменения среднемесячных аномалий относительно сезонного хода температуры воздуха у поверхности в регионе восточной части Черного моря выделяются существенные междекадные колебания за рассматриваемый период (Рис. 2). Так в период 1950-1958 гг. наблюдались положительные аномалии относительно линейного тренда, при общем понижении температуры в регионе, что привело к смене положительных аномалий на период отрицательных 1959-1997 гг. Изменение тенденции от снижения к росту температуры в регионе произошло в середине 1970-х годов. А с 1998 года наблюдаемый рост превысил величину линейного тренда, то есть стало наблюдаться ускорение роста температуры в регионе. Изменения, произошедшие в середине 1970-х и 1998 году могут быть объяснены переходами между фазами Тихоокеанской десятилетней осцилляции (PDO) и Междекадной Тихоокеанской осцилляции (IPO), которые привели к глобальным климатическим сдвигам [13-18]. По-видимому, вследствие этого произошла смена фазы Северо-Атлантического

колебания (NAO), что привело к изменениям количества циклонов и приповерхностной температуры в Северной Атлантике, а также выноса тепла из этого региона на Евро-Азиатский континент, включая регион Черного моря [19].

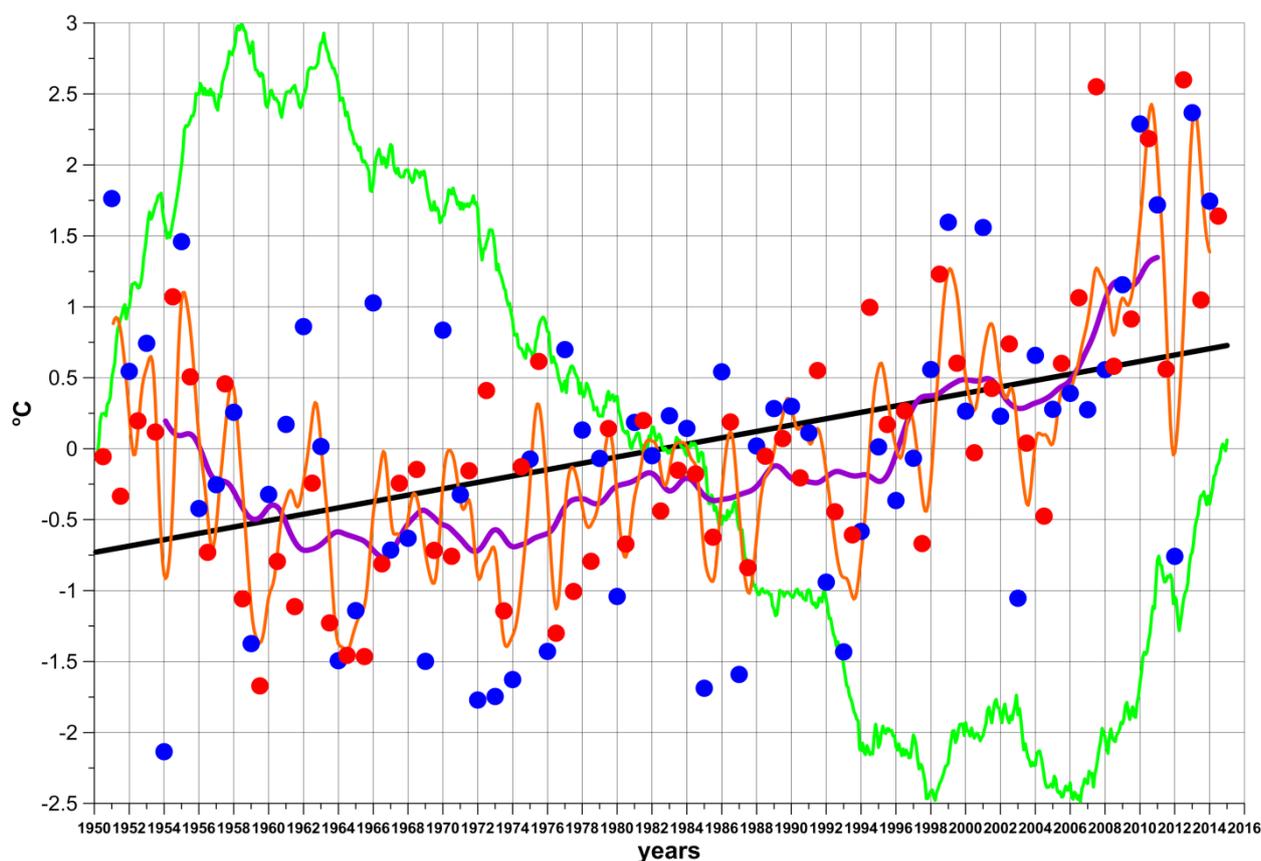


Рис. 2. Изменения среднемесячных аномалий температуры воздуха у поверхности (относительно сезонного хода) сглаженных однолетним (оранжевый) и восьмилетним (фиолетовый) скользящими осреднениями в регионе восточной части Черного моря (42° - 45° с.ш.; 37° - 42° в.д.). Их линейный тренд (черный) и накопленная сумма аномалий после удаления линейного тренда (зеленый). Отмечены средние значения аномалий для теплого (красные круги) и холодного (синие круги) полугодий.

На фоне междекадных колебаний в регионе происходили более мощные межгодовые колебания, которые демонстрировали усиление амплитуды в период 1950-1967 гг., затем их амплитуда уменьшилась (1968-1991 гг.), и вновь увеличилась начиная с 1992 года до начала 2000-х. Это может быть вызвано тем, что в начале 1970-х началась смена отрицательной фазы Северо-Атлантического колебания на положительную, что вызвало смену климатических сценариев в системе океан-атмосфера Северной Атлантики [20]. Усиление амплитуды межгодовых колебаний и рост аномалий температуры, произошедшие в первой половине 1990-х годов, могут быть связаны с произошедшим в 1991 году извержением вулкана Пинатубо. После этого события, примерно с 1992/93 года, стали наблюдаться сокращение потоков скрытого и явного тепла из океана в атмосферу и увеличение теплосодержания Северной Атлантики [21, 22], что вызвало перестроение атмосферной циркуляции в регионе и изменение направления

движения циклонов [23]. В последние годы (2010-2015) наблюдается наиболее мощное за весь рассмотренный период усиление межгодовых колебаний температуры в регионе восточной части Черного моря.

Межгодовая изменчивость аномалий температуры в холодное полугодие превосходит изменчивость в теплое. Полугодия с наиболее сильными отрицательными аномалиями температуры наблюдались в 1953/54 г., а положительные в 2007, 2010 и 2012 годах.

В регионе восточного побережья Черного моря за период 1950-2015 гг. произошло увеличение амплитуды температурных экстремальных явлений с положительными аномалиями (Рис. 3 и 4): с 3.6°C до 3.9°C для явлений превышающих 1 стандартное отклонение, и с 5.5°C до 6°C для явлений превышающих 2 стандартных отклонения. При этом амплитуда экстремальных явлений с отрицательными аномалиями практически не изменилась: 3.9°C и 7.2°C , соответственно.

Количество экстремальных явлений с положительными аномалиями, превышающими 1 стандартное отклонение, увеличилось за рассматриваемый период с 10-14 до 28-32 событий в год, а превышающих 2 стандартных отклонения с 1-2 до 12-14 событий в год. При этом число экстремальных событий с отрицательными аномалиями снизилось с 22-24 до 8-10 событий в год превышающих 1 стандартное отклонение, и с 5-6 до 2-3 событий в год превышающих 2 стандартных отклонения (Рис. 3 и 4).

Средняя продолжительность экстремальных явлений с положительными аномалиями, превышающими 1 стандартное отклонение, увеличилось за рассматриваемый период с 2.5 до 3.5 дней, с отрицательными аномалиями практически не изменилась – 3 дня. Продолжительность экстремальных явлений с аномалиями, превышающими 2 стандартных отклонения, увеличилась с 1 до 2 дней для событий положительного знака, и осталась прежней (на уровне 2 дня) для отрицательных аномалий (Рис. 3 и 4).

Заключение

Анализ климатических изменений температуры воздуха и характеристик экстремальных температурных явлений в регионе восточного побережья Черного моря показал рост температуры начиная с середины 1970-х годов, который ускорился в конце 1990-х. На фоне ускоряющегося роста температуры наблюдается усиление межгодовой изменчивости. Рост температуры воздуха и межгодовой изменчивости сопровождается увеличением амплитуды, количества и продолжительности экстремальных явлений с аномалиями положительного знака.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-55-40015_Абх_а «Климатические изменения интенсивности и повторяемости экстремальных гидрологических и метеорологических явлений в прибрежной зоне Краснодарского края и Абхазии».

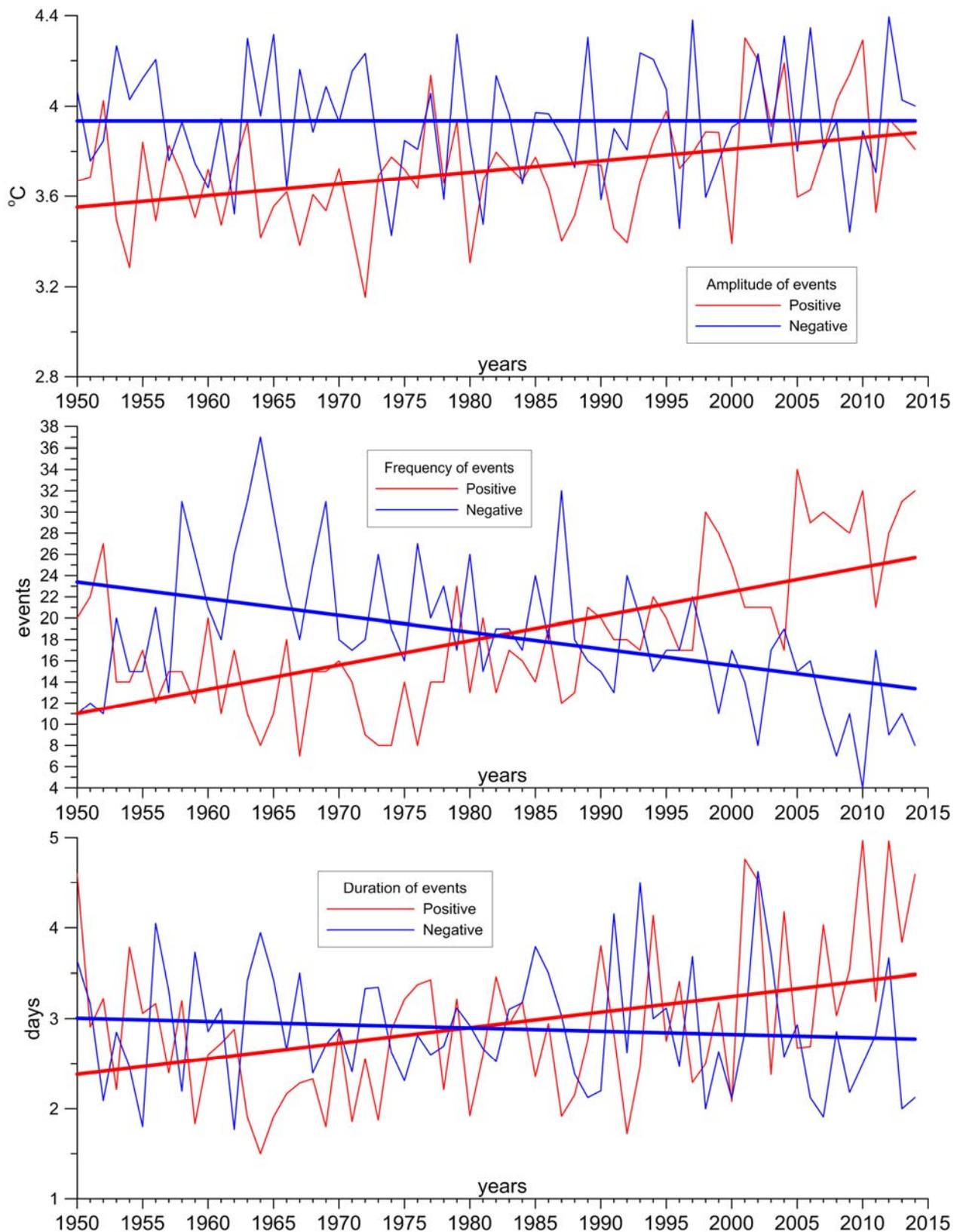


Рис. 3. Ежегодные изменения средней амплитуды (верхняя часть), количества (средняя часть) и средней продолжительности (нижняя часть) экстремальных явлений с положительными (красные линии) и отрицательными (синие линии) аномалиями температуры воздуха в регионе восточной части Черного моря (42°-45° с.ш.; 37°-42° в.д.), превосходящими 1 стандартное отклонение, и их линейные тренды.

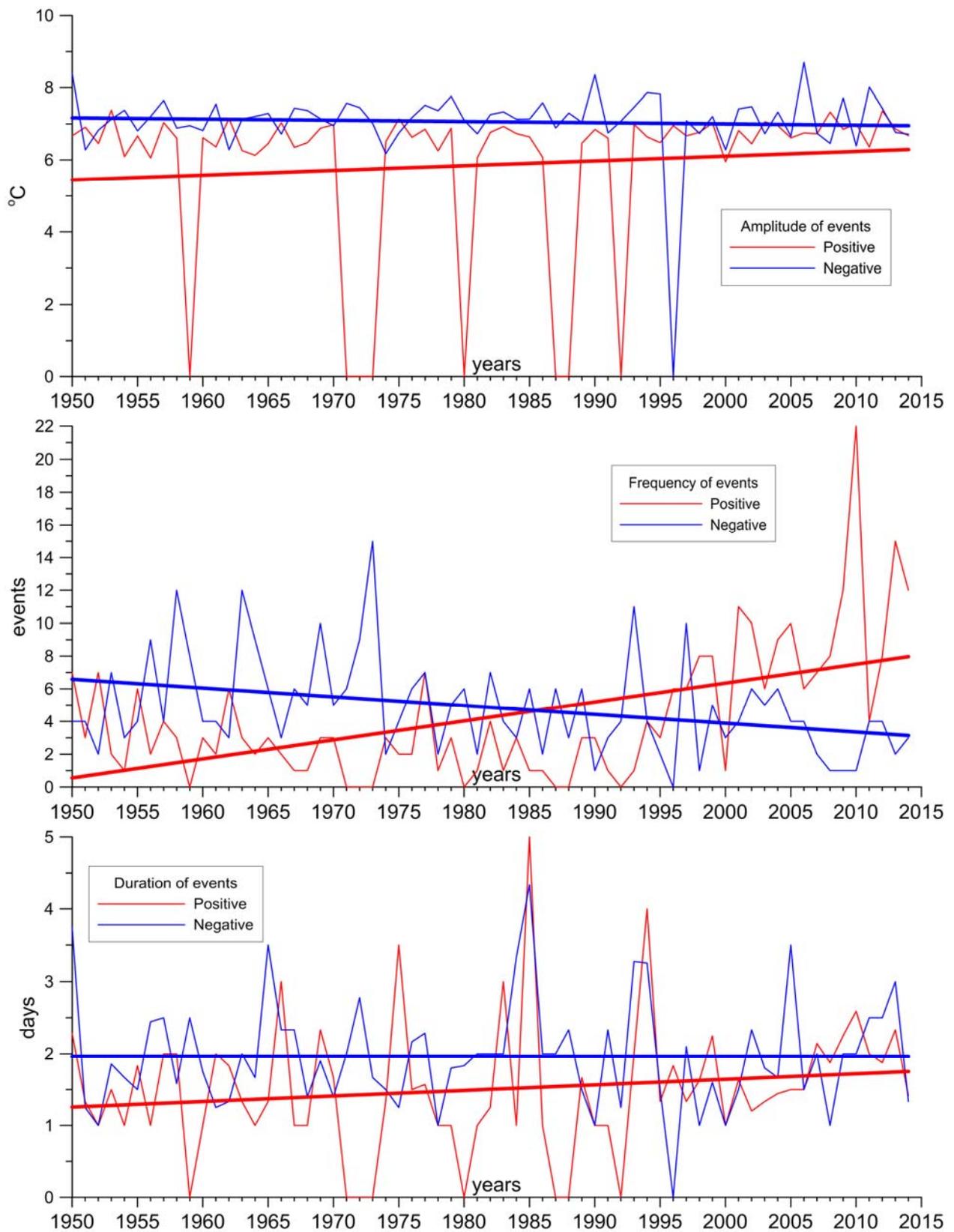


Рис. 4. Ежегодные изменения средней амплитуды (верхняя часть), количества (средняя часть) и средней продолжительности (нижняя часть) экстремальных явлений с положительными (красные линии) и отрицательными (синие линии) аномалиями температуры воздуха в регионе восточной части Черного моря (42° - 45° с.ш.; 37° - 42° в.д.), превосходящими 2 стандартных отклонения, и их линейные тренды.

Список литературы

1. Climate Change. The Physical Science Basis. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press. 2007.
2. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects. – Cambridge University Press, 2014.
3. Школьник И.М., Мелешко В.П., Ефимов С.В., Стафеева Е.Н. Изменения экстремальности климата на территории Сибири к середине XXI века: ансамблевый прогноз по региональной модели ГГО // Метеорология и гидрология. 2012. № 2. С. 5-23.
4. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 1. Изменения климата. – М.: Росгидромет, 2008. – 227 с.
5. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М.: Росгидромет, 2014. – 1008 с.
6. Karl T. R., Nicholls N., Ghazi A. Clivar/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes workshop summary // Weather and Climate Extremes. Springer Netherlands, 1999. P. 3-7.
7. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э., Куталадзе Н.Б., Кеггенхофф И., Киквадзе Б.М., Гогия Н.М. География и динамика некоторых температурных индексов для оценки изменения климата // Метеорология и гидрология. 2015. № 1. С. 58-66.
8. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата // Метеорология и гидрология. 2004. № 4. С. 50-66.
9. Compo, G.P., Whitaker J.S., Sardeshmukh P.D. et al. The Twentieth Century Reanalysis Project. – Quarterly J. Roy. Meteorol. Soc., 2011, Vol. 137, P. 1–28.
10. Stickler A., Brönnimann S., Valente M.A. et al. ERA-CLIM: Historical Surface and Upper-Air Data for Future Reanalyses. – Bull. Amer. Meteor. Soc., 2014, Vol. 95, N 9, P. 1419–1430.
11. Kobayashi S., Ota Y., Harada Y. et al. The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. – J. Met. Soc. Jap., 2015, Vol. 93, N 1, P. 5–48.
12. Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R. et al. The NCEP / NCAR 40-year reanalysis project. – Bull. Amer. Meteor. Soc., 1996, Vol. 77, P. 437–471.
13. Hare S.R., Mantua. N.J. (2000). Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989". *Progress in Oceanography*. 47 (2–4): 103–145.
14. Folland C.K.; J.A. Renwick; M.J. Salinger; A.B. Mullan (2002). Relative influences of the Interdecadal Pacific Oscillation and ENSO in the South Pacific Convergence Zone. - *Geophysical Research Letters*. 29 (13): 21–1–21–4.
15. Mantua, N.J., Hare, S.R. The Pacific Decadal Oscillation. *Journal of Oceanography*. 2002. Vol. 58, Issue 1, P. 35–44.
16. Chavez, Francisco P; John Ryan, Salvador E. Lluch-Cota, Miguel Ñiquen C. (2003). From Anchovies to Sardines and Back: Multidecadal Change in the Pacific Ocean. - *Science*. 299(5604): 217–221.
17. Bond, N.A.; J.E. Overland; M. Spillane; P. Stabeno (2003). Recent shifts in the state of the North Pacific. - *Geophys. Res. Lett.* 30 (23).
18. Ding H., Greatbatch R.J., Latif M., Park W., Gerdes R. Hindcast of the 1976/77 and 1998/99 Climate Shifts in the Pacific. - *J. Climate*. 2013. 26. P. 7650–7661.
19. Jung, T., M. Hilmer, E. Ruprecht, S. Kleppek, S.K. Gulev, and O. Zolina. 2003. Characteristics of the recent eastward shift of interannual NAO variability. - *J. Climate*, 16, 3371-3382.
20. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. О фазовой изменчивости некоторых характеристик современного климата в регионе Северной Атлантики. - Доклады Академии наук. 2011. Т.438. № 6. С. 817-822.
21. Liu W., Xie SP, Lu J. Tracking ocean heat uptake during the surface warming hiatus. - *Nat. Commun.* 2016. 7:10926.

22. Serykh I.V. Influence of the North Atlantic dipole on climate changes over Eurasia. IOP Conf. Series: - Earth and Environmental Science. 2016. Vol. 48. 012004.

23. Voskresenskaya E.N. and Maslova V.N. Winter-spring cyclonic variability in the Mediterranean-Black Sea region associated with global processes in the ocean-atmosphere system. - Adv. Sci. Res., 2011, N6, P. 237–243.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВОВЛЕЧЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОБАЛАНС РЕГИОНА

В.С. Симанков¹, П.Ю. Бучацкий²

butch_p99@mail.ru

¹ *Кубанский государственный технологический университет*

Россия, г. Краснодар

² *Адыгейский государственный университет, Россия, г. Майкоп*

В последнее время наблюдается повышенный интерес со стороны государства и бизнеса к использованию возобновляемой энергии. В частности, издание International Business Times сообщает о том, что ученые Лаппеенрантского технологического университета (Финляндия) спроектировали для России и стран Центральной Азии модель энергетической системы, работающей за счет возобновляемых источников энергии.

Исследователи финского университета предполагают, что такая система сможет работать за счет солнечной и геотермальной энергии, ветра (60% всей энергии), воды и биомассы. Общая энергетическая мощность системы - 550 гигаватт, что, согласно модели, на 162 гигаватта выше способности текущей энергосистемы [1].

По мнению исследователей Лаппеенрантского технологического университета (Финляндия), переход на 100% используемой энергии из возобновляемых источников к 2030 году - цель более чем достижимая. Кроме того, система менее затратна, чем аналоги, основанные на ядерной энергетике или технологиях улавливания и захоронения углекислого газа, - ее внедрение позволит сократить затраты на 20% [1, 18].

Возобновляемая энергия может оказаться существенным компонентом энергосистемы региона, особенно в той местности, где имеется большой ее потенциал. В связи с этим необходимо иметь методический подход к оценке вовлечения возобновляемой энергии в энергобаланс региона.

Задача эффективного использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) в энергобалансе региона должна быть решена при всестороннем рассмотрении изучаемой системы с учетом ее внешних или внутренних взаимосвязей. Следовательно, в процессе решения необходимо применять методы системного анализа.

Основные этапы системного анализа применительно к энергосистемам с НВИЭ следующие: определение проблемы; определение целей системы с НВИЭ; анализ энергосистемы с НВИЭ; реализация энергосистемы с НВИЭ [7].

Энергетика, как система, включает в себя весь топливно-энергетический комплекс. В широком смысле для энергоресурсов и энергоносителей всех видов она предусматривает их получение, переработку, преобразование, транспортирование, использование.

Одним из компонентов системного подхода в энергетике является иерархическое представление энергетических систем. Поэтому наиболее эффективным способом структуризации целей, преследуемых при включении НВИЭ в энергетические системы, является построение иерархии целей [7, 14, 15]. Она начинается с самых общих главных целей, находящихся на высших уровнях, и заканчивается более узкими на низших.

Иерархия целей для оценки эффективности возможных вариантов вовлечения НВИЭ в энергобаланс строится на основе полной иерархии целей системы энергоснабжения с НВИЭ [14]. Она позволяет приспособлять требования общих целей к конкретным проблемам. Это обеспечивает необходимую основу для установления критериев эффективности. С другой стороны, в ходе отбора может выясниться, что некоторые из целей не являются необходимыми, поскольку возможные варианты равнозначны по этим целям.

В соответствии с основными принципами системного подхода [7], системы энергоснабжения, как подсистемы общей энергетической системы, должны строиться на основе учёта всех существенных критериальных свойств. Каждое свойство характеризуется одним или несколькими критериями эффективности. Учитывая, что основным условием сопоставления вариантов является удовлетворение каждым из них спроса потребителей на энергию, на целый ряд критериев должны быть наложены ограничения, т.е. оптимизация проводится в ограниченной области.

Авторами была разработана полная система набора критериев для оценки эффективности систем в альтернативной энергетике с соблюдением одного из основных требований системного анализа – полноты и всесторонности рассмотрения объекта исследования, которая дает возможность оценить эффективность как отдельных энергетических комплексов (ЭК) с НВИЭ, так и энергетических систем с использованием НВИЭ [8, 12, 15].

Моделирование системы поступления возобновляемой энергии для оценки ее потенциала в заданном районе представляет собой синтез математических моделей, описывающих процессы поступления энергии от различных источников, и параметров технологии ее преобразования [3, 4, 7, 9, 10].

Естественные потоки возобновляемой энергии, как непрерывные физические процессы, могут быть представлены в виде универсальных аналитических моделей с переменными параметрами, зависящими от специфики природных и техногенных условий исследуемой местности.

На рисунке 1 представлен комплекс математических моделей основных НВИЭ, которые представляются наиболее подходящими для перспективной

оценки потенциала НВИЭ при исследовании возможностей их эффективного вовлечения в энергобаланс. [7, 11].

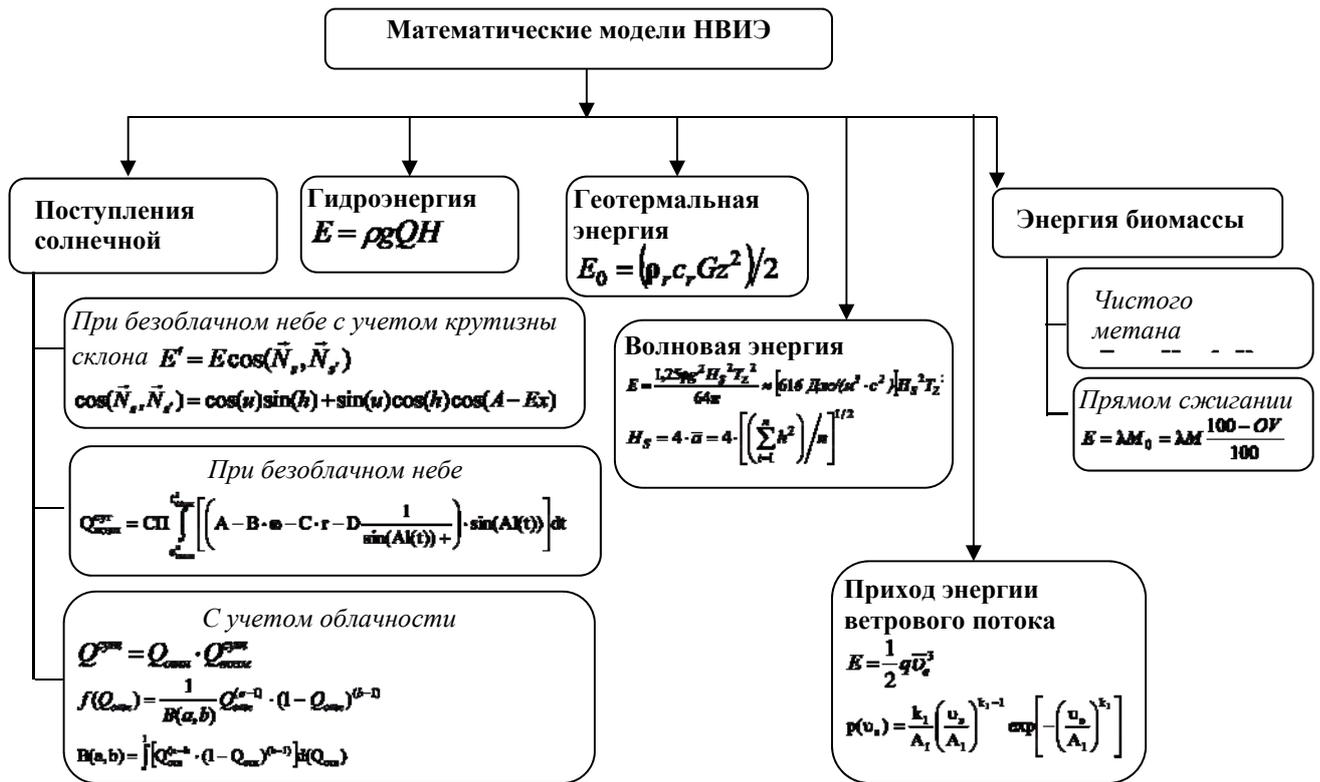


Рис. 1 – Комплекс математических моделей основных НВИЭ

Оценка параметров моделей для характерных по снабжению каждым видом НВИЭ районов может производиться на основе существующих для большинства территорий стандартных климатических, метеорологических и других статистических данных и, таким образом, в большинстве случаев не требует проведения специальных натурных измерений, связанных со значительными трудностями и материальными затратами [7].

Проведенная верификация указанных моделей на примере региональных данных многолетних наблюдений показала их достаточную точность и адекватность для решения задач и достижения цели исследования.

Неотъемлемым структурным элементом общей схемы вовлечения НВИЭ в энергобаланс региона являются технологии преобразования НВИЭ. Современные наиболее перспективные технологии преобразования основных видов возобновляемой энергии (солнечной, ветра, биомасс, приливов и волн) рассмотрены в работах [5, 14].

Основные исследования в области развития НВИЭ направлены на снижение себестоимости преобразователей за счет повышения их КПД, снижения потребления материалов, повышения энергоемкости, использования органических материалов взамен дефицитного сырья.

Рассмотренные модели в сочетании с характеристиками технологий преобразования могут быть использованы как основа методики оценки эффективности размещения объектов нетрадиционной энергетики в исследуемом регионе.

Объем вовлекаемой энергии зависит от мощностей имеющихся энергетических установок по производству электроэнергии с использованием определенного вида технологии преобразования энергии, полученной от нетрадиционных источников, а также коэффициенты эффективности использования указанных мощностей. В качестве ограничений определено расхождение между стоимостью энергии, получаемой от НВИЭ по всем имеющимся в рассматриваемом регионе технологиям преобразования, и стоимостью энергии от традиционных источников. Также возможно включить в рассмотрение ограничение на допустимую площадь отчуждаемых земель при использовании определенной технологии преобразования энергии, последствия от воздействия на окружающую среду, ограничения возможных вариантов вовлечения по критерию затрат на создание объектов НВИЭ и т.д.

Для определения множества допустимых решений поставленной задачи предлагается следующий алгоритм [7, 14].

1. Определяется векторный критерий $F=(f_1, f_2, \dots, f_m)$, принимающий значения в пространстве m -мерных векторов R^m (f_1, f_2, \dots, f_m – числовые функции, определенные на R^m и задающие систему ограничений).

2. Формируется целевая функция $\max_{x \in X} F(x)$ и задаются ограничения

$$X = \{x \in R^n / f_j(x) \leq 0, j = 1, \dots, m, x_j \geq 0\}$$

3. Определяется множество всех эффективных решений по Парето $X_E = \{x \in X / \neg \exists \tilde{x} \in X : f_i(\tilde{x}) \geq f_i(x) \wedge f_i(\tilde{x}) \neq f_i(x)\}$.

4. Для каждого $x \in X_E$ определяется функция полезности $u(x)$.

4.1. Проверяются структурные условия независимости выбранных критериев.

4.2. Определяются одномерные функций полезности $u_j(x_j)$ на значениях критериев X_j ;

4.3. Определяются значения весовых коэффициентов k_j ($i=1, \dots, r$) как решения r независимых уравнений, в которых k_j являются неизвестными.

4.4. Определяется функция полезности $u(x)$. В общем виде формула для $u(x)$ (в случае взаимонезависимости критериев X_1, X_2, \dots, X_m , по полезности) имеет вид:

$$u(x) = \sum_{j=1}^m k_j u_j(x_j) + k \sum_{j=1}^m k_j k_i u_j(x_j) u_i(x_i) + \dots k^{m-1} k_1 k_2 \dots k_m u_1(x_1) u_2(x_2) \dots u_m(x_m),$$

где k – общая константа шкалирования, значение которой является решением уравнения $1 + k = \prod_{j=1}^m (1 + k k_j)$.

5. Определяется ожидаемая полезность каждого из рассматриваемых вариантов по формуле $E_j(u) = \int_x p(x_j) u(x) dx$. Если ожидаемая полезность одного варианта выше, чем другого, ему следует отдать предпочтение.

Результатом работы приведенного алгоритма является ранжирование вариантов вовлечения НВИЭ по их ожидаемой полезности.

Для реализации разработанной методики был создан программный комплекс «СИБУРЭН ККА 1.0» [9], который позволяет производить оценку возможных вариантов вовлечения НВИЭ в энергобаланс региона [2, 13].

Программа выполняет следующие основные функции:

- взаимодействие с распределенными базами данных;
- построение выборки данных для решения поставленной задачи на определенной территории;
- построение модели источников и потенциала НВИЭ;
- решение оптимизационной задачи;
- оценка предпочтения вариантов решения оптимизационной задачи;
- интерпретация результатов;
- адаптация модели к изменениям предметной области;
- взаимодействие системы с Windows-приложениями.

В качестве примера рассмотрено применение разработанной методики и программного комплекса для оценки использования возобновляемых источников энергии в энергосистемах Краснодарского края и Республики Адыгея. В результате работы программы получена таблица распределения возможных объемов вовлечения различных видов НВИЭ по районам Краснодарского края и Республики Адыгея. На ее основе выполнена графическая интерпретация (рисунок 2).

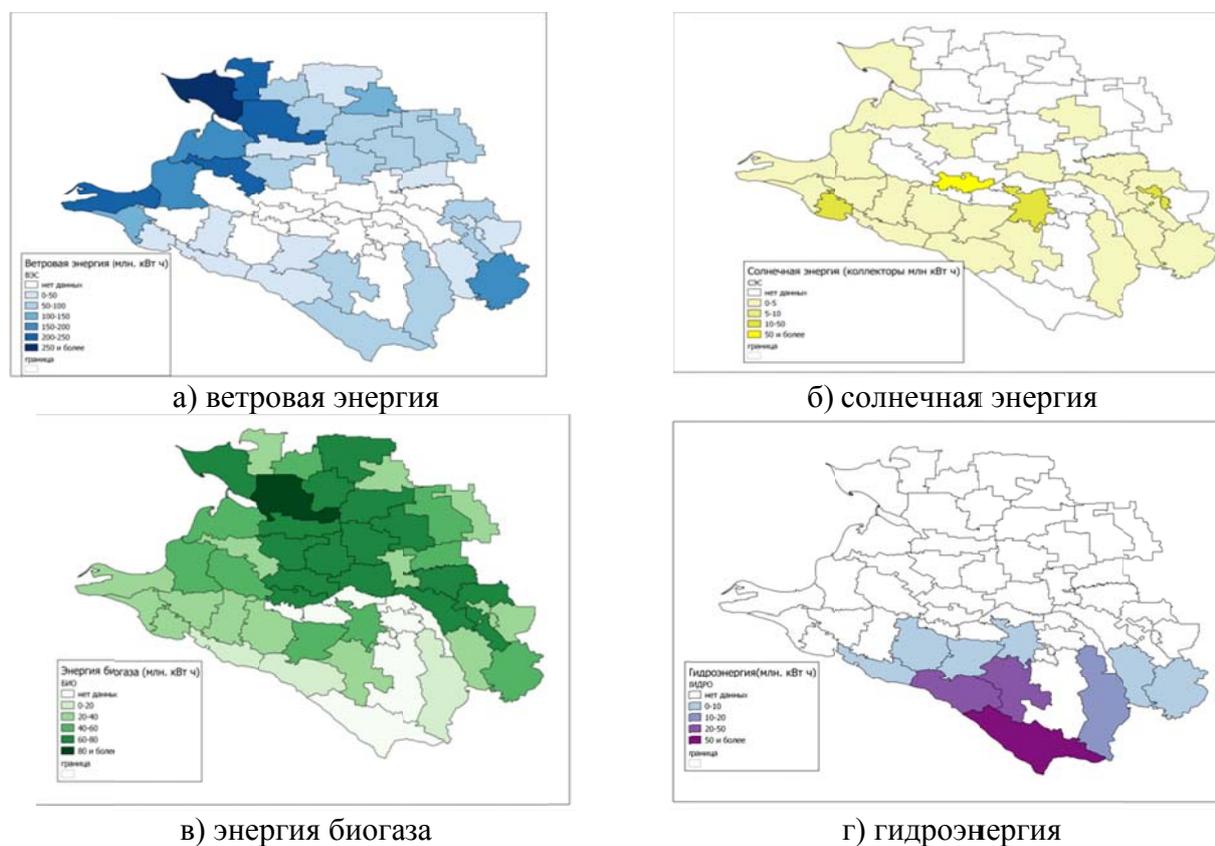


Рисунок 2 – Распределение возможных объемов вовлечения различных видов НВИЭ по районам Краснодарского края и Республики Адыгея

Наличие web-интерфейса существенно расширяет возможности программы по взаимодействию с удаленными источниками информации.

Предложенный методический подход может быть использован в качестве основы для разработки глобальной модели вовлечения НВИЭ в энергобаланс различных по величине территорий, перейти на 100% используемой энергии из возобновляемых источников к 2030 году. **Список литературы**

1. Богданов, Д. Энергосистема евразийского региона на базе возобновляемых источников энергии: оптимальная структура генерирующих и аккумулирующих мощностей / Д. Богданов, К. Брейер // Материалы конференции «Физико-химические проблемы возобновляемой энергетики», 2015, Санкт-Петербург, 2015

2. Бучацкий, П.Ю. Инструментальные средства геоинформационных систем для информационной поддержки этапов системного анализа / П.Ю. Бучацкий, В.В. Бучацкая // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2014. № 4 (147). С. 154-159.

3. Бучацкий, П.Ю. Математические модели как инструментальный системных исследований в энергетике / П.Ю. Бучацкий // Материалы IV Всероссийской научной конференция молодых ученых, 8-9 февр. 2007 г. Ч. 1. – Майкоп: Изд-во АГУ, 2007.

4. Бучацкий, П.Ю. Математическое моделирование НВИЭ как объекта системного исследования / Бучацкий П.Ю. // Материалы Всероссийской научной конференции по проблемам управления в технических системах. 2015. № 1. С. 60-62. – Санкт-Петербург: Изд. ЛЭТИ, 2015.

5. Бучацкий, П.Ю. Перспективные технологии преобразования возобновляемой энергии / П.Ю. Бучацкий // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. – Майкоп, 2012. – Вып. 4. – С. 210-216.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013660038 Программный комплекс оценки эффективности вариантов вовлечения нетрадиционных возобновляемых источников энергии в энергобаланс региона («СИБУРЭН-ККА 1.0») / П.Ю. Бучацкий, В.В. Бучацкая, В.С. Симанков, А.В.Шопин.

7. Симанков, В.С. Автоматизация системных исследований: монография / В.С. Симанков; Техн. ун-т КубГТУ. – Краснодар, 2002. – 376 с.

8. Симанков, В.С. Методология моделирования физических процессов в энергетических комплексах с нетрадиционными источниками энергии и оптимизация их параметров / В.С. Симанков, П.Ю. Бучацкий, А.В. Шопин // Труды физического общества Республики Адыгея. – Майкоп, 1998. – № 3. – С. 18-27.

9. Симанков, В.С. Моделирование инсоляции при управлении фотоветроэнергетическими системами / В.С. Симанков, П.Ю. Бучацкий, А.В. Шопин // Труды физического общества Республики Адыгея. – Майкоп, 2000. – № 5. – С. 67-72.

10. Симанков, В.С. Моделирование, синтез структур и оптимизация параметров автоматизированных энергетических комплексов с НВИЭ / В.С. Симанков. – Краснодар: КубГТУ, 1998. – 82 с.

11. Симанков, В.С. Моделирующий комплекс поступления энергии для оперативного управления автономными фотоветроэнергетическими системами / В.С. Симанков, П.Ю. Бучацкий, А.В. Шопин // Труды физического общества Республики Адыгея. – Майкоп, 2002. – № 7. – С. 13-21.

12. Симанков, В.С. Оценка эффективности вовлечения нетрадиционных возобновляемых источников энергии в энергобаланс региона / В.С. Симанков, П.Ю. Бучацкий // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. – Майкоп, 2012. – Вып. 2. – С. 123-132.

13. Симанков, В.С. Программный модуль определения возможных объемов вовлечения возобновляемой энергии в региональный энергобаланс / В.С. Симанков, П.Ю.

Бучацкий // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. – Майкоп, 2013. – Вып. 1. – С. 105-110.

14. Симанков, В.С. Системный анализ при решении структурных задач альтернативной энергетики: монография / В.С. Симанков, Т.Т. Зангиев; Ин-т совр. технол. и экон. – Краснодар, 2001. – 151 с.

15. Симанков, В.С. Формирование дерева целей и системы критериев эффективности в альтернативной энергетике на основе системного подхода / В.С. Симанков, П.Ю. Бучацкий // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. – Майкоп, 2007. – Вып. 4. – С. 39-48.

16. Системный анализ энергокритичных объектов / В.С. Симанков, Т.Т. Зангиев, В.А. Бутузов, П.Ю. Бучацкий, А.В. Шопин // Вклад фундаментальных исследований в развитие современной инновационной экономики Краснодарского края: материалы Всерос. конф. грантодержателей регион. конкурса РФФИ и администрации Краснодарского края «ЮГ РОССИИ». – Краснодар, 2007.

17. Теоретические исследования и системные решения развития альтернативной энергетики в Южном федеральном округе / В.С. Симанков, Т.Т. Зангиев, В.А. Бутузов, П.Ю. Бучацкий, А.В. Шопин, И.С. Децкин // Вклад фундаментальных исследований в развитие современной инновационной экономики Краснодарского края: материалы науч.-практ. конф. грантодержателей РФФИ и администрации Краснодарского края. – Краснодар, 2009.

18. Breyer, C. North-East Asian Super Grid: Renewable energy mix and economics [Electronic resource] / C. Breyer, D. Bogdanov, K. Komoto, T. Ehara, J. Song N. Enebish // Japanese Journal of Applied Physics 54, 08KJ01 (2015) – Access mode: <http://dx.doi.org/10.7567/JJAP.54.08KJ01>

СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ ЛАНДЫША ЗАКАВКАЗСКОГО В ЛЕСАХ АДЫГЕИ

Э.А. Сиротюк, Г.Н. Гунина

emiliya09@yandex.ru

*Майкопский государственный технологический университет
Россия, г. Майкоп*

Республика Адыгея расположена на Северо-Западном Кавказе – одном из наиболее сложных природных районов Кавказа с чрезвычайно разнообразным и уникальным растительным миром. Во флоре Адыгеи насчитывается около 2000 видов высших растений [1], среди которых встречается множество полезных для человека: лекарственных, пищевых, медоносных, технических, декоративных. В связи с интенсивным развитием рекреации в республике резко усилился сбор лекарственных и декоративных растений. Особенно сильно деградирует флора в окрестностях города Майкоп. Здесь становятся редкими обычные виды пригородных лесов; наблюдаются широкое распространение сорных видов и резкое сокращение численности видов со сложными консортивными связями. В этой связи многие полезные дикорастущие виды растений нуждаются в изучении запасов, сохранении генофонда, работах по размножению и восстановлению численности популяций. Одним из таких растений является ландыш закавказский – *Convallaria transcaucasica*, встречающийся в дубовых лесах

Адыгеи и являющийся, как и другие представители рода *Convallaria* L., высокодекоративным и ценным лекарственным растением.

Характеристику жизненного состояния особей растений, выполненную с опорой на морфометрические параметры, оценивающие рост и продукцию растений предложено называть виталитетом [2]. Термин «виталитет» подчеркивает, что особи различаются не только морфологическими особенностями, но и общей жизнеспособностью. В основе виталитетных типов ценопопуляций лежит распределение особей по классам виталитета. Ю.А. Злобин предложил методику деления особей в ценопопуляциях на три класса виталитета [3]. Особи первого, второго и третьего классов виталитета выполняют в фитоценозах разные функции. Особи первого класса составляют функциональную группу размножения, второго класса – основную, формирующую биомассу популяции, третьего класса – группу резерва, обеспечивающую устойчивость популяции и контроль за размерами реализованной экологической ниши. Особи высокой жизнеспособности, обеспечивающие воспроизводство, в наибольшей степени трансформируют среду обитания. Особи пониженного виталитета способны быстро заполнять появляющиеся при сукцессиях и нарушениях фитоценозов незанятые местообитания. Они в наибольшей степени обогащены мутациями и наиболее перспективны для микроэволюции.

Иерархия виталитета особей в ценопопуляциях складывается на ранних этапах роста и развития. В отличие от возрастных состояний виталитетное состояние особей обратимо и отличается значительным динамизмом. Анализ виталитета особей и виталитетной структуры популяций биологически и экологически информативен, позволяет раскрыть внутреннюю гетерогенность популяций и выявить их качественные типы. У некоторых видов эколого-фитоценотическое угнетение снижает внутреннюю гетерогенность популяций, что подтверждается результатами изучения внутривидовой изменчивости *Convallaria transcaucasica* [4, 5].

Объекты и методы исследования

Виталитетная структура популяций *Convallaria transcaucasica* изучена в дубовых лесах Республики Адыгея. Исследовано пять ценопопуляций вида (ЦП):

ЦП1 – в молодом насаждении на слитых черноземных почвах в равнинной части республики. Дрevesтой смешанный, порослевого происхождения. Напочвенный покров включает, преимущественно, виды разнотравья. Обилие ландыша достигает максимума (cop_{2-3}), цветущие растения составляют в ценопопуляции около 14%.

ЦП2 – на выположенной части хребта в зеленой зоне г. Майкоп в средневозрастном насаждении на серых лесных почвах. В насаждении преобладают деревья семенного происхождения. Живой напочвенный покров с общим проективным покрытием до 5% представлен разнотравьем. Обилие, численность и проективное покрытие ландыша незначительны. Цветущие растения составляют в ценопопуляции 2,6%.

ЦПЗ – в спелом насаждении на серых лесных почвах в Майкопском районе. Древостой одноярусный с преобладанием деревьев семенного происхождения. Подлесок разреженный. Напочвенный покров редкий. В насаждении обилие ландыша возрастает (cop_1), но цветущие растения встречаются очень редко.

ЦП4 – на свежих серых лесных почвах в спелом разреженном насаждении среднегорного пояса (на юго-западном склоне) в Майкопском районе. Насаждение по составу чистое с преобладанием деревьев семенного происхождения, двухъярусное по структуре. Ландыш распределен в травяном покрове равномерно со средним обилием ($sp - cop_1$), цветущие растения составляют в ценопопуляции около 4%.

ЦП5 – на темно-серых лесных почвах в приспевающем насаждении в Майкопском районе, образованном деревьями семенного происхождения. Древостой одноярусный. В насаждении обилие ландыша возрастает ($sp - cop_1$), цветущие растения составляют в ценопопуляции 14,5%.

Для определения типа виталитетной структуры ценопопуляций использовался двумерный подход, предложенный Ю.А. Злобиным [3]. Оценка виталитета генеративных особей проведена по двум морфометрическим параметрам: площади листовой поверхности и длине цветочной стрелки. Выборки по виталитету особей отнесли к трем классам виталитета: первому (а); второму (b); третьему классу (с). Частоты встречаемости особей того или иного класса были преобразованы в частоты и представлены в виде гистограммы. Частоты находили по формуле:

$$\omega = n_1 / N,$$

где n_1 – число особей данного класса виталитета в выборке; N – общий объем выборки.

При построении гистограммы на оси абсцисс откладывались классы виталитетного состояния особей, а на оси ординат – частоты. Индекс виталитетности определялся по формуле:

$$Q = \frac{1}{2} (a+b),$$

где «а» и «b» – частоты первого и второго классов виталитета.

Результаты исследования

Ю.А. Злобин выделяет три основных виталитетных типа ценопопуляций [3]. Процветающие ценопопуляции характеризуются преобладанием особей первого класса виталитета. Критическое условие их выделения $Q = \frac{1}{2} (a+b) > c$. Равновесные ценопопуляции характеризуются равенством встречаемости особей первого, второго и третьего классов виталитета. Для них $Q = \frac{1}{2} (a+b) = c$. Депрессивные ценопопуляции характеризуются преобладанием особей третьего класса виталитета. Критическое условие их выделения $Q = \frac{1}{2} (a+b) < c$.

Виталитетные спектры исследованных ценопопуляций оказались разными. В таблице приведено распределение растений по классам виталитета и индексы качественного состояния ценопопуляций *Convallaria transcaucasica*. На основании количественных данных нами построены

гистограммы виталитетных спектров ценопопуляций *Convallaria transcaucasica* (рис.). Различные типы гистограмм соответствуют разным структурным типам ценопопуляций.

Анализ полученных данных показывает, что ценопопуляции содержат гетерогенные по виталитету наборы особей. В ЦП1 и ЦП3 преобладают особи низших классов виталитета, в ЦП2 – высших, в ЦП5 – низших и высших, в ЦП4 особи равномерно распределены по классам виталитета.

Наивысшее значение критерия Q было получено для ЦП2 (табл. 1). Индекс виталитетности ($Q > c$) составляет 0,400 и превышает степень равновесности (0,333). Поэтому ЦП2, расположенную в средневозрастном свежем грабово-дубовом насаждении, можно отнести к процветающим ценопопуляциям. Как видно из рисунка, рассматриваемой ценопопуляции соответствует виталитетный спектр с левосторонней асимметрией, что свидетельствует о приближении условий местообитания к фитоценоотическому оптимуму. Особи высокой жизненности (класса «а») составляют в ценопопуляции $\omega(a)=0,600$. Относительные плотности распределения особей классов виталитета «b» и «с» равны ($\omega=0,200$). Известно, что чем благоприятнее для ценопопуляции экологический режим, тем более выражена левосторонняя асимметрия виталитетных гистограмм, обусловленная повышенной долей в них особей высокой жизнеспособности. Ценоотические стрессы ведут к увеличению правосторонней асимметрии и депрессивности популяции.

К равновесному типу можно отнести ЦП4, расположенную в спелом буково-грабово-дубовом насаждении на свежих серых лесных почвах, на склоне юго-западной экспозиции. Индекс виталитетности ($Q = \frac{1}{2} (a+b) = c$) равен степени равновесности и составляет 0,333. Рассматриваемой ценопопуляции соответствует диаграмма, обладающая центральной тенденцией, отражающей степень концентрации вариантов вокруг среднего класса градации, что свидетельствует о нормальном распределении особей в ней (рис. 1). Частоты классов распределились в соотношениях: $\omega(a)=0,300$, $\omega(b)=0,367$, $\omega(c)=0,333$ (табл.). Особи промежуточного класса «b» формируют основную биомассу ценопопуляции.

Первая и третья ценопопуляции *Convallaria transcaucasica* (ЦП1, ЦП3) формируют виталитетные спектры с выраженной правосторонней асимметрией распределения, обладают третьим уровнем жизненности, то есть являются депрессивными (табл. 1, рис. 1). Индекс виталитетности ($Q = \frac{1}{2} (a+b) < c$) составляет 0,250 в ЦП1 и 0,167 в ЦП3. В ЦП3 наблюдается максимальное число особей класса виталитета «с» ($\omega = 0,667$), которое в пять раз превышает число особей высокой жизнеспособности, то есть первого класса виталитета ($\omega(a) = 0,133$). В ЦП1 особи пониженной жизнеспособности составляют 0,500, что в три раза больше особей с первым уровнем жизненности – $\omega(a)=0,167$. Особи промежуточного класса «b» в ЦП1 и ЦП3 составляют 0,333 и 0,200 соответственно.

Таблица 1

Виталитетная структура и индексы качественного состояния ценопопуляций
Convallaria transcaucasica (N=30)

№ ЦП	Возраст насаждения	Высота над у.м., м	I класс «а»	II класс «b»	III класс «с»	Q	Виталитетный тип ЦП	P, экз./м ²
			$\frac{n}{\omega}$	$\frac{n}{\omega}$	$\frac{n}{\omega}$			
ЦП1	Молодое	216	$\frac{5}{0,167}$	$\frac{10}{0,333}$	$\frac{15}{0,500}$	0,250	депрессивная	71,0
ЦП2	Средне-возрастное	292	$\frac{18}{0,600}$	$\frac{6}{0,200}$	$\frac{6}{0,200}$	0,400	цветущая	14,0
ЦП3	Спелое	233	$\frac{4}{0,133}$	$\frac{6}{0,200}$	$\frac{20}{0,667}$	0,167	депрессивная	35,6
ЦП4	Спелое	350	$\frac{9}{0,300}$	$\frac{11}{0,367}$	$\frac{10}{0,333}$	0,333	равновесная	25,5
ЦП5	Приспевающее	317	$\frac{14}{0,467}$	$\frac{5}{0,167}$	$\frac{11}{0,367}$	0,317	депрессивная	25,7

Примечание: n – число особей данного класса виталитета; ω – частоты (частота встречаемости особей того или иного класса, выраженная в долях единицы); Q – индекс виталитетности (качественного состояния ценопопуляции); P – популяционная плотность.

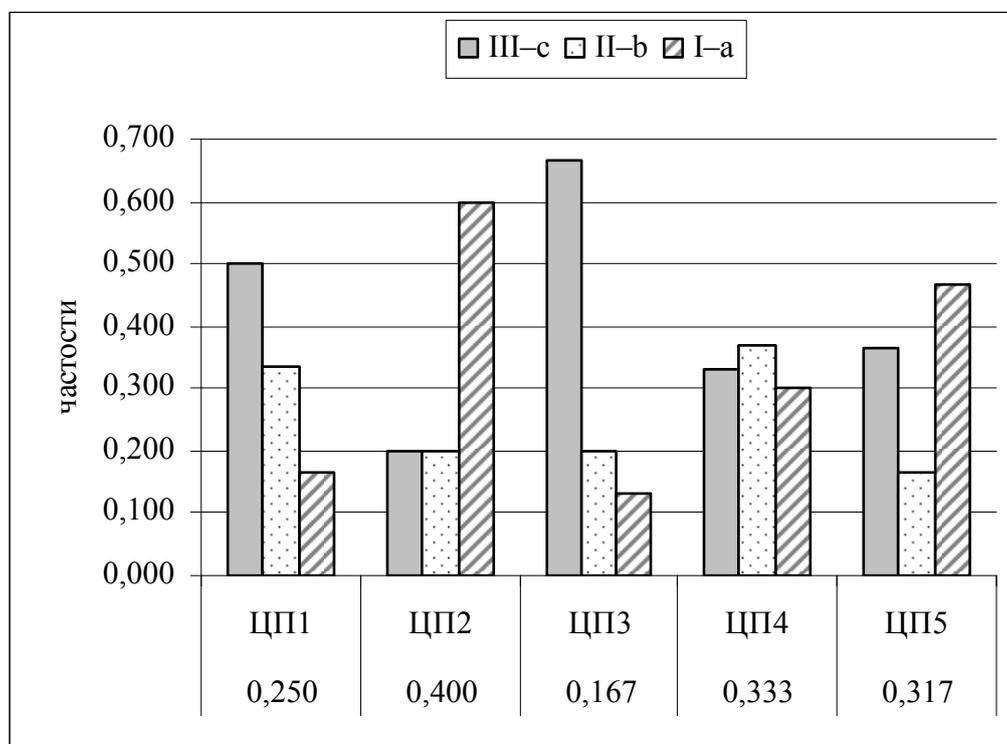


Рис. 1. Виталитетные спектры ценопопуляций *Convallaria transcaucasica*. По оси абсцисс – индексы виталитетности.

Как видно из таблицы 1 и рисунка 1, в ЦП5 преобладают особи высокой жизнеспособности $\omega(a)=0,467$. Особи пониженной жизнеспособности составляют 0,367, а промежуточного класса виталитета – 0,167. Хотя особи первого и второго класса виталитета в ценопопуляции составляют значительную часть, индекс виталитетности несколько ниже степени равновесности (0,333) и равен 0,317 ($Q = \frac{1}{2} (a+b) < c$). На наш взгляд, ЦП5 приближена к типу равновесных ценопопуляций, хотя и имеет тенденцию к депрессивности, что вероятно является реакцией особей на усиление антропогенного воздействия, сопровождающееся перемещением части особей из промежуточного класса виталитета в низший.

Нами также была изучена корреляционная связь между двумя параметрами: популяционной плотностью и индексом виталитетности. Коэффициент корреляции оказался равным -0,578. Такая величина коэффициента корреляции означает, что между рассматриваемыми признаками существует тесная отрицательная связь, то есть большим значениям индекса виталитетности соответствуют меньшие значения популяционной плотности ($t=1,22$ при $t_{st}=0,99$, $p<0,001$).

Результаты исследования виталитетной структуры ценопопуляций *Convallaria transcaucasica* позволяют сформулировать следующие **выводы**. У *Convallaria transcaucasica* существует зависимость качественного состояния ценопопуляции от ее плотности. Чем ниже популяционная плотность, тем выше индекс виталитетности ценопопуляции. Ценопопуляции вида содержат гетерогенные по виталитету наборы особей и формируют различные виталитетные спектры (с центральной тенденцией, левосторонней и правосторонней асимметрией распределения). По виталитетной структуре нами выделены процветающая, равновесная и депрессивные ценопопуляции *Convallaria transcaucasica*.

Список литературы

1. География Республики Адыгея / Под ред. А.Ш. Бузарова. Майкоп: Адыг. респ. кн. изд-во, 2001. 200 с.
2. Злобин Ю.А. Ценоотические популяции растений. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1984. 51 с.
3. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценоотических популяций растений. Казань: Изд-во КГУ, 1989. 146 с.
4. Гунина Г.Н., Сиротюк Э.А. Внутривидовая изменчивость *Convallaria transcaucasica* Utkin ex Grossh. в лесных фитоценозах Северо-Западного Кавказа: Матер. VII Межд. науч.-практ. конф. «Экологические проблемы современности». Майкоп: Изд-во ООО «Качество», 2006. С. 285-286.
5. Сиротюк Э.А., Гунина Г.Н. Внутривидовая изменчивость *Convallaria transcaucasica* Utkin ex Grossh. в предгорных лесах Адыгеи // Вестник АГУ. Выпуск 1 (176). 2016. № 1. С. 42-54.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ПОСРЕДСТВОМ УТИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ

В.Ю. Скуднев, В.Ю. Бузько, И.И. Шамрай, И.О. Мартыненко

skudnev_vs@mail.ru

Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

Электрохимические элементы питания имеют очень широкое использование в различных областях человеческой деятельности. При их производстве в большом количестве расходуются ценные цветные металлы (литий, цинк), а также никель и марганец. Текущие способы утилизации отработанных электрохимических элементов питания основаны на поточной переработке и переводе основных металлических компонентов в сырьевые материалы для металлургии или для производства компонентов новых электрохимических батарей.

Нами рассмотрены различные варианты утилизации наиболее распространенных неперезаряжаемых электрохимических элементов питания типов АА и ААА в разные функциональные наноматериалы. Такими ценными наноматериалами могут служить: наноразмерные оксиды металлов, ферриты, манганиты.

Нами установлено, что использование водного нитрат-ацетатного метода переработки анодной массы марганцево-цинковых щелочных батареек позволяет эффективно получать наноразмерный оксид цинка с размером частиц от 15 до 40 нм, пригодный для использования в водоочистке или для производства пигментов с высокой кроющей способностью. Также возможно получение пирохимическим нитрат-ацетатным методом наноразмерного магнитного феррита цинка ($ZnFe_2O_4$), имеющего высокие перспективы использования для магнитной сепарации биоматериалов и водоочистки загрязненных промышленных и бытовых стоков с применением магнитного поля.

При переработке анодной массы марганцево-цинковых щелочных батареек наиболее оптимально использование восстановления диоксида марганца и $MnO(OH)$ до двухвалентного состояния иона $Mn(II)$ щавелевой кислотой с последующим выделением осажденного оксалата марганца или альтернативным получением концентрированного раствора $Mn(NO_3)_2$. Дальнейшее использование марганец-содержащих продуктов позволяет получать: наноразмерный гаусманит Mn_3O_4 с размером частиц от 15 до 45 нм для использования в водоочистке и фотокатализе; цинк-марганцевые ферриты с размером суперпарамагнитных и однодоменных магнитных наночастиц от 15 до 65 нм, имеющие высокие перспективы использования для использования в материалах для электромагнитного экранирования и водоочистки с применением магнитного поля. Также оказывается возможным получение наноразмерных манганитов типа $La_{1-x}Zn_xMnO_3$ с колоссальным магнитосопротивлением и магнитных соединений типа $La_{0.8}Ca_{0.2}MnO_3$ и $La_{0.6}Sr_{0.4}MnO_3$ с размерами наночастиц от 20 до 60 нм для

использования в качестве низкостоимостных радиопоглощающих и радиоэкранирующих материалов для ближнего СВЧ-диапазона. Наноразмерные манганиты состава $\text{La}_x\text{Sr}_{1-x}\text{MnO}_3$ ($x = 0.6-0.8$) также высокоперспективны в качестве фотокатализаторов видимого светового диапазона для распада органических красителей и биотоксикантов.

Важно отметить, что при переработке марганцево-цинковых щелочных электрохимических элементов оказывается практически возможным целевое получение гибридных оболочечных магнитно-флуоресцентных наночастиц семейства составов $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3@\text{ZnO}$ пригодных для создания низкостоимостных тонкопленочных химических газовых сенсоров.

ДИНАМИКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА ПО ДАНЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В 2015-2016 ГГ.

В.И. Сычев

vsychev@rshu.ru

*Российский государственный гидрометеорологический университет
Россия, г. Санкт-Петербург*

Климатические и погодные изменения последних лет наряду с другими факторами в значительной степени влияют на водный режим водохозяйственного комплекса, расположенного в бассейне реки Кубань на Северном Кавказе. Такие изменения особенно существенно выразились в 2015-2016 гг. во влиянии на состояние водного баланса водохранилищ, их площади, объема воды и других характеристик. Основными составляющими комплекса являются Федоровский и Белореченский подпорные гидроузлы, Тиховский вододелительный гидроузел, четыре крупных водохранилища: Краснодарское, Шапсугское, Крюковское, Варнавинское, предназначенные для снабжения водой оросительных (в первую очередь, рисовых) и рыбомелиоративных систем, регулирования паводкового стока, предупреждения катастрофических наводнений

В водохранилищах, озёрах и прудах Краснодарского края и Республики Адыгея аккумулировано запасов воды около 2,5 млрд. м³. Основным водным бассейном Краснодарского края и Республики Адыгея является река Кубань. Суммарный полезный объем, зарегулированный 148 водохранилищами, составляет 2,7 куб. км, значительная доля которого (2,2 куб. км) приходится на Краснодарское водохранилище, расположенное в среднем течении реки. Основное назначение водохранилища – обеспечить орошение более 200 тыс. га сельскохозяйственных земель, защитить от наводнений около 600 тыс. га сельхозугодий в низовьях Кубани, обеспечить рыбонерестовые и транспортные попуски в устьевые участки Кубани и Протоки. Крюковское (0,1 куб. км), Варнавинское (0,02 куб. км) и Шапсугское (0,13 куб. км) водохранилища, регулирующие сток закубанских рек, используются для орошения земель и защиты сельскохозяйственных угодий от наводнений. Назначение других менее крупных водохранилищ – ирригация и рыборазведение [1].

Краснодарское водохранилище расположено в среднем течении реки Кубань на 248 км от устья, непосредственно выше города Краснодар и контролирует более 95% всего стока бассейна. Чаша водохранилища находится на территории двух субъектов Российской Федерации: Республики Адыгея (87 % площади) и Краснодарского края (13 % площади) и простирается на пойменных землях реки Кубань от станицы Воронежская до города Краснодар. Краснодарское водохранилище – крупнейший искусственный водоём на Северном Кавказе – было построено в 1973 г., выведено на проектный режим эксплуатации в 1975 г. По состоянию на 2017 г. водохранилище находится в эксплуатации 42 года. Площадь зеркала водохранилища составляет 397,8 км², средняя глубина – 5 м, максимальная – до 18 м у плотины. Другие характеристики приведены в табл.1. Краснодарское водохранилище контролирует 96% годового стока реки Кубань и предназначено для: срезки пиков паводков с целью ликвидации угроз наводнения на территории общей площадью 600 тыс. га с населением около 300 тыс. человек; обеспечения коммунального, сельскохозяйственного и промышленного водоснабжения; обеспечения водой рисовых оросительных систем; обеспечения попусков воды на устье реки Кубань и ее правого рукава Протока для нерестовых миграций осетровых, рыба и др.; подачи пресной воды на рыбоводные хозяйства площадью около 150 тыс. га в Приазовских лиманах; улучшения условий судоходства на реке. Кубань и рукаве Протока на протяжении более 400 км [1].

За годы эксплуатации Краснодарского водохранилища вследствие русловых процессов происходит постоянное понижение уровня воды в реке Кубань, следовательно, появляется опасность нарушения режима в нижнем бьефе.

Таблица 1. Основные характеристики Краснодарского водохранилища.

Уровень мёртвого объема УМО		Нормальный подпорный уровень НПУ		Форсированный подпорный уровень ФПУ	
Уровень, м	Объем, млн. м ³	Уровень, м, БС (Н _{нпу})	Объем, млн. м ³ (V _{нпу})	Уровень, м	Объем, млн. м ³
25,85	192	32,75 (33.65 по проекту)	1798 (2149 по проекту)	35,23	2794

Краснодарское водохранилище, являясь составной частью Кубанского водохозяйственного комплекса, обеспечивает регулирование речного стока для оптимального его использования в народном хозяйстве. За время эксплуатации водохранилища произошли существенные изменения в чаше бывшего Тщикского водохранилища – оно оказалось практически изолированным от западной части Краснодарского водохранилища, а в устьевой части реки. Белая образовался залесенный водораздел, отгораживающий реку от водохранилища. Заиление чаши бывшего Тщикского водохранилища идёт значительно активнее, чем на остальной площади, мощность иловых отложений выросла здесь до 2,0-2,5 м. В результате начатых в 2011 г. наблюдений за состоянием берегов и режима

использования водоохраных зон водохранилища на обследуемых участках были выявлены процессы боковой эрозии и оползневые процессы.

Наполнение водохранилища начинается, примерно, с середины ноября и длится до мая-июня, после чего идёт его сработка и уровень воды в водохранилище понижается. Минимальные уровни наблюдаются в сентябре – январе. Сбросные расходы в нижний бьеф определяются заявками водопотребителей, наличием запасов воды в водохранилище, притоком воды по рекам, впадающим в водохранилище, боковой приточностью ниже водохранилища и пропускной способностью русла ниже водохранилища. Краснодарское водохранилище изменило гидрологический режим нижней Кубани зарегулированием как жидкого, так и твёрдого стока, что ускорило процесс глубинной эрозии. Заметное влияние водохранилища на глубинную эрозию и снижение отметок дна в реке наблюдается на участке протяженностью 50 км (от плотины до аула Афипсип).

Варнавинское и Крюковское водохранилища, расположенные в левобережной пойме реки Кубань, используются, в основном, для орошения и срезки пиков высоких паводков. Вместе с Краснодарским водохранилищем и системой обвалования рек Кубани и Протоки они входят в единый водохозяйственный комплекс противопаводковой защиты Нижней Кубани.

Нормальный подпорный уровень (НПУ) Варнавинского водохранилища - 9,5 м. Полный объём водохранилища при НПУ - 160 млн м³, полезный – 40 млн м³, площадь водного зеркала при НПУ 45,2 км², длина водохранилища 11 км, ширина – 4,23 км, преобладающие глубины 1,5–2 м. Площадь водосбора 984 км². Среднегодовой сток 366 млн. м³. В Варнавинское водохранилище впадают реки Адагум и Абин, а реки Куафо, Шибс, Шибик являются их притоками. К 2011 г. мощность заиления ложа водохранилища достигла 1 м в зоне впадения рек Абин и Адагум. Варнавинское водохранилище при необходимости принимает сбросные воды Крюковского водохранилища, у которого нет автономного сброса. Для функционирования водохранилища в требуемом режиме необходимо выполнение работ по удалению наносов.

Крюковское водохранилище построено в 1967–1972 гг. на месте плавневых топей, непроходимых кустарников, так называемых бросовых земель, расположено на бывшем Крюковском лимане, в Северском районе Краснодарского края, в 17 км к северу от станции Северская, используется для орошения и срезки пиков высоких паводков, а также для водоснабжения Крюковской оросительной системы и рыбного хозяйства. Входит в единый водохозяйственный комплекс противопаводковой защиты Нижней Кубани. Образовано водоградительными дамбами на месте Крюковского лимана и прилегающих к нему земель. Общая длина дамбы, опоясывающей водохранилище, составляет 23,37 км. Водоем создан с целью регулирования паводков нескольких рек – Иль, Песчанка, Бугай, Ахтырь, Эйбза, Бугундырь и Сухой Хабль, который является продолжением Нагорного канала с объёмом притока 18,5 тыс. м³. Основной объём сбрасываемых из

водохранилища вод осуществляется по Крюковскому сбросному каналу протяженностью 21,5 км и шириной по дну 6-30 м в объеме 418 тыс. м³. Нормальный подпорный уровень (НПУ) 14,4 м. Полный объем водохранилища при НПУ 111 млн. м³, полезный – 100,4 млн. м³, максимальный - 203 млн. м³, площадь водного зеркала при НПУ – 40,2 км², длина водохранилища около 8 км, ширина – 5,7 км, средняя глубина – 3,2 м, максимальная – 3,9 м. Водоохранилище состоит из нескольких объектов: водосбросное, водозаборное, рыбнозаградительное, лесозащитное, сбросное, подпитывающее сооружения. В состав водохранилища включены насосные станции и несколько дамб – западная, северная и юго-восточная. Вода в водохранилище относится к классу умеренно-загрязненных. В воде в большом количестве присутствует коряжник.

Кроме перечисленных в Краснодарском крае эксплуатируются Неберджаевское водохранилище, водохранилище Белореченской ГЭС и Ганжинское водохранилище, но их описание их состояния остается вне настоящей статьи.

Основной проблемой в обеспечении безопасности гидротехнических сооружений Краснодарского водохранилища является необходимость их реконструкции с целью соответствия действующим нормативным документам, в том числе с целью повышения класса капитальности до первого. В настоящее время ГТС Краснодарского водохранилища имеют нормальный уровень безопасности. Крюковское и Варнавинское водохранилища находятся в работоспособном состоянии, но имеют пониженный уровень безопасности [2].

К наиболее значимым и информативным направлениям обеспечения данными при непрерывном освещении обширных территорий водохранилищ и водосбора рек в условиях дефицита сетевых натуральных наблюдений за состоянием их вод относится использование космических снимков, которые предназначены для выявления фактических площадей водных объектов, характера распространения речных наносов по акватории водохранилища в зависимости от режима и объема твердого стока. Такие сведения в сочетании с результатами наблюдений за разные даты натурной съемки позволяют оценивать масштабы и скорость заиления водоема. Полученная информация является важной для решения различных водохозяйственных задач, в частности, получения прогностической оценки пропускной способности водохранилища при его интенсивном заилении.

Анализ спутниковых изображений района Краснодарского, Крюковского, Варнавинского и Шапсугского водохранилищ позволил показать их состояние при нормальном подпорном уровне (32,75 м абс.), а также при значительном его понижении и в случаях чрезвычайных ситуаций на водных объектах.

Например, в начале 2015 г. уровень воды в Краснодарском водохранилище составлял 28,69 м, объем (V) - 648 млн. м³. В соответствии с Правилами использования водных ресурсов Краснодарское водохранилище в

начале года обычно работает в режиме наполнения. При выпадении сильных осадков 12 января 2015 г. произошел подъем уровня воды и разливы рек на территории Абинского и западных районах Краснодарского края, в результате чего произошли частичные подтопления некоторых территорий. Жертв и разрушений не было. На рис. 1 приведены данные Landsat 8 Oli от 15 января до 30 октября 2015 г.

После сильных осадков приток воды в Краснодарское водохранилище, часть которого была покрыта льдом, с 12 по 15 января увеличивался от 209, 394, 546 до 800 м³/сек, сброс оставался в пределах 101-102 м³/сек, уровень воды вырос незначительно от 29,63 до 30,04 м абс, (нормальный подпорный уровень 32,75 м абс.), объем воды в водохранилище изменялся от 855, 893 до 953 млн. м³. Чрезвычайные ситуации на водных объектах не наблюдались. На рис. 1 а) по данным Landsat 8 Oli от 15 января в восточной части снимка на суше присутствует снежный покров, Краснодарское водохранилище частично покрыто льдом.

К концу марта уровень воды в водохранилище составлял 31,98 м, объем 1512 млн. м³. Промежуточным значениям от 15 января и 20 марта (табл. 2) соответствуют спутниковые данные Landsat-8 Oli, приведенные на рис. 1 а), б).

В табл. 2 приведены характеристики Краснодарского водохранилища в 2015 г., соответствующие спутниковым снимкам на рис.1. Заметим, что на снимке высокого разрешения от 25 марта (приток 156 м³/сек, сброс 110 м³/сек уровень воды 31,91 м абс и объем воды в водохранилище 1489 млн.м³) при уровне на 74 см ниже НПУ залив у станицы Старокорсунская все еще соединен узким проливом с Краснодарским водохранилищем (рис.2). Цвет воды реки Белая и протоки отличается от воды реки Кубань, цвет которой на расстоянии около 1 км возвращается к исходному. В южной части снимка цвет минеральной взвеси Белой характеризует растущий приток воды в водохранилище.

В начале апреля уровень воды в Краснодарском водохранилище составлял 31,99 м (V=1517 млн. м³), началось таяние снега в горах, и увеличился средний приток. В дальнейшем средний сброс был ниже притока, что привело к увеличению емкости водохранилища. Из-за обильного выпадения осадков на реках бассейна р. Кубань, в юго-восточной части Краснодарского края в мае прошли паводки, которые сопровождались увеличением среднего притока в водохранилище. Это способствовало поднятию уровня в верхнем бьефе водохранилища выше отметки НПУ. В табл.2 приведены уровень (32,12 м), и объем воды в водохранилище (1563 млн. м³) 23 мая 2015 г., а соответствующее им спутниковое изображение Landsat-8 Oli - на рис. 1 в). Из-за отсутствия осадков летом на реках бассейна реки Кубань, средний сброс был выше притока, что привело к уменьшению емкости водохранилища.

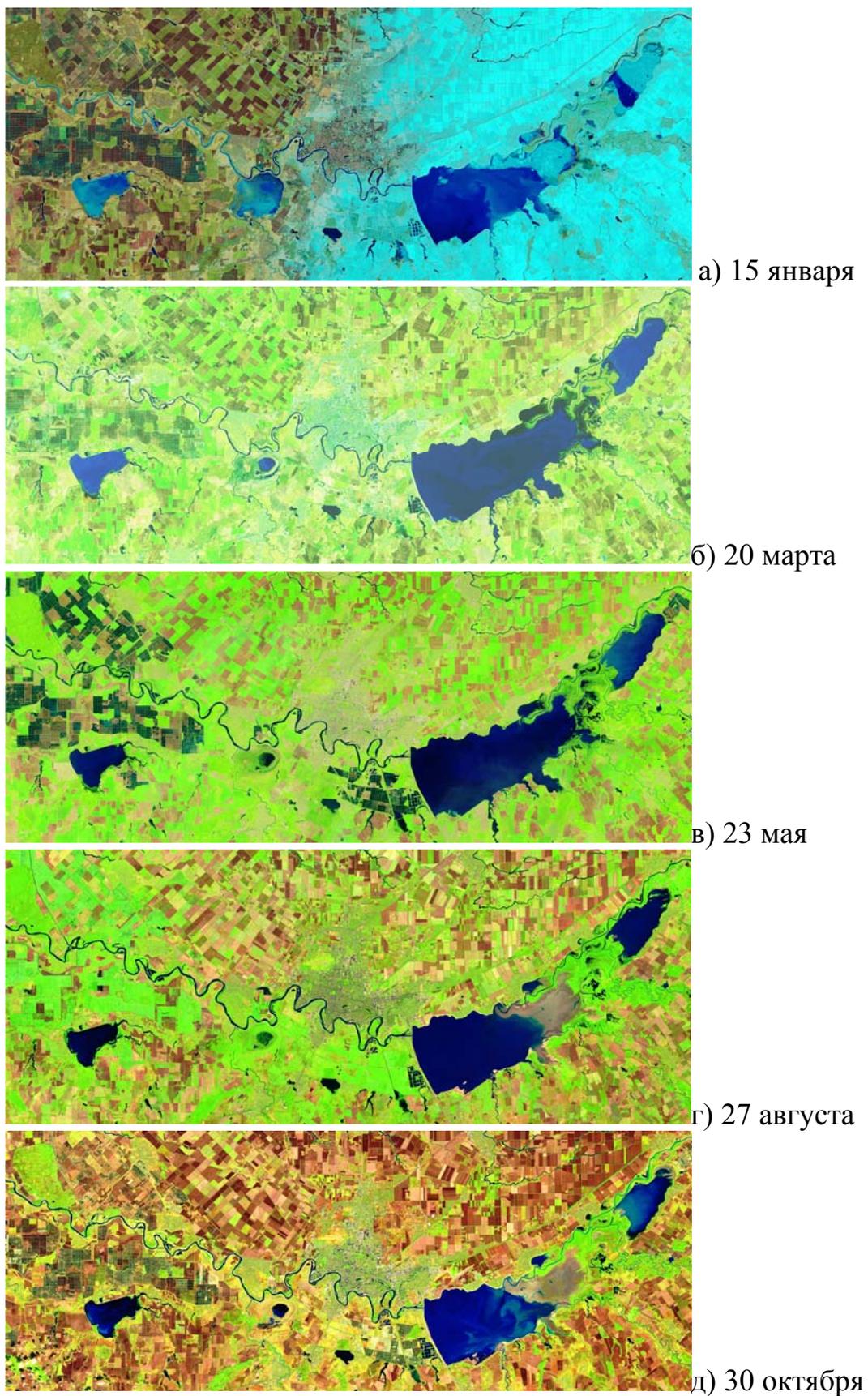


Рис. 1. Динамика берегов Краснодарского, Шапсугского и Крюковского водохранилищ по данным Landsat 8 OLI в 2015 г.

Таблица 2. Водохозяйственная обстановка в зоне Краснодарского водохранилища в 2015 г. (нормальный подпорный уровень 32,75 м, абс.).

Краснодарское водохранилище	15.01	20.03	23.05	27.08	28.09	30.10
Приток воды, м ³ /сек	800	105	506	44	61	426
Сброс, м ³ /сек	103	102	617	425	80	123
Уровень воды, м, абс.	30,04	31,85	32,12	27,77	25,97	26,99
Объем воды, млн. м ³	953	1468	1563	476	206	347



Рис. 2. Северная часть Краснодарского водохранилища 25 марта 2015 г. (Image2016©DigitalGlobe): протока (1) между Белой (2) и Кубанью (3), залив у станции Старокорсунская (4), выносные дельты рек Кубань (5) и Белая (6).

К концу сентября по данным Кубанского БВУ зафиксирован один из самых низких за последние годы уровень воды в водохранилище 25,93 м ($V=199$ млн. м³), а 28 сентября наблюдался близкий к минимальному уровень 25,97 м (табл.2), что на 6.90 м ниже НПУ и всего лишь на 0.12 м выше уровня мертвого объема (УМО), равного 25.85 м. На рис. 3 приведен снимок Landsat-8 Oli, иллюстрирующий продвижение границы закрепленных русловых валов реки Кубань, которая при значениях уровня, близких к НПУ образует небольшой прибрежный залив на рис.2. Однако по мере понижения уровня у станции Старокорсунская остается изолированный от водохранилища водоем, с уменьшающейся поверхностью. Выносная дельта Кубани при этом продолжает перемещаться к западу. Только река Пшиш, несмотря на заиление эстуария, восстановила русло, и, как и Кубань, несет воду в водохранилище. Выносная же дельта реки Белая при значениях уровня, близких к НПУ, сбрасывавшая воду в водохранилище (рис.2), не достигает его.



Рис. 3. Динамика береговой зоны Краснодарского водохранилища по данным Landsat 8 Oli 28 сентября 2015 г.

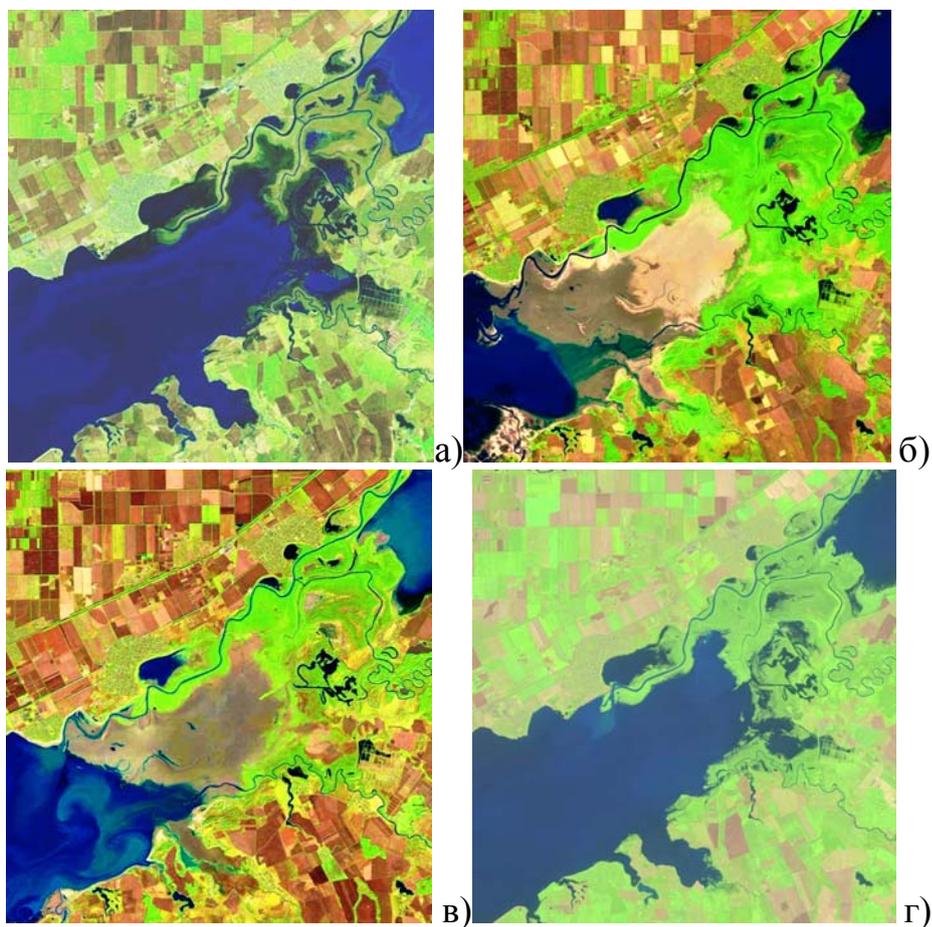


Рис. 4. Перемычка между Краснодарским и Тшикским водохранилищами по отконтрастированным данным Landsat 8 Oli: а) 20 марта, б) 28 сентября, в) 30 октября 2015 и г) 28 июля 2016 г.

Для оценки характера заиленности водохранилища использовался космический снимок от 28 июля 2016 г. Уровень воды в водохранилище на момент съемки (по данным Кубанского БВУ) составлял 32.87 м и превышал

НПУ на 12 см. Выносная дельта Белой продолжала формировать мощную перемычку. Ее обсохшие участки покрыты сплошным покровом растительности. Воды реки Кубань при росте площади перемычки прорезают илистые отложения в местах своего старого русла, существовавшего до его затопления водохранилищем. Ею полностью восстановлен участок русла от станицы Васюринская до станицы Старокорсунская, сформированы и закреплены древесной растительностью прирусловые валы, на выходе из зоны перемычки река Кубань продолжала формировать свою выносную дельту из приносимых ею наносов. Река Белая, сформировав свое новое русло почти параллельно Кубани в сторону плотины, способствует росту перемычки в этом же направлении.

У небольшой протоки, соединяющей реку Белая с Кубанью, меняется цвет воды, в зависимости от которого можно судить об интенсивности поступления наносов и, следовательно, о величине стока. Протока, которая соединяла Белую с Тщикским водохранилищем, оставалась единственным водотоком, питающим водоем, как во время паводков, так и в сравнительно маловодные периоды. Зоны распространения речного стока, выраженные минеральной взвесью, реже прослеживаются на акватории Тщикского водохранилища при уровне близком к НПУ и ниже. Даже при уровне близком к НПУ на рис.4 а), г), а тем более при низком уровне (ниже НПУ на 6 м) на рис. 4 б), в) протока из реки Белая не достигает Тщикского водохранилища. В итоге площадь водохранилища заметно уменьшается.

Значительное понижение уровня позволило обнаружить массивы мокрых иловых отложений, занимающих все ложе водохранилища. Причем их поверхность значительно отличается от спутниковых данных, приведенных в работах [2, 3, 4]. По различиям цветовой гаммы и структуре изображения можно определить илистые отложения на разных стадиях увлажнения, обсыхания, зарастания кустарниковой или травянистой растительностью. Например, отчетливо выделяется стадия обсыхания ложа водохранилища на рис. 4 б) и стадия увлажнения на рис. 4 в).

Показательной является эксплуатация Шапсугского водохранилища, которое находится в ведении Минсельхоза. На рис. 5 а), б) показано состояние водохранилища при его эксплуатации в 1984 и 1985 гг. В 1997 г. оно было признано «аварийным» и выведено из эксплуатации. Сброс паводковых вод через Шапсугское водохранилище осуществляется транзитом непосредственно в реку Кубань ниже г. Краснодара. Остаточный объем воды уменьшается (за счет уменьшения притока и испарения), а сбросной расход из него не превышал $1 \text{ м}^3/\text{сек}$.

В 2015 г. уровень воды в водохранилище колебался в пределах границы УМО - 17,44 м (при УМО Н=17,40 м). Согласно указаниям Минприроды РФ и «Декларации безопасности Шапсугского гидроузла» Шапсугское водохранилище работает в транзитном режиме в связи с реконструкцией основных ГЭС. В 2016 г. изменения уровня были более значительны. Со второй декады января 2016 г., в связи с увеличением приточности рек,

впадающих в Шапсугское водохранилище, началось поднятие уровня воды в водохранилище. Максимальный уровень воды был отмечен 10 января 2016 г., составлял 18,99 м и превышал УМО, более чем на 1,5 м, максимальный сброс в тот день составил 90 м³/с. На рис. 5 д) от 2 января показано изменение площади водохранилища при росте уровня от максимального к границе УМО. Во второй декаде марта уровень воды вернулся к границе УМО – 17,44 м и держался до конца октября (при $H_{УМО} = 17,4$ м). Этому состоянию водохранилища соответствовали его площади на рис. 5 в), г). С 6 ноября уровень воды начал расти и 12 декабря достиг максимума – 19,23 м, но к концу декабря снизился до отметки 17,75 м. В течение января 2017 г. сброс паводковых вод осуществлялся транзитом через Шапсугское водохранилище непосредственно в реку Кубань ниже. Краснодара. Остаточный объем воды составлял около 0,1 млн км², площадь водохранилища близка к максимальной, как иллюстрируется на рис. 5 е).

В ряде публикаций отмечалось, что надежность противопаводковой защиты водохранилищ Нижней Кубани в современных условиях ниже требуемой: дамбы обвалования на большом протяжении недостаточно надежны, требуются мероприятия по улучшению технического состояния водохранилищ и гидроузлов. Остроту проблемы определяют следующие факторы: уровень технической безопасности практически всех водохранилищ ниже допустимого, что угрожает возникновением аварий с катастрофическими последствиями для населения и экономики края; пропуск расхода ниже Краснодарского водохранилища более 1200 м³/с связан с риском прорыва дамб обвалования Кубани и Протоки из-за их плохого технического состояния; опасность затопления территорий из-за снижения пропускной способности каналов переброски стока в результате их зарастания и заиления.

Основные проблемы обвалования Кубани и Протоки состоят в снижении пропускной способности их русел, а также в недостаточной надежности дамб из-за угрозы подмыва основания и недостаточных размеров поперечного сечения дамб на большей части их протяженности. Из-за недостаточной надежности дамб обвалования происходили и происходят их прорывы с затоплением части защищаемой территории. Многие дамбы возводились в аварийном порядке, накануне или в период прохождения паводка, они не соответствуют требованиям эксплуатационной надежности и не обеспечивают гарантированной защиты от паводков. Практически на всем протяжении дамбы требуют ремонта и реконструкции в соответствии с требованиями строительных норм.

Вода Крюковского водохранилища используется для обеспечения рисовых систем. В начале 2016 г. уровень воды в водохранилище составлял 12,76 м; $V = 50,5$ млн. м³ ($H_{нпу} = 14,40$ м, $V_{нпу} = 111$ млн. м³), в начале апреля был близок к максимальному - 14,56 м; $V = 114,6$ млн. м³. С начала вегетационного периода (конец апреля) вода из водохранилища подается на рисовые оросительные системы. К концу июня 2016 г. водохранилище было

сработано до отметки 13,49 м, объем составил 76,4 млн. м³. Минимальный уровень – 12,45 м был отмечен 12 сентября. К концу 2016 г. уровень поднялся до отметки 13,74 м, объем составил 86 млн. м³.

Периодически на водохранилищах проводятся ремонтные работы и восстановление поврежденных участков дамб, как происходило в случае с участком северной дамбы Крюковского водохранилища 30 марта 2017 г. Водохозяйственная обстановка в районе Краснодарского и Крюковского водохранилищ не вызывала серьезных опасений: их характеристики были близки к НПУ.

В 1 км от населенного пункта Михайловское Северского района в 14 час. 35 мин. 30 марта 2017 г. в теле северной дамбы Крюковского водохранилища произошла просадка грунта на глубину 1,5–2 м протяженностью до 150 м. На этом участке в 2014 г. проводились инженерные работы, о которых можно получить информацию, сравнив рис. 6 а), б) по данным космической съемки от 3 марта 2013 г. и 2 августа 2014 г. Фото поврежденного участка от 1 апреля 2017 г. приведено на рис.6 с). На месте повреждения проводились инженерные работы по укреплению дамбы, которые были завершены 6 апреля 2017 г., и режим «ЧС» по Крюковскому водохранилищу отменён. К 7 апреля уровень воды в Краснодарском водохранилище составлял 32,82 м и всего на 7 см превышал НПУ.

Доступ к информации новых космических аппаратов позволяет сравнить снимки разного пространственного разрешения и при незначительных затратах получить необходимые данные. На рис. 7 приведены изображения Варнавинского, Крюковского и Шапсугского водохранилищ по данным Landsat 8 Oli с пространственным разрешением 30 м и Sentinel-2 с разрешением 10 м от 1 апреля 2017 г. В результате была получена информация не только о площади водохранилищ, но и о поступлении воды и характере циркуляции в них.

Например, на фрагменте снимка (рис.8) можно определить площадь Варнавинского водохранилища, которая близка к максимальной, а также определить характеристики потока поступающей в Варнавинское водохранилище воды. После повреждения во избежание прорыва дамбы был увеличен сброс воды из Крюковского водохранилища более, чем в два раза, с 28,4 до 70 м³, и за двое суток из водохранилища было сброшено больше 9 млн. м³, о чем 1 апреля 2017 г. было получено сообщение Краснодарского краевого ГУ МЧС. На рис. 8. видны потоки воды, как из Крюковского, так и из Варнавинского сбросного канала.

Анализ спутниковых изображений района Краснодарского, Крюковского, Варнавинского и Шапсугского водохранилищ позволил показать их состояние при нормальном подпорном уровне, а также при значительном понижении уровня в случаях чрезвычайных ситуаций на водных объектах, и привести примеры по данным спутников Landsat-8 и Sentinel-2.



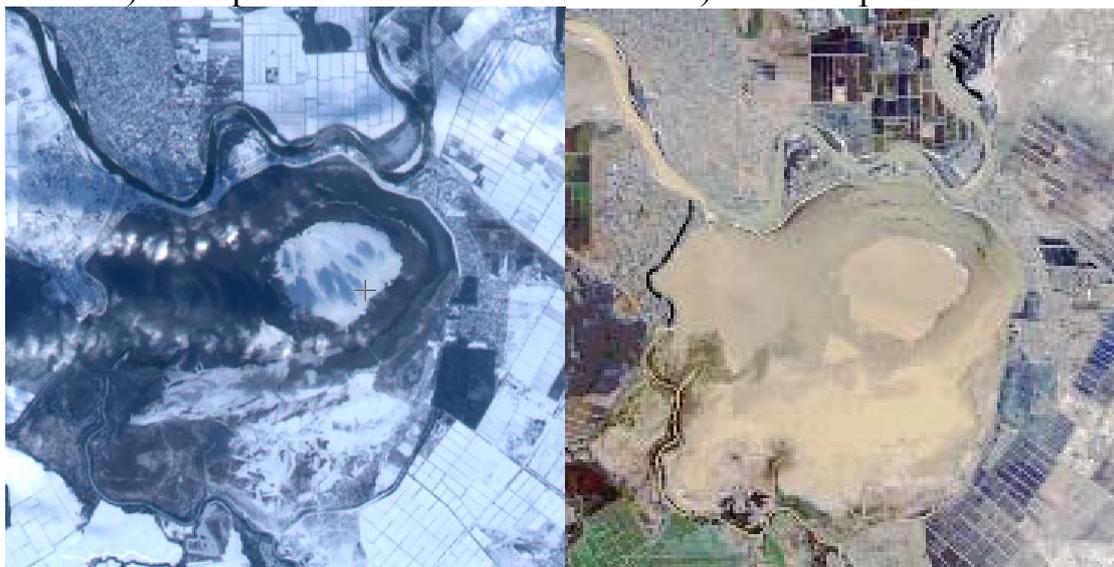
а) 1984 г.

б) 1985 г.



в) 17 апреля 2015 г.

г) 18 октября 2016 г.



д) 2 января 2016 г.

е) 14 января 2017 г.

Рис. 5. Динамика Шапсугского водохранилища по данным Image2016©DigitalGlobe и Landsat 8 Oli (2.01. 2016 г. и 14.01.2017 г.).



а)



б)



в)

Рис. 6. Участок северной дамбы Крюковского водохранилища:
а) до ее повреждения 3 марта 2013 г., б) после работ по ее укреплению 2 августа 2014 г., в) поврежденный участок, 1 апреля 2017 г.

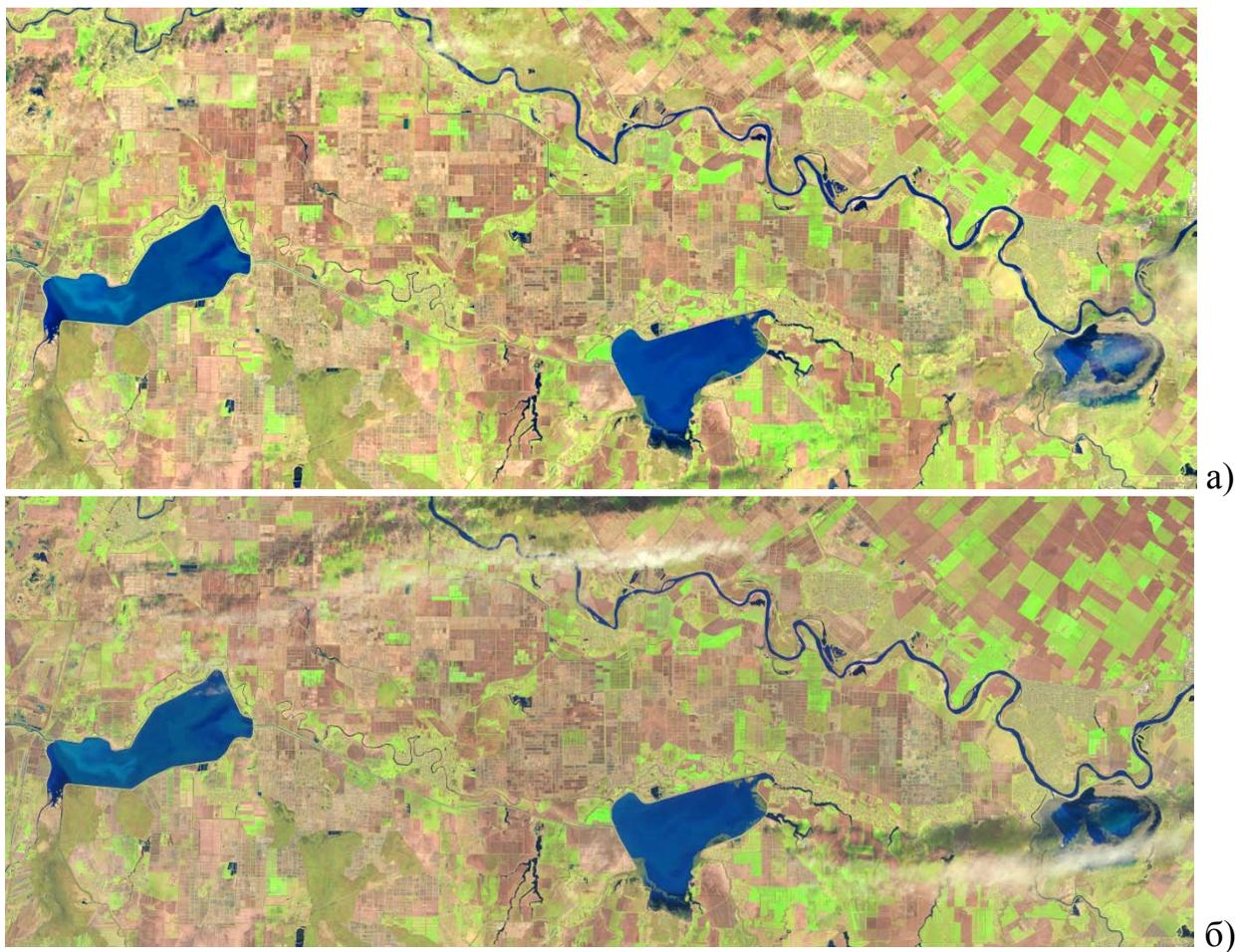


Рис. 7. Район Варнавинского, Крюковского и Шапсугского водохранилищ по данным Landsat 8 Oli (а) и Sentinel-2 (б), 1 апреля 2017 г.



Рис. 8. Варнавинское водохранилище по данным Sentinel-2, 1 апреля 2017 г.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2009 году». – М.: НИА-Природа., 2010. 288 с.
2. Доклад «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2014 году». Краснодар. 2015. 370 с.
3. Курбатова И.Е. Космический мониторинг негативных ситуаций в прибрежных зонах крупных водоемов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т.9. №2. С.52-59.
4. Курбатова И.Е. Геоэкологический мониторинг Краснодарского водохранилища: системный подход к организации и информационному обеспечению // Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий. Материалы II Международной научно-практической конференции. Майкоп, Изд-во «Магарин О.Г.». 2013. С.126-136.
5. Сычев В.И., Рублев П.А. Современное состояние и динамика прибрежной зоны и водных объектов по спутниковым данным высокого разрешения (на примере Краснодарского водохранилища). // Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий. Материалы III Международной научно-практической конференции. Майкоп: Изд-во «Кучеренко В.О.». 2015. С.207-213.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК СОВМЕСТНО С СОВРЕМЕННЫМИ ТИПАМИ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ: АКТУАЛЬНОСТЬ И ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ

¹А.Б. Тарасенко, ²С.Г. Игнатьев, ³С.В. Киселева, ³В.В. Тебуев
k_sophia_v@mail.ru

¹ Объединенный институт высоких температур РАН, Россия, г. Москва

² ФГУП ЦАГИ им. проф. Н.И. Жуковского, Россия, г. Жуковский

³ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Россия, г. Москва

Введение

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для энергообеспечения изолированных поселений, рекреационных территорий и объектов, испытывающих проблемы с энергоснабжением в зоне единой энергосистемы России, за последнее десятилетие стало все более активно развиваться [1]. При этом возникает широкий ряд задач, в частности, связанные с преодолением основного недостатка практически всех ВИЭ – изменчивостью ресурсов. Так, за рубежом и в России работы по стабилизации выработки ветроэнергоустановок ведутся по ряду направлений: использование дизельного двигателя в качестве гарантирующего источника питания [2], использование накопителей электрической энергии [3, 4], оптимизация структуры энергосистемы региона при наличии большого количества ветроэнергоустановок (ВЭУ) путем использования газотурбинных установок и гидроэлектростанций для маневра мощностью, переброс мощности в другие регионы или из них [5].

Ветродизельные системы получили достаточно широкое распространение в нише энергопитания автономных потребителей различной мощности, однако без накопителя энергии доля замещаемого дизельного топлива составляет около 10-15% и только в наиболее благоприятных физико-географических условиях – выше [6]. Кроме того, при больших мощностях дизель-генераторной установки не обеспечивается ее работа на номинальных режимах в случае резких изменениях скорости ветра, что негативно сказывается на расходе топлива и ресурсе двигателя. Проблема использования электрохимических аккумуляторов различных типов, а также систем на основе водородного цикла совместно с ветроэнергоустановками интенсивно исследуется уже несколько лет [7], однако добиться приемлемых технико-экономических показателей не позволяют особенности выдачи мощности ветрогенератором. В отличие от длительных ночных периодов отсутствия первичного источника энергии, характерных для солнечной генерации, при эксплуатации ВЭУ преобладают короткие и резкие колебания мощности, что, с одной стороны, делает не вполне адекватным накопитель энергии с большой энергоемкостью, а с другой – достаточно быстро выводит из строя накопитель малой энергоемкости за счет большого количества циклов заряда и разряда. Маневрирование мощностью в пределах энергосистемы региона или страны обычно требует серьезных капитальных затрат на расширение инфраструктуры.

В некотором роде аналогом ветровых энергосистем являются энергосистемы транспортные, где также преобладают относительно короткие и резкие колебания мощности, но уже со стороны нагрузки, а не генерирующего источника [8]. Для таких потребителей интенсивно исследуются суперконденсаторные накопители электрической энергии, часто объединенные в гибридную систему с двигателем внутреннего сгорания или электрохимическим аккумулятором, что позволяет снизить расход топлива или износ аккумуляторов за счет покрытия переходных режимов суперконденсатором. Исследования по использованию суперконденсаторов совместно с ветроэнергоустановками для нужд получения пресной воды методом обратного осмоса представлены в [9], так как для подобных систем броски мощности представляют достаточно серьезную угрозу с точки зрения ресурсных характеристик мембранного модуля. Полученные результаты свидетельствуют о возможности увеличения времени полезного использования энергии ветроэнергоустановки в два раза при применении буферной суперконденсаторной батареи.

Таким образом, исследования различных типов накопителей, в том числе гибридных систем накопителей различного типа совместно с ветроэнергетической установкой является в настоящее время актуальными. В качестве инструмента исследований в этом направлении может быть предложена имитационная физическая модель системы (ВЭУ - накопители электрической энергии - нагрузка/потребитель энергии) с возможностью подачи на вход модели типовых временных последовательностей скорости

ветра. Она потенциально обеспечивает такое количество экспериментальных данных, которые позволяют прийти к достаточно общим выводам и разработать рекомендации, в частности, по выбору оптимальных типов накопителей для ветровых энергоустановок в различных условиях их эксплуатации.

Моделирование работы ВЭУ с суперконденсатором: принципы построения физической модели и математическая модель отдельных элементов

Итак, целый спектр практических задач (обеспечение электрической и тепловой энергией, пресной водой и др.) в зонах, удаленных от централизованной промышленной сети переменного тока привело к появлению систем электропитания потребителей от альтернативных источников энергии. Очевидно, что наиболее перспективными являются гибридные установки, использующие энергию солнца и ветра. Более дешёвым решением является использование только одного вида установок – ветроэлектростанции или солнечной электростанции. Как указывалось выше, при использовании возобновляемых источников энергии возникают проблемы, связанные с пульсирующим характером генерирования энергии. Решением их может быть применение накопителей энергии и, в первую очередь, – аккумуляторных батарей. В последнее время наметилась тенденция использования в качестве накопителей суперконденсаторы (СК). При этом возникают вопросы исследования режимов работы ВЭУ и выбора батареи суперконденсаторов.

Решение поставленной задачи может быть осуществлено тремя методами:

1. Масштабирование ВЭУ, когда создаётся установка, отличающаяся от реальной ВЭУ только масштабом (мощностью), но имеющей аналогичные характеристики.

2. Создание гибридной или имитационной физической модели, которая сочетает в себе узлы и блоки реальной (физической) системы и узлы и блоки, которые реализуются на отличной от реальной элементной базе, однако имеют те же характеристики, что и реальные узлы.

3. Разработка математической модели, которая реализуется с помощью известных пакетов моделирования и при заданных физических характеристиках позволяет воспроизвести процессы в реальной системе (ВЭУ – накопитель – нагрузка/потребитель энергии).

В нашем исследовании была поставлена задача разработки математической и гибридной (физической) моделей установки (ВЭУ – СК – нагрузка). Ниже приведены подходы к созданию гибридной модели, а также элементы математической модели такой установки.

Функциональная схема гибридной модели ВЭУ с суперконденсатором

Функциональная схема типичной ВЭУ с СК приведена на рис.1 а. Она состоит из ветроколеса ВК, генератора Г, преобразователя П1, согласующего параметры генератора с параметрами СК, батареи суперконденсаторов БК и

преобразователя П2, преобразующего выходные параметры Г и БК в соответствии с характеристиками нагрузки/потребителя.

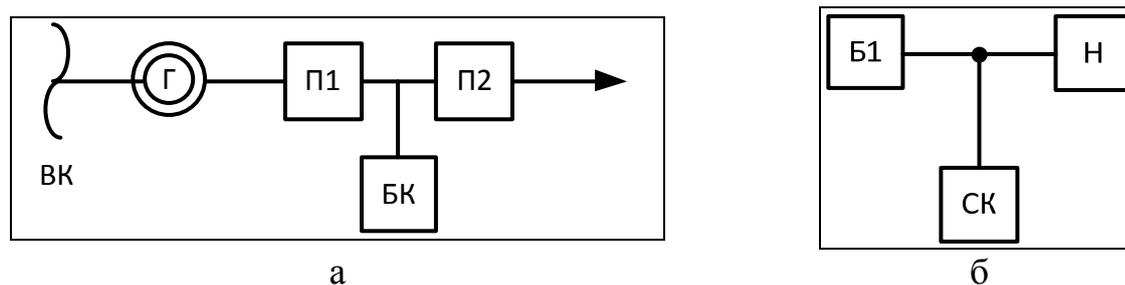


Рис.1 Функциональная схема типичной ВЭУ с СК (а) и блок-схема гибридной модели (б).

Для разработки гибридной (физической) модели основной интерес представляют процессы, происходящие в цепях связывающих генератор, СК и нагрузку, поэтому блок-схема модели может быть представлена в виде рис. 1 б. Здесь блок Б1 моделирует ветрогенератор, блок СК представляет собой батарею суперконденсаторов (масштабируемую или реальную), блок Н моделирует нагрузку (потребителя). Физически блок Б1 может представлять собой либо привод переменной скорости, либо источник (напряжения, тока) с заданными характеристиками, в частности, зависимостью выходных параметров от скорости ветра. Последняя может вводиться в блок Б1 через сервопривод, осуществляющий преобразование оцифрованных данных о скорости ветра со скважностью 1-2 с в аналоговый сигнал.

Математическая модель ВЭУ и накопителя электрической энергии

Разработка и апробация математической модели ветроэнергетической установки (ВЭУ), работающей совместно с накопителем электрической энергии и нагрузкой (потребителем), а также гибридной системы аккумулирования, состоящей из суперконденсатора (компенсация быстропротекающих процессов) и электрохимического аккумулятора (обеспечение гарантированного электропитания потребителя) позволяет – помимо собственно моделирования указанных систем – провести исследование работы ВЭУ в наиболее сложных переходных режимах, а также предложить решение задачи компенсации существенной неоднородности поступления энергии от ВЭУ. Эти решения, в частности, выбор типов накопителей (суперконденсаторы и электрохимические АКБ) далее могут быть использованы при создании гибридной (физической) модели ВЭУ с накопителями. Рассмотрим разработанные авторами математические модели отдельных блоков системы ВЭУ – накопитель – нагрузка (потребитель).

1. Математическая модель ветроэнергетической установки

1.1 Преобразование энергии ветра в электроэнергию.

На рис. 2 показаны этапы преобразования энергии воздушного потока, который движется со скоростью V_{∞} , в электрическую энергию в типичной современной ветроэнергетической установке.

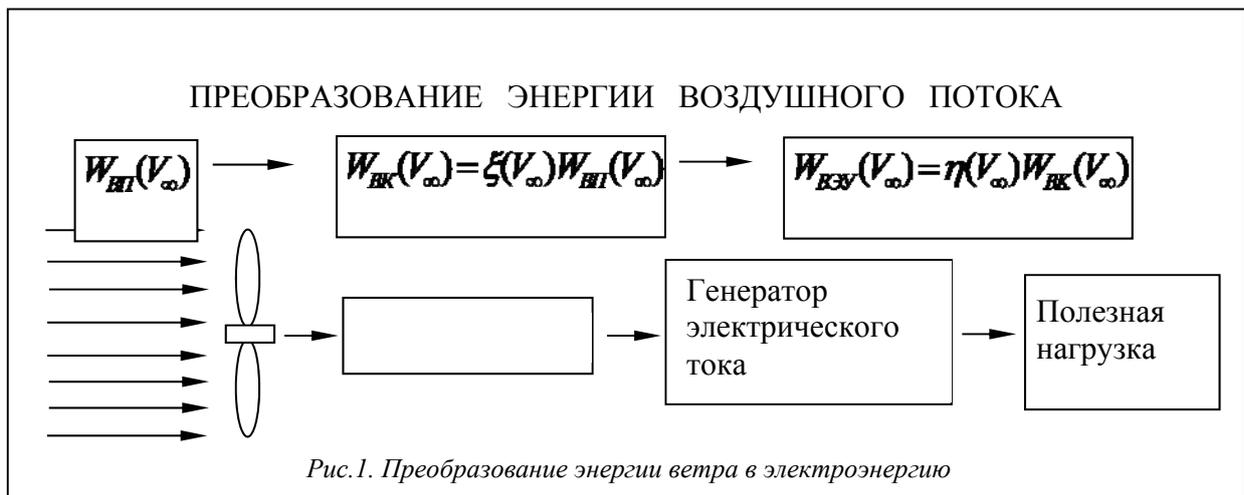


Рис. 2. Этапы преобразования энергии воздушного потока в электрическую энергию в ВЭУ

1. При набегании воздушной струи происходит преобразование мощности воздушного потока W_{HI} в механическую энергию вращающегося вала ветропреобразователя. Этот процесс в рассматриваемом случае осуществляется ветроколесом.

2. Преобразование мощности вращающегося вала ветроколеса W_{BK} в электрическую энергию осуществляется обычно в два этапа. Вначале с помощью мультипликатора осуществляется увеличение малого числа оборотов ветроколеса до проектного значения числа оборотов генератора. В современных ВЭУ система генерирования электроэнергии для обеспечения устойчивой работы с энергосистемой включает генератор и различные полупроводниковые преобразователи. Затем из генератора электрический ток поступает в электрическую цепь, в которой реализуется полезная нагрузка.

Движение ветроколеса определяется следующим дифференциальным уравнением

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{M_{BK}(V_\infty, Z, R_{BK}) - M_H}{J_\Sigma},$$

где $\omega[1/c]$ – угловая скорость вращения ветроколеса, $M_{BK}(V_\infty, Z, R_{BK})$ – аэродинамический момент на ветроколесе, $Z = \omega R_{BK} / V_\infty$ – мгновенное значение быстроходности, M_H – момент нагрузки, который, помимо механической составляющей от трения в подшипниках и трения ротора о воздух, создается нагрузкой в электрической цепи, J_Σ – суммарный момент инерции вращающихся элементов системы.

Момент нагрузки M_H , противодействующий моменту ветроколеса M_{BK} , в основном формируется нагрузкой в электрической цепи. Рассмотрим эти процессы более подробно.

Ветроколесо извлекает энергию из воздушной струи, площадь поперечного сечения которой равна ометаемой ветроколесом площади $S_{BK} = \pi R_{BK}^2$. Мощность такого воздушного потока, движущегося со скоростью $V_\infty [м/с]$, определяется выражением

$$W_{ВП} = \frac{\rho\pi}{2} R_{BK}^2 V_\infty^3 [Вт].$$

По скорости ветра V_∞ мощность воздушного потока изменяется как кубическая парабола. График функции $W_{ВП}(V_\infty)$ показан на рис. 3а.

На рис. 3б показан типичный для современных ветроустановок график изменения коэффициента использования энергии ветра $\xi(V_\infty)$ по скорости ветра при работе ветроэнергетической установки под нагрузкой. На этом рисунке обозначены так же теоретическое предельное значение ξ_T и максимальное значение коэффициента использования энергии ветра ξ_{max} , которое соответствует аэродинамической компоновке применяемого ветроколеса.

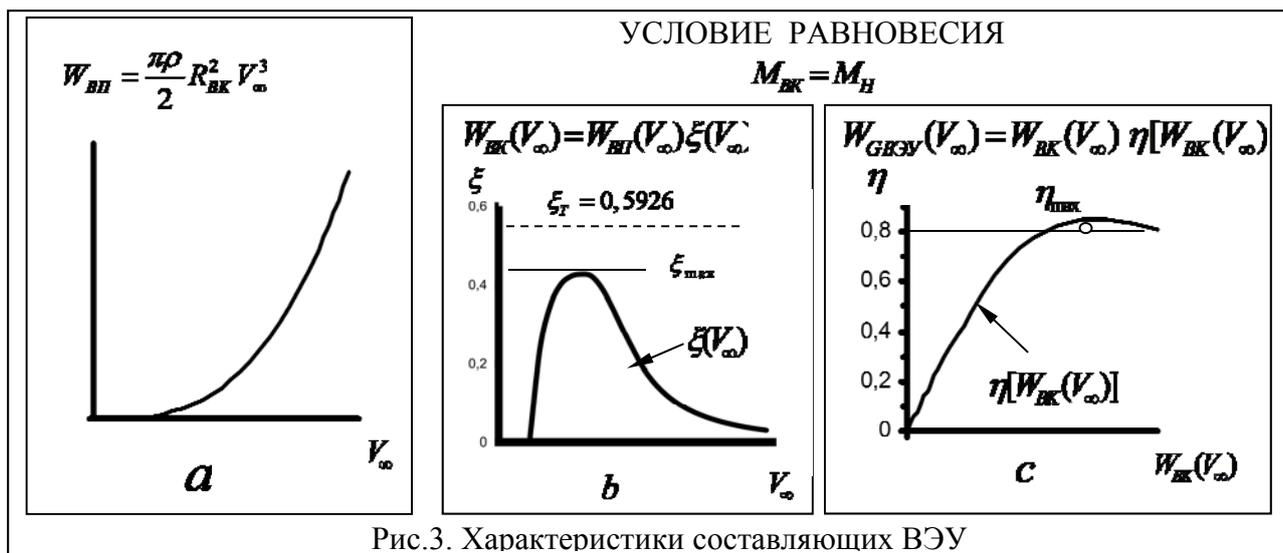


Рис.3. Характеристики составляющих ВЭУ

При изменяющемся значении скорости набегающего потока V_∞ мощность на ветроколесе $W_{БК}$ определяется следующей формулой

$$W_{БК}(V_\infty) = W_{ВП}(V_\infty) \xi(Z, V_\infty) = \frac{\rho\pi}{2} R_{BK}^2 V_\infty^3 \xi(Z, V_\infty).$$

Изменение коэффициента использования энергии ветра $\xi(Z, V_\infty)$ необходимо определять в результате решения представленного выше дифференциального уравнения. Для его решения нужно знать изменение момента $M_{БК}$. Он рассчитывается с помощью аэродинамической характеристики ветроколеса – коэффициента момента $m_x(Z)$. Характеристика $m_x(Z)$ определяется в результате испытаний модели

ветроколеса в аэродинамической трубе и предполагается, что, с точностью до влияния числа Re , она действительна и для натурной ветроустановки.

$$M_{BK}(V_{\infty}, R_{BK}, Z) = \frac{\rho\pi}{2} R_{BK}^3 V_{\infty}^2 m_x(Z, V_{\infty}).$$

Мощность на валу ветроколеса является входящей мощностью для мультипликатора. Обычно КПД мультипликатора задается в виде функции входящей мощности $\eta(W_{BK})$, как показано на рис. 3с. Т.к. в рассматриваемом случае входящая мощность является функцией скорости ветра, то при преобразовании мощности в ветроустановке КПД тоже будет функцией скорости ветра $\eta(W_{BK}(V_{\infty}))$. В итоге, мощность на валу генератора будет определяться следующей формулой

$$W_{GAYO}(V_{\infty}, R_{AE}, Z) = \frac{\pi\rho}{2} R_{AE}^2 V_{\infty}^3 \xi(Z, V_{\infty}) \eta[W_{AE}(V_{\infty})]$$

2. Модели накопителей электрической энергии.

В качестве основы для математической модели накопителей электрической энергии различных типов при выполнении работ по проекту была использована упрощенная модель Шепарда. Согласно модели, вольтамперная характеристика батареи накопителей:

$$U = E - IR, \quad (1)$$

где U – значение напряжения на батарее, E – бестоковое напряжение источника, R – внутреннее сопротивление батареи ($R=const$ при заряде и разряде батареи), I – ток. Бестоковое напряжение E и его зависимость от степени заряда описывается уравнением:

$$E = E_0 - K * \frac{Q}{Q - \int Idt} + A * e^{-B * \int Idt}, \quad (2)$$

где E_0 – постоянное напряжение батареи, K – поляризующее напряжение, Q – номинальная энергоемкость батареи (Ач), $\int Idt$ – текущий заряд батареи (Ач), при этом полагаем ток заряда положительным, ток разряда отрицательным, A – амплитуда напряжения в экспоненциальной зоне вольтамперной характеристики, B – постоянная времени экспоненциальной зоны вольтамперной характеристики (Ач⁻¹).

Величины A и B определяются из разрядной кривой аккумулятора, которую условной делят на 3 диапазона:

- экспоненциальный (при большом уровне заряда батареи);
- номинальный (диапазон работы батареи при стабильном напряжении);
- диапазон глубокого разряда (характеризуется резким падением напряжения).

Величина A равна разности напряжения разомкнутой цепи полностью заряженной батареи и рабочего напряжения, величина B равна произведению рабочего тока на продолжительность разряда в экспоненциальной зоне.

Внутреннее сопротивление батареи (импеданс) входит в число параметров, представленных в спецификации батареи или единичного элемента. Для уточнения значения импеданса проводят представительное

число зарядно-разрядных циклов на номинальном токе $0,2 C$ (здесь C – ток, разряжающий аккумулятор за 1 час). Согласно работе [10], внутреннее сопротивление определяется через экспериментально измеренный средний КПД элемента батареи η :

$$R = U_{nom} * \frac{1-\eta}{0,2*Q_{nom}}, \quad (3)$$

где U_{nom} и Q_{nom} – напряжение и заряд в конце номинальной зоны соответственно. Значения K и E_0 в уравнении (2) определяются из системы уравнений, которая получается при подстановке в уравнение (2) значений E и Q для начала разряда, когда $E=E_{full}$, $Q=0$ и конца номинальной зоны разрядной кривой, когда $E=E_{nom}$, $Q=Q_{nom}$.

Для моделирования системы (ВЭУ-накопитель-потребитель) необходимо также учесть КПД согласующих преобразователей и их зависимость от пропускаемой мощности. КПД согласующих преобразователей – сетевых и автономных инверторов напряжения, зарядных устройств, контроллеров заряда – обычно имеет свою зависимость от пропускаемой мощности. При этом характерным является резкое снижение КПД при работе устройства на мощности менее 10% от номинальной. Так, экспериментально определенная зависимость КПД контроллера заряда EP Solar Tracer 2215 RN от мощности на входе имела вид: $\eta = -0,41k^4 + 1,05k^3 - 0,95k^2 + 0,28k + 0,93$, где k – отношение пиковой мощности к номинальной.

Суперконденсатор с точки зрения процессов и структуры существенно проще, чем аккумулятор любого типа. Отсутствуют электрохимические реакции, связанные с превращением веществ или интеркаляцией ионов. Схема замещения, описанная в [11], включает в себя последовательно соединенные сопротивления и емкости электродов, а также сопротивление электролита. На основе данной схемы единичный суперконденсаторный элемент можно представить в виде совокупности последовательно соединенных электрической емкости и сопротивления. Для использования в модели необходимо иметь уравнения, определяющие зависимость напряжения и запасаемой/отдаваемой энергии от тока нагрузки. Предполагая использование готового суперконденсаторного элемента и затруднения в разделении сопротивлений электродов и электролита в этом случае, схему можно представить рисунком 4, что позволяет ориентироваться на паспортные характеристики элемента

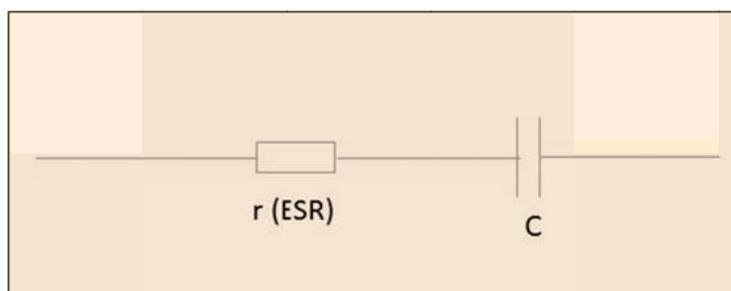


Рис. 4 – Упрощенная схема замещения суперконденсатора.

В этом случае при протекании тока i через суперконденсаторный элемент напряжение будет представлять собой суперпозицию потерь на внутреннем сопротивлении (обусловленном сопротивлением электролита, электродов, токосъемников и границ раздела) и роста (падения) напряжения при заряде (разряде) элемента:

$$U = E_c + ir, \quad (4)$$

где E_c – напряжение, обусловленное зарядением двойного электрического слоя, i – протекающий ток, r – внутреннее сопротивление. При этом E_c зависит от времени заряда (разряда), а U служит индикатором необходимости его прекращения или начала:

$$E_c = \frac{i\Delta t}{C}, \quad (5)$$

где Δt – время заряда или разряда, C – емкость элемента. Эквивалентное последовательное сопротивление (ESR) суперконденсатора большинство разработчиков предоставляют в составе спецификации. Как и у аккумулятора, оно несколько отличается для случаев заряда и разряда, но разница существенно меньше таковой для большинства аккумуляторов. Подобная линейная зависимость напряжения от времени при заряде и разряде хорошо согласуется с экспериментальными данными, полученными авторами в ОИВТ РАН. Наличие нелинейных участков обычно свидетельствует об электрохимических реакциях (взаимодействии электролита с электродами), что влечет за собой деградацию суперконденсатора.

Заключение

Суперконденсаторы представляют собой перспективный источник тока, имеющий существенные преимущества перед аккумуляторами по рабочим токам и ресурсным параметрам. В этой связи их использование в ряде ниш, таких как ветроэнергетика (резервирование мощности на случай флуктуаций ветра, поддержка электропитания потребителей при переходных процессах в гибридных установках) и малая распределенная энергетика (буферный накопитель газовых микротурбинных установок) является технически оправданным. В то же время высокая стоимость суперконденсаторов в настоящее время препятствуют их широкому применению. Снижение удельной стоимости суперконденсаторов как минимум вдвое могло бы способствовать их продвижению на рынок в нише компенсации переходных процессов в распределенной и ветровой энергетике. Привлекательность суперконденсаторных накопителей в сетевой ветроэнергетике увеличивается с ростом ветрового потенциала в точке расположения станции, а в составе ветродизельных комплексов – с ростом повторяемости переходных процессов, требующих использования накопителя.

Для исследования режимов работы ВЭУ и обоснования оптимальной гибридной системы накопителей можно использовать следующие методы: масштабирование системы ВЭУ – накопитель – нагрузка, создание

гибридной или имитационной физической модели, разработка математической модели указанной системы. В представленном исследовании была поставлена задача разработки математической и гибридной (физической) моделей установки (ВЭУ – СК – нагрузка).

Представлена функциональная схема гибридной модели ВЭУ с суперконденсатором. Разработаны математические модели аэродинамических характеристик ветроколеса – коэффициента преобразования энергии ветра ($\xi(Z)$) и коэффициент момента ($m_x(Z)$) в зависимости от быстроходности ветроколеса Z . В качестве основы для математической модели накопителей электрической энергии различных типов была использована упрощенная модель Шепарда. Представлены уравнения для вольт-амперной характеристики накопителей, описаны алгоритмы расчета и экспериментального определения входящих в них величин (внутреннего сопротивления батареи, КПД согласующих преобразователей (инверторов) и др.).

Работа выполнялась при поддержке РФФИ, проект № 16-08-01233.

Список литературы

1. Сайт ГИС ВИЭ. Карты объектов возобновляемой энергетики на территории России [Электронный ресурс] <http://gisre.ru/maps/maps-obj>. (дата обращения: 06.03.17.)
2. Сайт компании Northern Power Systems. [Электронный ресурс] <http://www.northernpower.com/wp-content/uploads/2014/07/20141226-US-Wind-for-Diesel-Grids-A4.pdf>. (дата обращения: 06.10.16.)
3. C. Bussar, M. Moos, R. Alvarez, P. Wolf et al, Optimal allocation and capacity of energy storage systems in a future European power system with 100% renewable energy generation// Energy Procedia. 2014. №46. p.40 – 47.
4. W. F. Pickard, A. Q. Shen, N. J. Hansing, Parking the power: Strategies and physical limitations for bulk energy storage in supply–demand matching on a grid whose input power is provided by intermittent sources// Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009. № 13, p. 1934–1945.
5. J. Hossain, A case study of high wind penetration in the Tamil Nadu Electricity Utility//Energy Policy. August 1993. p. 868-874.
6. Сайт проекта Hydro Tasmania [Электронный ресурс] http://www.hydro.com.au/system/files/documents/Energy/King_Island_Renewable_Energy_PK_2008.pdf. (дата обращения: 16.10.16.)
7. Андреев В.М., Забродский А.Г., Когновицкий С.О. Интегрированная энергоустановка с накопителем энергии на основе водородного цикла// Альтернативная энергетика и экология, №2 (46), 2007, С. 99-105.
8. A. W. Stienecker, T. Stuart, C. Ashtiani, An ultracapacitor circuit for reducing sulfation in lead acid batteries for Mild Hybrid Electric Vehicles// Journal of Power Sources, Vol. 154, Issue 2, 21 March 2006, p. 561-566.
9. B. S. Richards, G. L. Park, T. Pietzsch, A. I. Schafer Renewable energy powered membrane technology: Brackish water desalination system operated using real wind fluctuations and energy buffering, //Journal of Membrane Science, №468 (2014), p. 224–232.
10. O. Tremblay, L-A. Dessaint, A-I. Dekkiche A generic battery model for the dynamic simulation of hybrid electric vehicles. [Электронный ресурс]: http://www.etf.unssa.rs.ba/~slubura/diplomski_radovi/Zavrzni_rad_MarkoSilj/Literatura/modeli%20baterija%20IEEE/A%20Generic%20Battery%20Model%20for%20the%20Dynamic%20simulation%20of%20hybrid%20electric%20vehicles.pdf.

11. Maxwell Technologies White Paper: Power Electronic Interface For An Ultracapacitor as the Power Buffer in a Hybrid Electric Energy Storage System [Электронный ресурс]: http://www.maxwell.com/images/documents/whitepaper_powerelectronicsinterface.pdf.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

^{1,2}**В.Н. Татаринов**

victat@wdcb.ru

¹*Геофизический центр РАН, Россия, г. Москва,*

²*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта, Россия, г. Москва,*

Объекты ядерного топливного цикла (ЯТЦ)¹ являются потенциальными источниками геоэкологической опасности для населения и окружающей среды. Особую опасность представляют находящиеся на длительном хранении радиоактивные отходы (РАО), содержащие долгоживущие радионуклиды с периодом радиобиологической опасности более 10 тыс. лет. Обеспечение геоэкологической безопасности таких объектов носит уникальный характер, так как они располагаются в самых разнообразных геологических и геодинамических условиях практически на всей территории страны [5, 7, 9, 17]. Важнейшая особенность объектов ЯТЦ заключается в том, что они имеют длительный срок эксплуатации: 30-100 лет (реакторы АЭС), более 300 лет (хранилища РАО), более 10 тыс. лет (захоронения высокоактивных РАО). Для столь длительных сроков эксплуатации ошибки в оценке геодинамического режима территории существенно возрастают. Данные о геологической среде как системе, находящейся в поле действия природных и техногенных систем, где все параметры взаимосвязаны и влияют друг на друга, характеризуются недостаточностью и неопределенностью и часто не позволяют принять альтернативное решение при выборе наиболее безопасного участка для строительства объекта ЯТЦ. Прогноз геодинамической опасности мест размещения ПГЗРО основан на экстраполяции закономерностей поведения геологической среды, выявленных в предшествующие периоды времени [2, 3, 16]. Поэтому возникает вопрос – насколько далеко можно экстраполировать наши наблюдения за геодинамическим режимом отдельных территорий (составляющие десятки лет, в отдельных случаях сотни лет) [14].

Для преодоления этой неопределённости наиболее конструктивным является использование положений системного анализа, которые позволяют в условиях информационной неопределённости принимать долгосрочные прогнозы, используя фундаментальные геологические закономерности как единственные критерии и гарантии достоверности [13, 15]. Ниже рассматриваются методические аспекты системного подхода к выбору мест

¹ К объектам ЯТЦ относятся урановые рудники, радиохимические заводы по производству и утилизации отработавшего ядерного топлива, атомные электростанции, хранилища и полигоны захоронения радиоактивных отходов.

размещения объектов ЯТЦ, которые актуальны для выбора мест подземной изоляции РАО.

Системный подход в приложении к проблемам геодинамики выступает как способ организации исследований, который, выявляя закономерности и зависимости с целью более эффективного их использования, служит как методом решения задач, так и методом постановки задач. Он основан на изучении геологической среды как системы (рис. 1), которая учитывает такие составляющие любого материального объекта как - элемент, связь, взаимодействие, а также внешнюю среду, влияющую на объект [3, 12].

Элемент - это самостоятельная часть системы, характеризующая свойство, состояние или процесс в геологической среде, *связь* характеризует зависимость свойств одного элемента от других.

Безусловно в этой схеме не хватает одного из основных этапов – изучение элементов системы и их взаимодействия. Геологическая среда как система существует не сама по себе, а взаимодействуя с другими системами. При оценке геодинамической безопасности объектов ЯТЦ мы должны учитывать во взаимосвязи и взаимодействии двух систем – самого объекта и вмещающую его среду. Объекты ЯТЦ весьма разнообразны по своему назначению и ранжируются по основным признакам: степени радиационной опасности объекта, геометрическим размерам, времени эксплуатации, положению относительно земной поверхности и т.д. (рис. 2).



Рис. 1. Схема компонентов системы «Геологическая среда» с учетом [12]

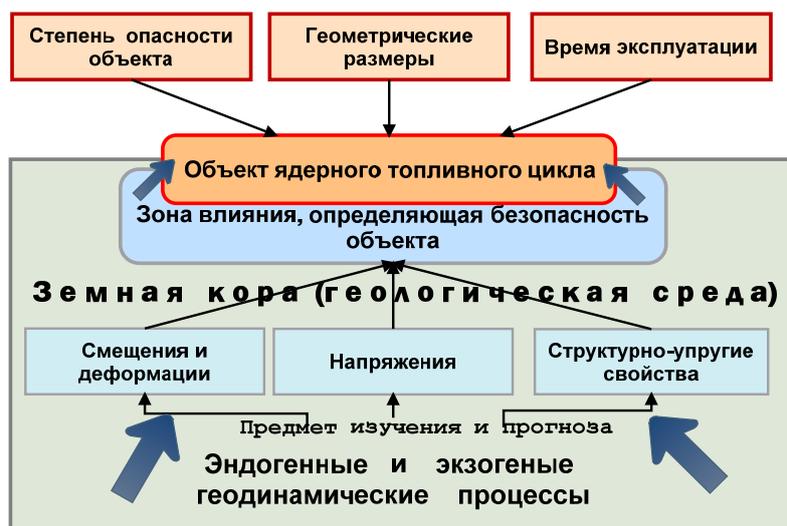


Рис. 2. Предмет изучения и прогноза геодинамической устойчивости объектов ЯТЦ

От этих классификационных признаков зависит тот объем среды, который мы должны рассматривать при прогнозе их геодинамической безопасности. Размер такой зоны зависит от типа объекта ЯТЦ (для отдельной скважины это может быть радиус до десятков метров, а для АЭС - район радиусом до 300 км). В соответствии с главным принципом системного подхода – иерархичностью, т. е. наличия множества элементов, расположенных на основе подчинения элементов низшего уровня элементам высшего уровня, тип объекта ЯТЦ, время эксплуатации и размеры определяют пространственно-временной масштаб геодинамических процессов, который мы должны исследовать при обосновании его геодинамической устойчивости.

Геологический опыт свидетельствует, что одинаковый по характеру процесс независимо от времени и места проявления ведет к возникновению похожих тектонических структур. Это позволяет утверждать, что морфологию новых структурных неоднородностей в изначально однородной среде нельзя расценивать как случайную. Очевидно, что характер процессов, которые ведут к возникновению устойчивых пространственно-периодических структур, подчиняется неким общим законам. Следовательно, существует механизм, управляющий устойчивостью структурных форм среды [11].

В основе изучения эволюции геологической среды лежат методические представления о развитии так называемых *диссипативных структур*. Это упорядоченные самоорганизующиеся образования в системах, далеких от равновесия, обладающие определенной формой и характерными пространственно-временными размерами, они устойчивы относительно малых возмущений. Необходимо подчеркнуть, что неравновесность необратимых систем приводит к возникновению уникальных событий, которые трудно, а чаще, невозможно прогнозировать, т.к. в любой момент в точке бифуркации может произойти смена организации системы и развитие пойдет по другому пути.

Важнейшие характеристики таких структур - время жизни, область локализации и фрактальная размерность. Диссипативные структуры отличаются от равновесных тем, что для своего существования они требуют постоянного притока энергии извне, так как, по определению, их самоорганизация связана с обменом энергией и веществом с окружающей средой [12].

При этом возникает важнейший вопрос о возможности или невозможности прогнозирования траекторий развития нелинейных систем. В основе представлений о нелинейных системах лежат представления И. Пригожина [8] о принципиальной нестабильности процессов, протекающих в открытых для энтропийного и массового обмена системах.

Существенный вклад в понимание нелинейности процессов, протекающих в геологической среде внес акад. М.А. Садовский. В его трудах главная мысль, что физическая нелинейность это фундаментальное свойство горных пород. Модель «геофизической среды», построенная им, базируется на следующих базисных положениях:

1) Среда состоит из иерархической последовательности блоков, прочность которых значительно больше разделяющих их прослоек;

2) Структурные блоки в различной степени «насыщены» энергией, поступающей из внешних систем. Достигнув неустойчивого состояния, некоторые блоки «сбрасывают» энергию, вызывая деформирование среды в асейсмичных районах или ее разрушение в сейсмических областях;

3) Деформирование сопровождается образованием в геологической среде пространственных структур, которые можно рассматривать как самоорганизацию среды, служащую для трансформации энергии;

4) Накапливаемая потенциальная энергия в структурных объемах среды диссипируется, в основном, на иерархической системе поверхностей (границы блоков, земная поверхность, обнажения горных выработок).

Общая методология прогноза устойчивости мест размещения объектов ЯТЦ основана на двух фундаментальных тезисах:

1. Геологическая среда - это *динамическая активная система*, имеющая внутренние и внешние геодинамические источники дестабилизации;

2. Геологическая среда *иерархически устроена и пространственно структурирована*, накапливаемая в среде потенциальная энергия диссипируется в основном на иерархической системе трещин.

Исходя из этого, необходимо решить 3 основные задачи [5]:

а) изучение структурной нарушенности, блочности, анизотропии, дислоцированности и упругих свойств породного массива;

б) исследование закономерностей распределения и изменения во времени полей напряжений, включая моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) среды;

в) дифференциация территории по степени подвижности и стабильности структурно-тектонических блоков и разрывов.

Существующие методики системного подхода к анализу информации, например, по Квейду [4], включают в себя следующие составляющие, которые по сути представляют собой последовательные этапы исследований при выборе мест размещения объектов ЯТЦ:

1. Задачи – определение проблемы, выявление целей и определение границ решения;
2. Поиск – создание баз данных и определение средств достижения целей;
3. Толкование – построение моделей, их использование и анализ;
4. Реализация – агрегирование наиболее вероятной альтернативы или курса действий;
5. Подтверждение – экспериментальная проверка решения.

На рис. 3 представлена логическая схема, объясняющая действия по прогнозированию и обеспечению геодинамической безопасности объектов ЯТЦ.

Из нее видно, что «Опасность» для объекта ЯТЦ представляет ряд элементов, связанных с воздействием на объект геодинамических эндогенных и экзогенных геодинамических факторов. Воздействие этих факторов приводит к изменению свойств среды, опасным смещениям земной поверхности, деформациям и другим негативным явлениям.



Рис. 3. Логическая схема обеспечения геодинамической безопасности объектов ЯТЦ

С другой стороны, «Безопасность» объекта ЯТЦ обеспечивается комплексом наших действий по прогнозированию и предупреждению или, если это невозможно или экономически нецелесообразно, по снижению негативного воздействия указанных факторов. Объем и состав этих действий корректируется на основе обратной связи при анализе результатов исследований на различных этапах работ и масштабах. Эти исследования включают в себя два вида работ.

Работы, направленные на разработку комплекса мер инженерной защиты объекта [1]:

а) выбор оптимальной схемы расположения объекта, параметров его конструктивных элементов и т.д.;

б) разработка мер по снижению воздействий среды на объект и объекта на среду;

г) разработка мероприятий по обеспечению технологической безопасности эксплуатации промышленного объекта и др.

В основу данной методологии (рис. 4) системного заложены следующие принципы:

1. Последовательное уменьшение площадей рассматриваемых территорий, объемов или отдельных элементов геологической среды, постановка экспериментальных наблюдений на наиболее слабых звеньях, позволяющих получить максимум информации при минимуме затрат (зоны концентрации напряжений, зоны динамического влияния разломов, участки максимальных деформаций земной поверхности и т.д.), которые выявляются на основе детального анализа геологического материала и математического моделирования НДС;

2. Последовательное выполнение этапов, в соответствии с нормативными правилами, включая требования МАГАТЭ - а) выбор района и площадки; б) оценка их устойчивости; в) прогноз изменения на заданный период времени; г) геомеханический инструментальный мониторинг; д) разработка мероприятий по обеспечению устойчивости геологической среды и объекта ЯТЦ [5];

3. Учет взаимодействия объекта ЯТЦ и геологической среды и их взаимовлияния на пространственно-временное изменение напряженно-деформированного состояния породных массивов;

4. Концентрация усилий на изучении тех элементов, которые максимально интегрируют все воздействия и являются комплексными индикаторами устойчивости природно-техногенных систем «*объект ЯТЦ – геологическая среда*».

5. Использование оптимальных по длительности временных рядов инструментальных наблюдений за состоянием геологической среды происходящими в ней процессами, а также пространственно-временных масштабных факторов.

Центральной частью методологии являются разрабатываемые модели, описывающие структуру среды, динамику пространственно-временного изменения НДС и возможного разрушения горных пород:

- а) модель геодинамической эволюции района;
- б) многофакторная структурно-тектоническая модель;
- в) модель тектонического режима;
- г) модель распределения полей напряжений;
- д) модель разрушения породного массива.

Первый этап выполняется при выборе мест размещения объектов ЯТЦ, когда необходимы оценка и сравнение геологической среды нескольких конкурирующих районов или площадок внутри района.

На этой стадии большинство имеющейся информации характеризуется неопределенностью, мелкомасштабностью, зашумленностью помехами и количественный прогноз возможных смещений и деформаций практически невозможен, поэтому используется экспертный подход, позволяющий оценить внутреннюю потенциальную энергию территорий, определяющую скорость геодинамических процессов. Из-за этого применение традиционных методов интерпретации пространственных сложно-распределенных геолого-геофизических данных бывает неэффективно, поэтому для поиска структурных неоднородностей и геоморфологических признаков тектонической активности территорий возможно использование кластерного анализа на основе методов искусственного интеллекта [3, 16].

Второй этап. Тектоническая эволюция земной коры приводит к изменению НДС и структуры геологической среды, поэтому для объектов ЯТЦ, которые предполагается эксплуатировать длительное время, необходим прогноз эволюции среды на основе моделирования изменения во времени полей напряжений. Площадка считается благоприятной для размещения объекта ЯТЦ, если «обеспечено размещение площадки в пределах структурного блока, не нарушенного активными разломами и геодинамическими зонами, и обеспечена длительная сохранность свойств пород горного массива, в котором размещен объект ЯТЦ, по предотвращению распространения радиоактивных веществ после аварии».

В основе прогноза лежит многокомпонентная *структурно-тектоническая модель* объекта исследования, основная задача которой – выделение структурных элементов среды и прогноз их эволюции под воздействием меняющихся во времени полей напряжений. Структурно-тектоническая модель создается на основе использования существующих геологических, геофизических и геоморфологических методов выделения структур [2, 5, 15, 16]. Модель реконструкции тектонического режима территории необходима для задания граничных напряжений в математических моделях. Поле тектонических напряжений изменяется в пространстве и времени, сохраняя унаследованные тенденции предшествующего периода развития региона, индикатором которых являются структурно-тектоническая нарушенность и геоморфологические

характеристики района. Из теории анализа временных рядов известно, что при решении подобного рода задач длина временного ряда, на основе которого проводится экстраполяция, должна в 3...5 раз превышать временной интервал прогноза.

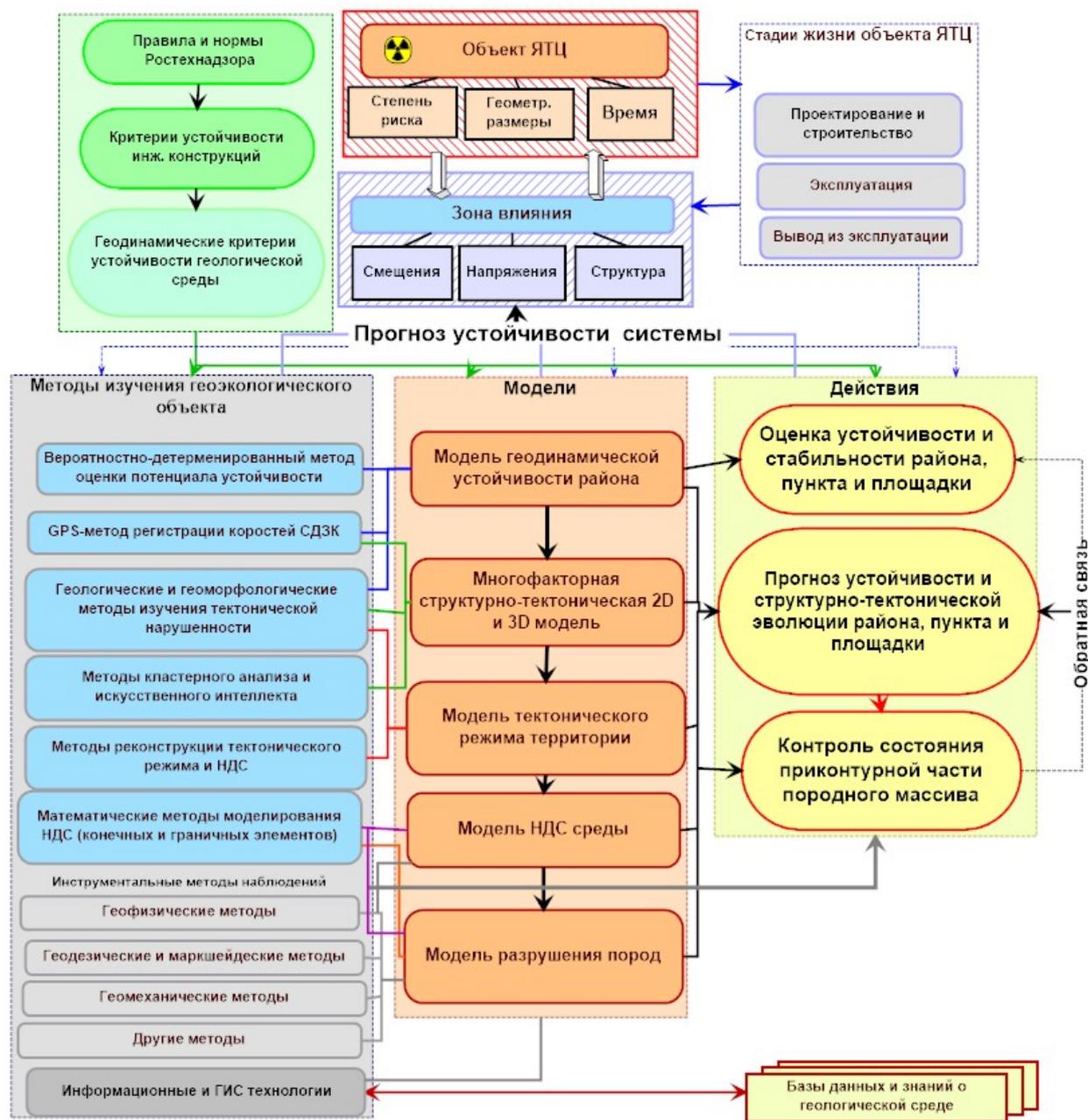


Рис. 4. Принципиальная схема прогнозирования геодинамической устойчивости геологической среды при выборе мест, проектировании и эксплуатации объектов ЯТЦ

При идентификации разновозрастных геодинамических режимов принимается во внимание вся совокупность тектонических элементов и структурных парагенезисов в структурных тблоках, возникавших в разные этапы проявления тектонических деформаций. Наиболее стабильной тектонофизической обстановкой характеризуются те структурных блоков, где современное поле тектонических напряжений характеризуется низкими абсолютными значениями главных нормальных и касательных

(скалывающих) напряжений при минимальных скоростях вертикальных движений поверхности.

На основе структурных моделей и моделей тектонического режима задаются граничные условия для расчетов НДС среды, которые позволяют выделить участки с максимальными значениями интенсивности напряжений и как наиболее вероятных мест разрушения породных массивов [1]. Оценка устойчивости структурных блоков основана на сопоставлении вычисленных значений полей напряжений с прочностными критериями [13].

Третий этап. Источником получения данных для проверки прогнозных моделей служат инструментальные методы. В ряде случаев, только методы, основанные на применении систем GPS/ГЛОНАСС позволяют проследить закономерности в пространственно-временном изменении СДЗК и соотношения региональных и локальных составляющих тектонических движений на дистанциях до 100 км [9, 11].

Список литературы

1. Батугин А.С. К оценке геодинамического риска // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2006. №9, с. 44-52.
2. Белов С.В., Морозов В.Н., Татаринев В.Н., Камнев Е.Н., Хаммер Й. Изучение строения и геодинамической эволюции Нижнеканского массива в связи с захоронением высокоактивных радиоактивных отходов // Геоэкология. 2007. №2. С. 248-266.
3. Гвишиани А.Д., Белов С.В., Агаян С.М., Родкин М.В., Морозов В.Н., Татаринев В.Н., Богоутдинов Ш.Р. Методы искусственного интеллекта при оценке тектонической стабильности Нижнеканского массива // Инженерная экология. № 2. 2008. С.3-14.
4. Квейд Э. Анализ сложных систем / Под ред. И. И. Андреева, И. М. Верещагина. – М.: Советское радио, 1969. -520 с.
5. Морозов В.Н., Татаринев В.Н. Методика выбора участков земной коры для размещения экологически опасных отходов. Геоэкология // М.1996. №6. С.109-120.
6. Морозов В.Н., Татаринев В.Н. Прогнозирование устойчивости геологической среды при выборе мест размещения и эксплуатации объектов ядерного топливного цикла // Инженерная экология. №5. 2008. С. 10-16.
7. Морозов В.Н., Гупало Т.А., Татаринев В.Н. Прогноз изоляционных свойств породного массива при размещении радиоактивных материалов в горных выработках // Горный вестник. №6. М. 1999. С. 99-105.
8. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. М., ИЛ, 1960, 150 с.
9. Татаринев В.Н. Геодинамическая безопасность на объектах ядерного топливного цикла // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов в России». № 1. 2006. С. 46-51.
10. Татаринев В.Н., Татаринев Т.А. Учет масштабного эффекта при наблюдениях за деформациями земной поверхности спутниковыми навигационными системами // Маркшейдерский вестник. №5. 2012. С.15-19.
11. Татаринев В.Н., Бугаев Е.Г., Татаринев Т.А. К оценке деформаций земной поверхности по данным спутниковых наблюдений. Горный журнал. №10. 2015. С. 27-32. DOI:<http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.10.05>.
12. Чернышев В.Н., Чернышев А.В. Теория систем и системный анализ. Тамбов. Из-во ТГТУ. 2008. 96 с.

13. S. V. Belov, A. D. Gvishiani, E. N. Kamnev, V. N. Morozov, V. N. Tatarinov Development of complex model of evolution of structural-tectonic blocks of the Earth's crust for choosing storage sites of high level radioactive waste // Russian Journal of Earth Sciences, Vol. 10, No 4, 2008.

14. Morozov V.N., Tatarinov V.N. Tectonic processes development with time in the areas of HLW disposal from expert assessment to prognosis // Int. Nuclear Energy science and Technology, Vol. 2. No, 1/2. 2006. Pp. 65-74. DOI: 10.1504/IJNEST.2006.010648.

15. Morozov V. N., Kolesnikov I. Yu., and Tatarinov V. N. Modeling the Hazard Levels of Stress-Strain State in Structural Blocks in Nizhnekanskii Granitoid Massif for Selecting Nuclear Waste Disposal Sites // Water Resources, 2012, Vol. 39, Issue 7, pp. 756–769.

16. Tatarinov V. N., Morozov V. N., Kolesnikov I.Y., Tatarinova T.A. Tectonic processes modeling and development with time in the areas of HLRW disposal // Conference of the International Association for mathematical geology. Geomathematics and GIS Analysis of Resources, Environment and Hazards. Beijing, China. 2007. № 1, pp. 199-202.

17. V. Tatarinov, V. Morozov, I. Kolesnikov, A. Kagan, T. Tatarinova. Geodynamic zoning for isolation of radioactive waste. 24 International Mining Congress and Exhibition of Turkey IMCET. 14-17 апреля. 2015. Antalya. 2015, pp. 508-513.

НОВЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О ЦИКЛИЧНОСТИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ В ЗОНЕ КОНТАКТА ЗАПАДНО- СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ

^{1,2}**В.Н. Татаринов, ¹В.Н. Морозов, ¹А.И. Маневич, ^{1,2}Т.А. Татаринова**
victat@wdcb.ru

¹*Геофизический центр РАН, Россия, г. Москва*

²*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта, Россия, г. Москва,*

В настоящее время в пределах Нижне-Канского массива (НКМ), который располагается на юге Енисейского кряжа, начинается строительство первого в России пункта глубинного захоронения высокоактивных радиоактивных отходов (ПГЗРО). Ряд исследователей исключает Енисейский кряж из структуры Сибирской платформы, придавая ему значение ее горного обрамления. Другие проводят западную границу Сибирской платформы по внешнему краю южной части Енисейского кряжа, без ее юго-западных отрогов. Третьи - считают его переходной зоной между Сибирской платформой и Западно-Сибирской плитой. В любом случае НКМ располагается в сложнейшем узле сочленения трех указанных тектонических структур. Суммарная амплитуда поднятия территории за неоген-четвертичный период оценивается в 400-500 м, а средняя скорость воздымания - 0,2 - 0,3 мм/год. Река Енисей делит район на левобережную зону отрицательных вертикальных движений и правобережную – положительных движений.

В 2010 г. специалистами ГЦ РАН, ОАО «Геолоком» и ФГУП ФЯО «ГХК» был создан геодинимический полигон для наблюдений за современными движениями земной коры (СДЗК) на основе глобальных спутниковых навигационных систем (ГНСС). Помимо чисто прикладной значимости работ для прогноза сохранности изоляционных свойств пород, был получен фундаментальный результат – доказана и инструментально

подтверждена цикличность геодинамических движений в этом регионе. Ниже приведены результаты наблюдений за СДЗК, которые были выполнены в 2010-2016 гг.

Основными тектоническими нарушениями в районе являются субмеридиональные разломы: Муратовский, Атамановский, Правобережный и Большетельский [1-3]. В соответствии с генеральным направлением ориентировки разрывов при создании геодинамической сети была выбрана схема размещения пунктов наблюдений в виде профиля, пересекающего с запада на восток крупные разломы непосредственно в зоне сочленения Сибирской платформы и Западно-Сибирской плит [4].

Считается, что расчет расстояний между пунктами наблюдений более точен, чем координат пунктов при недостаточном количестве эпох наблюдений [5, 6], поэтому проводился анализ изменения длин линий между эпохами 2010 - 2015 гг. Он показал, что в период с 2010 по 2013 гг. максимальные изменения длин базисных линий ΔL не превышали 10 мм, а в целом были существенно ниже. Однако в эпоху 2013 - 2014 г. резко возросло количество базисов, для которых ΔL лежали увеличились до 10 - 22 мм. Возник вопрос - за счет влияния каких причин это произошло: как результат возможных технических ошибок в расчете или наблюдениях, или это вызвано естественными природными причинами, связанными с геодинамическими смещениями земной поверхности. Для ответа было выполнено свободное уравнивание сети геодезических наблюдений. При уравнивании не использовались опорные значения координат. Такая сеть в геодезической литературе именуется нуль-свободной. При этом на поправки в неизвестные координаты накладывается условие минимума суммы их квадратов $[\delta X^2]=\min$. В результате уравнивания были получены компоненты векторов базовых линий и средние квадратических ошибки (СКО) (рис. 1).

Оценка СКО положения пунктов в плане для эпохи 2014 г. показала, что основная масса группируется в области 3 мм. Средние СКО в плане и по высоте составили 3,7 и 6,3 мм, соответственно. Результаты аналогичного уравнивания показали, что средние значения СКО в плане и по высоте для эпохи 2013 г. составляли приблизительно такие же величины - 3,9 и 6,6 мм, а в 2012 г. - 3,0 и 6,0, соответственно. Таким образом, очевидно, что высокие значения ΔL в 2014 г. вызваны природными факторами, а не помехами или ошибками.

Наиболее вероятной причиной увеличения величины ΔL в 2014 г. является известное фундаментальное свойство геодинамики - циклический характер развития движений, когда периоды затишья сменяются короткими периодами интенсификации. Цикличность видна при рассмотрении изменения длин отдельных базисов. Например, длина линии LP05-LP09 за период 2010-2012 гг. уменьшилась на 10 мм, но затем с 2012 по 2013 г. изменилась также на 10 мм, но уже сторону удлинения. В итоге среднегодовая скорость изменения за 3 года оказалась равной 0. Или линия 1207-OP2 - в первый год изменилась на -10 мм, во второй год на +11. В итоге

за два года практически не изменилась и составила +1 мм. Более детальный анализ расположения базисных линий, для которых по итогам 4-х летнего периода были получены максимальные скорости изменения базисов (удлинения или укорочения) позволил увидеть важнейшую закономерность в геодинамическом режиме данной территории. В 2014 г. максимальные скорости были зафиксированы для линий, связанных с пунктами, расположенными на берегу р. Енисей – пункты 1205, 1204, 1206, 1214, 1215, 1216 и пункт ОР02. Все они оказываются в зоне динамического влияния Муратовского разлома, который является границей Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты.

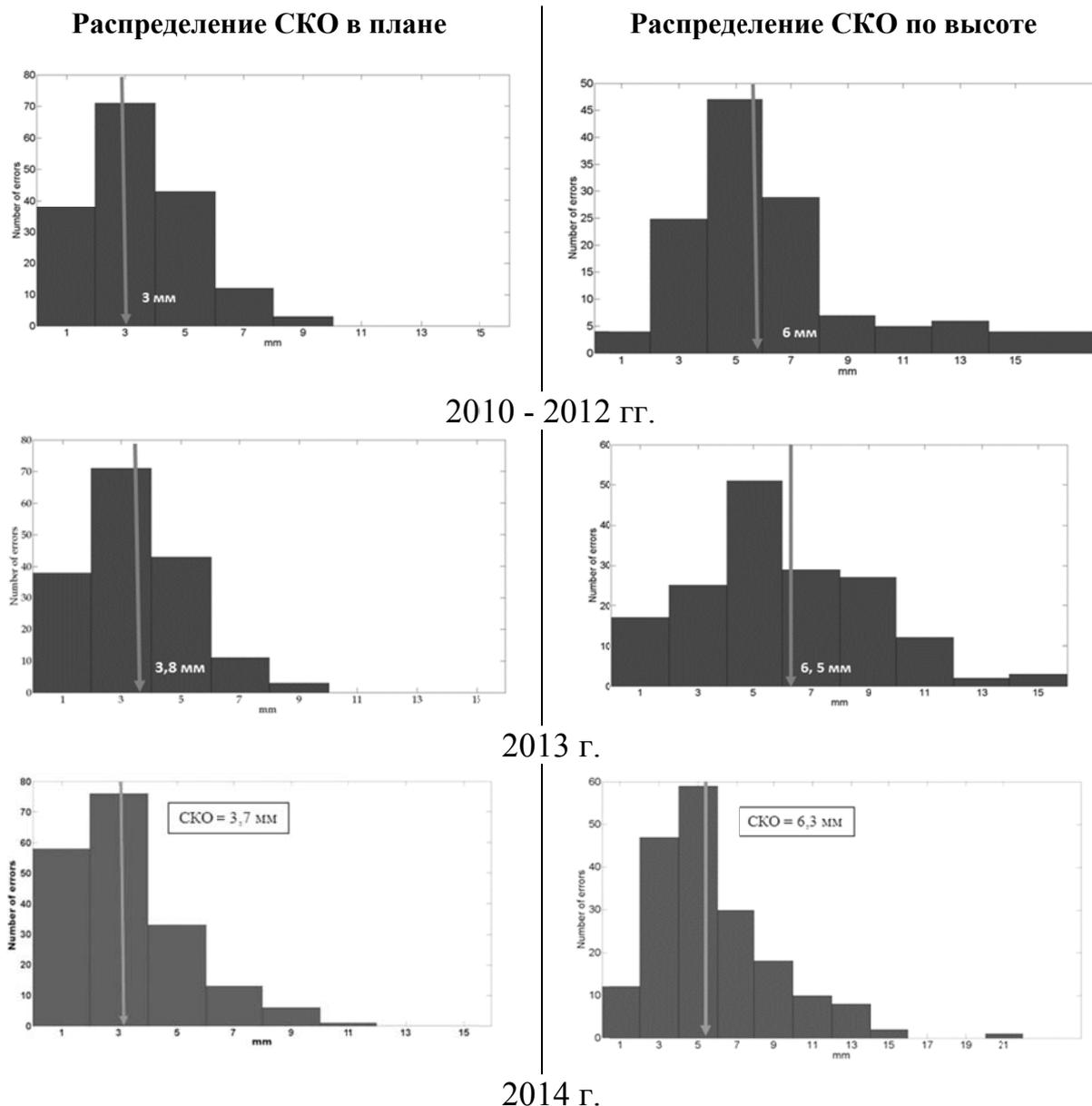


Рис. 1. Результаты уравнивания геодезической сети и оценки СКО

Из рис. 2 следует, что на всей правобережной части района базовые линии за период с 2012 по 2013 год уменьшились, т.е. имелась тенденция к сжатию геологической среды. В левобережной части, наоборот, почти все линии увеличили длину, т.е. среда испытывала растяжение. Через год (рис. 3)

картина сменилась на прямо противоположную. На правом берегу зарегистрированы растяжения почти для всех линий, а на левом – сжатие.

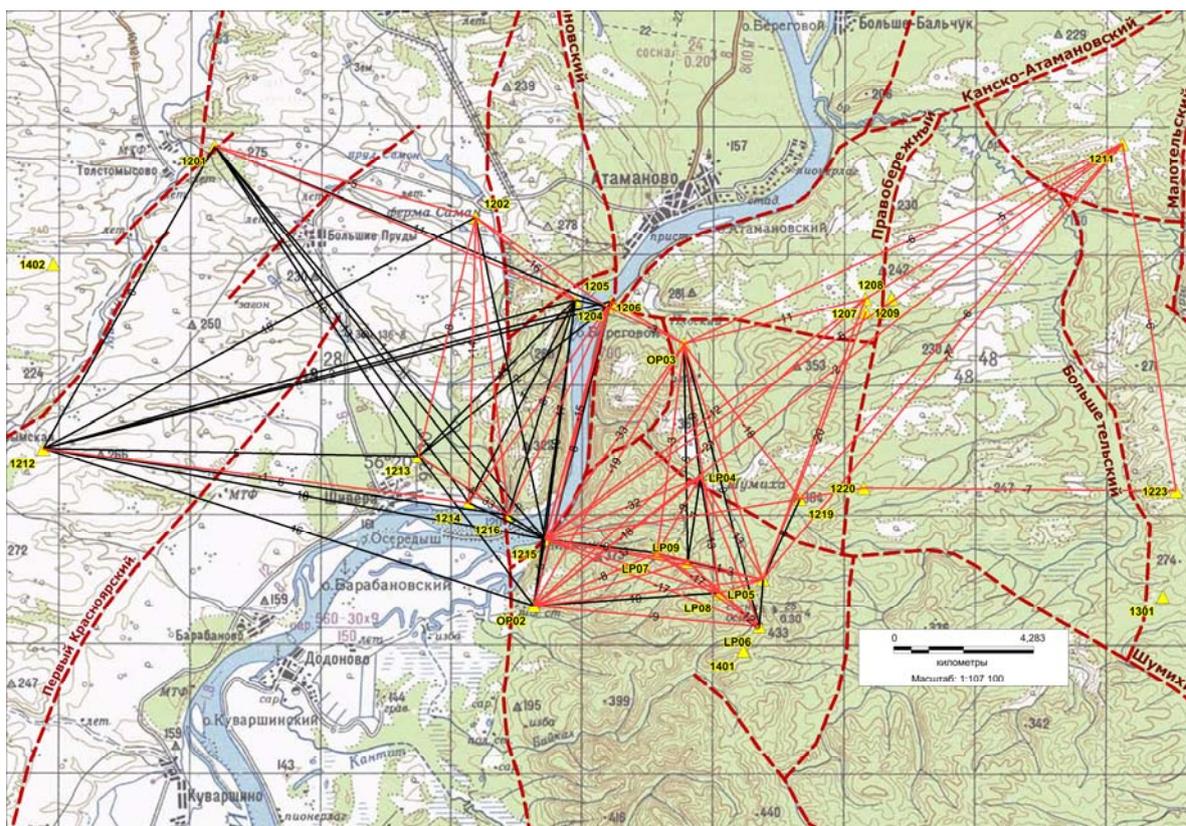


Рис. 2. Изменения длин линий в 2012-2013 гг.

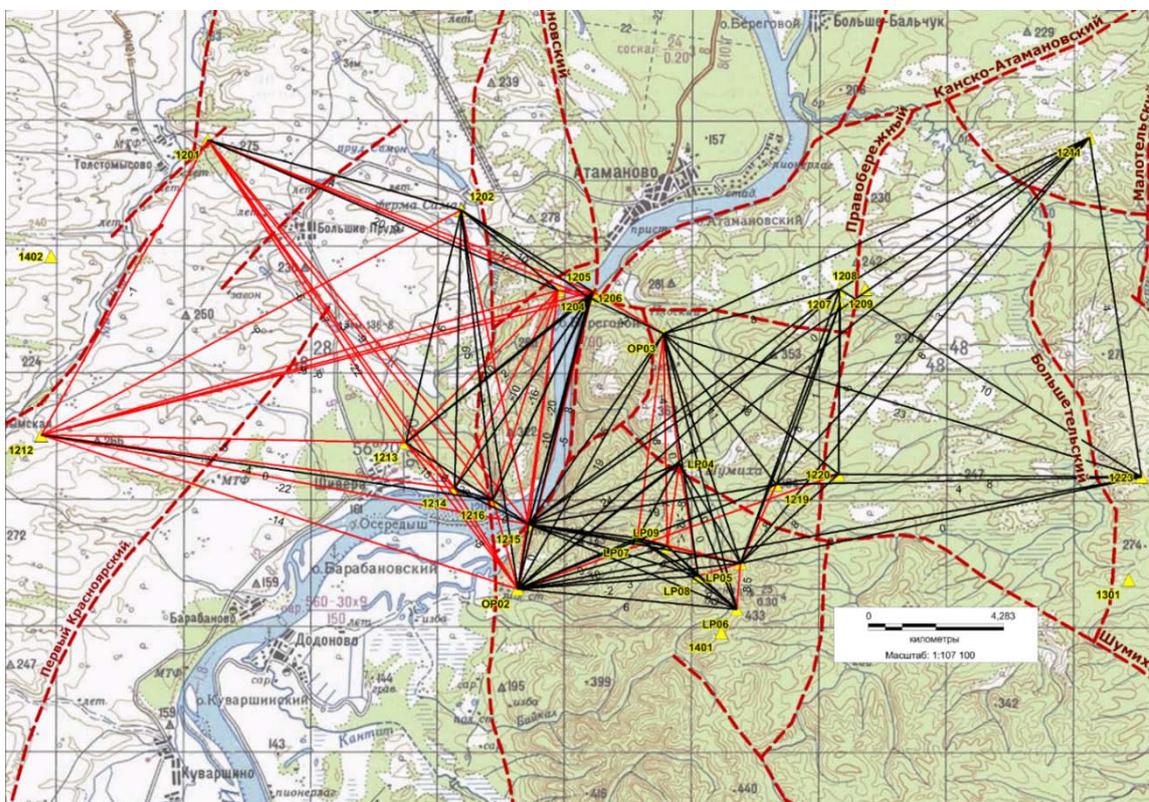


Рис.3. Изменения длин линий в 2013-2014 гг.

Объяснить этот факт можно только циклическим развитием СДЗК и является ярким подтверждением фундаментальных закономерностей геодинамических процессов, неоднократно установленных в различных (активных и платформенных) регионах земного шара. Вероятно, что именно в период 2013-2014 гг. произошел очередной цикл активизации тектонического режима данной территории. С другой стороны, это подтверждает мнение некоторых геологов, что тектонические зоны, связанные с положением р. Енисей, активны в настоящее время и делят регион на две тектонические провинции. Это было также подтверждено и в результатах моделирования напряженно-деформированного состояния пород и геоморфологического изучения данного района [1, 2, 6].

В интервале 2013-2014 гг. произошла активизация тектонической активности в результате сдвига по Муратовскому разлому или активизации вертикальных положительных движений глыбы Сибирской платформы, что стало причиной растягивающих напряжений на земной поверхности в восточной части и сжимающих в западной части района исследований. При этом независимо от причин, которые можно обсуждать, совершенно очевидна современная тектоническая активность Муратовского (и возможно Правобережного) разломов, так как именно по их границам происходит смена направленности изменения ΔL двух тектонических районов.

В работе [9] по результатам наблюдений на 25 подземных рудниках Урала выявлена пульсация тектонических напряжений с периодом 1,5-3,5 лет и амплитудой 20-40 % (10-40 МПа на глубинах 400-600 м) от уровня измеренных гравитационно-тектонических напряжений. Проводя аналогию с возможной циклическостью в районе НКМ, можно сделать предположение о похожем изменении напряжений на глубинах 500-600 м. Если это так, даже при существенно меньших вариациях напряжений, за счет циклическости геодинамических процессов они могут оказать влияние на сохранность изоляционных свойств породных массивов, как это отмечено в работе [10].

При геодинамическом районировании важно знать кинематику территории. Для построения векторов движений и дилатации земной поверхности были использованы подходы и алгоритмы, описанные в [11, 12]. Основой для обработки GPS-наблюдений стали векторы базовых линий и их корреляционные матрицы, полученные в результате статической обработки и диагностического уравнивания циклов измерений 2012-2016 гг.

Результат определения плановых векторов смещений за интервал времени 2012-2014 гг. показан на рис. 5. Результаты определения векторов смещений и оценок их точности свидетельствуют о том, что в целом деформации в районе незначительные. Как для второй, так и для третьей эпохи наблюдений значения векторов смещений выходят за пределы эллипса ошибок, соответствующего одинарной СКО, менее, чем в половине случаев. Единичные смещения выходят за пределы двойной СКО. Это говорит об отсутствии на исследуемой территории интенсивных деформационных

процессов. Исключением являются один локальный треугольник, ограниченный пунктами 1204, 1205 и 1206, а также пункт LP08 (рис. 4).

Для территорий, ограниченных треугольниками – конечными элементами, отобранными по схеме Делоне получены значения и ориентировка главных деформаций E_1 и E_2 , а также площадной деформации дилатации Δ , а также оценки их точности.

Важным моментом является разнонаправленное движение пунктов 1204, 1205, 1206. На рис. 4 они выделены овальным пунктиром. Как раз между ними проходит Муратовский разлом и такое разнонаправленное движение на достаточно малых расстояниях (до 1 км) может свидетельствовать о сдвиговом характере смещений по разлому в данный период времени. На рис. 5 показаны рассчитанные оси главных деформаций конечных элементов за период 2012-2015 гг.

Результаты определения деформаций свидетельствуют о том, что их подавляющее большинство имеет порядок $n \times 10^{-6}$, за исключением двух треугольников, содержащих короткую базовую линию 1204-1206, где деформации достигают $n \times 10^{-5}$ (также зона Муратовского разлома). С одной стороны, это является эффектом малой площади треугольника, так как значения векторов смещений в этом месте не превышают таковых в пределах всего геодинамического полигона.

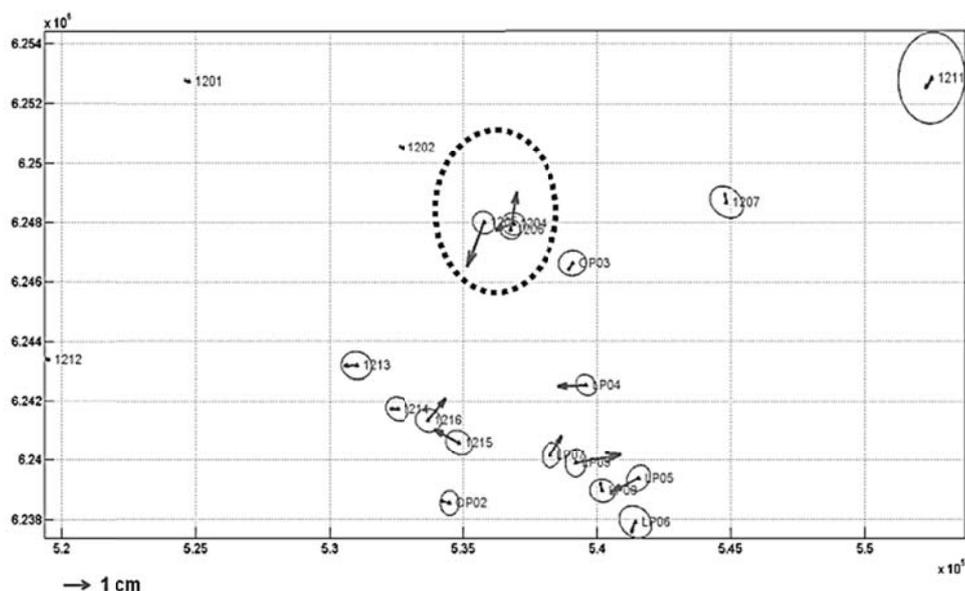


Рис. 4. Векторы плановых смещений 2012-2015 гг. и эллипсы их ошибок (1σ)

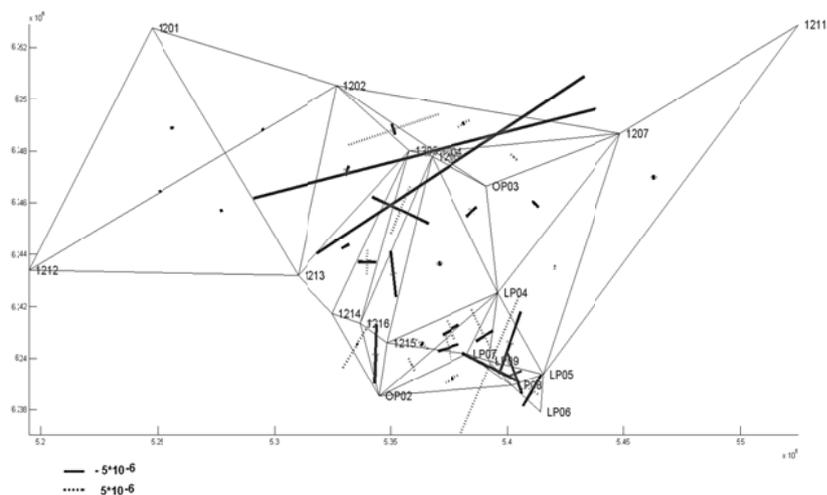


Рис. 5. Оси главных деформаций конечных элементов за период 2012-2015 гг.

Выводы

В зоне сочленения Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты, в районе строительства подземной исследовательской лаборатории для обоснования возможного захоронения радиоактивных отходов, создан геодинамический полигон для наблюдений за СДЗК на основе ГНСС. Геодинамическая сеть включает в себя 30 фундаментальных пунктов наблюдений. Разработана и опробована система обработки и интерпретации данных геодинамических наблюдений, учитывающая масштабный пространственно-временной эффект, которая позволяет проводить районирование территории по скоростям деформаций и градиентам земной поверхности.

За период 2010-2015 гг. получены скорости изменения длин линий между пунктами наблюдений, как наиболее точно отражающих современный геодинамический режим территории. В период 2013-2014 гг. зафиксирован цикл геодинамической активности в регионе, проявляющийся как в росте абсолютных значений скоростей смещений пунктов наблюдений, так и в изменении режима территории с растяжения на сжатие и обратно на правом и левом берегах р. Енисей. Полученные данные о горизонтальных движениях в регионе получены впервые и являются важными для понимания фундаментальных особенностей геодинамики района.

Необходимо дальнейшее накопление информации. Более обоснованные выводы о геодинамической устойчивости района будут возможны через 4-5 лет, когда зарегистрированные скорости СДЗК как минимум в 3 раза превысят паспортную точность метода в случае, если район тектонически активен. Необходим также анализ данных о горизонтальных движениях, полученных на основе применения ГНСС, в комплексе с результатами повторного нивелирования.

Список литературы

1. Белов С.В., Морозов В.Н., Татаринев В.Н., Камнев Е.Н., Жаммер Й. Изучение строения и геодинамической эволюции Нижнеканского массива в связи с захоронением высокоактивных радиоактивных отходов // Геоэкология. 2007. №2. С. 248-266.

2. Морозов В.Н., Колесников И.Ю., Татаринов В.Н. Моделирование уровней опасности напряженно-деформированного состояния в структурных блоках Нижнеканского гранитоидного массива (к выбору участков захоронения радиоактивных отходов) // Геоэкология. №6. 2011. С. 524-542.

3. Татаринов В.Н., Бугаев Е.Г., Татаринова Т.А. К оценке деформаций земной поверхности по данным спутниковых наблюдений. Горный журнал. №10. 2015. С. 27-32. DOI: dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.10.05.

4. Татаринов В.Н., Татаринова Т.А. Учет масштабного эффекта при наблюдениях за деформациями земной поверхности спутниковыми навигационными системами // Маркшейдерский вестник. №5. 2012. С.15-19.

5. Татаринов В.Н. Геодинамическая безопасность на объектах ядерного топливного цикла // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов в России». № 1. 2006. С. 46-51.

6. Morozov V. N., Kolesnikov I. Yu., and Tatarinov V. N. Modeling the Hazard Levels of Stress-Strain State in Structural Blocks in Nizhnekanskii Granitoid Massif for Selecting Nuclear Waste Disposal Sites // Water Resources, 2012, Vol. 39, Issue 7, pp. 756–769. <http://link.springer.com/journal/11268#page-1>. DOI:10.1134/S009780781207007X.

7. Батугин А.С., Болотный Р.А. Управление геодинамическим риском как путь к повышению экологической безопасности. // ГИАБ, № 7. 2009. с.86-89

8. Morozov V.N., Tatarinov V.N. Tectonic processes development with time in the areas of HLW disposal from expert assessment to prognosis // Int. Nuclear Energy science and Technology, Vol. 2. No, 1/2. 2006. Pp. 65-74. DOI: 10.1504/IJNEST.2006.010648.

9. Зубков А.В. Напряженное состояние земной коры Урала. Литосфера, 2002, №3, с.3-18.

10. Морозов В.Н., Гупало Т.А., Татаринов В.Н. Прогноз изоляционных свойств породного массива при размещении радиоактивных материалов в горных выработках // Горный вестник. №6. М. 1999. С.99-105.

11. Кафтан В.И. Докукин П.А. Определение смещений и деформаций по данным спутниковых геодезических измерений // Геодезия и картография. 2007. № 9. С.18-22.

12. Гвишиани А.Д., Белов С.В., Агаян С.М., Родкин М.В., Морозов В.Н., Татаринов В.Н., Богоутдинов Ш.Р. Методы искусственного интеллекта при оценке тектонической стабильности Нижнеканского массива // Инженерная экология. № 2. 2008. С.3-14.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИАРАЛЬЯ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

Г.Н. Таумуратова

info@aknuk.uz

*Каракалтакский научно-исследовательский институт естественных наук
Каракалтакского отделения Академии наук Республики Узбекистан
Республика Узбекистан, г. Нукус*

Проблема сахарного диабета (СД) является актуальной медико-социальной проблемой, относящейся к приоритетам национальных систем здравоохранения практически всех стран мира [3, 5]. Рост заболеваемости СД наблюдается независимо от успехов, достигнутых в изучении разных аспектов развития заболевания, разработки новых способов диагностики, внедрения современных методов лечения.

По данным ВОЗ СД I типа страдает один из каждых 500 детей и один из 200 подростков с наибольшей выраженностью пика заболеваемости в возрасте 7–11 лет [11]. Согласно современной концепции, СД I типа

развивается вследствие воздействия факторов внешней среды на генетически предрасположенный организм, причем вклад генетических факторов в развитие данного заболевания составляет 60-80% [5]. Вместе с тем специалистами установлено, что отличия связаны не только с различной степенью генетической предрасположенности в этнических группах, но и с факторами окружающей среды, соотношение влияния которых составляет примерно от 30% до 70% [4, 12]. Исследованиями установлено, что распространенность СД I типа в разных странах неодинакова. Пока не ясен вопрос о том, что является причиной данного феномена. Наибольшая частота СД I типа обнаружена в Финляндии, несколько меньшая - в Швеции и Норвегии [14]. Минимальные значения распространенности СД I отмечены в Японии и Мексике. Кроме того, частота СД I типа среди представителей разных этносов, проживающих на одной территории, различается [1, 2, 6, 14].

Генетические исследования, проводимые специалистами среди различных этнических групп, представляют несомненный интерес, так как генетические факторы остаются стабильными [1, 2, 7]. Использование межпопуляционного подхода при изучении ассоциаций генов является одним из наиболее перспективных для установления генетических основ СД.

В настоящее время недостаточно научных исследований, посвященных влиянию на заболеваемость СД I типа у населения различных объектов биосферы, подверженных антропогенному загрязнению [2, 7], в том числе и в условиях экологической ситуации региона Приаралья [6]. Практически отсутствуют работы, подтверждающие причинно-следственную связь между заболеваемостью СД I типа и факторами внешней среды [5, 12, 14]. Остается неизученным механизм воздействия антропогенных загрязнителей на инициацию процесса в поджелудочной железе, приводящего к деструкции β -клеток и сахарному диабету [5].

Цель исследования – выявить влияние антропогенных загрязнителей окружающей среды на заболеваемость СД I типа у населения Приаралья и разработать научно обоснованную программу их реабилитации

Методология исследования основана на международных принципах организации и проведения медико-экологических исследований. Согласно проведенной территориальной дифференциации Республики Каракалпакстан [10], нами были выбраны: северные районы – районы высокого экологического риска – Муйнакский, Тахтакупырский и Кунградский, Шуманайский; центральные районы – экологического риска – Нукусский, Кегейлийский, Чимбайский, Ходжелыйский, а также южные районы – районы с более оптимальными экологическими условиями проживания – Амударьинский, Берунийский, Элликкалинский и Турткульский. Для анализа тренда показателей заболеваемости рассчитывались абсолютный прирост/убыль, темп роста/снижения, темп прироста. Для корректного сравнения заболеваемости учитывались стандартизованные коэффициенты заболеваемости методом прямой стандартизации, при которой

заболеваемость рассматривалась для стандартной человеческой популяции.

В экологической характеристике учитывались: количество различных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух территорий от стационарных источников; количество пестицидов, внесенных в почву; количество загрязняющих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых в открытые водоемы, а также состояние качества питьевой воды, используемой населением Приаралья.

На первом этапе исследований в результате многолетнего экологического мониторинга состояния окружающей среды и показателей заболеваемости детей и подростков установлены особенности экологической обстановки в регионе Приаралья, к которым относятся значительные загрязнения атмосферного воздуха, питьевых вод, сельскохозяйственных угодий, водных объектов коллекторно-дренажными, хозяйственными и бытовыми сточными водами [6, 9, 13].

Для доказательства количественного влияния антропогенных загрязнителей на заболеваемость взрослого и детского населения СД I типа были построены математические модели с вычислением коэффициента детерминации (R^2), отражающего доли влияния каждого загрязняющего фактора [8, 11]. На основании проведенных исследований установлено, что доля влияния неблагоприятных факторов внешней среды на эпидемиологические показатели СД I типа увеличивается по мере нарастания экологической нагрузки. На экологически благоприятных состояниях территориях Каракалпакстана заболеваемость СД I типа оказывается зависимой от экологических факторов в 4,25% случаев, на экологически условно благоприятных – в 10,15% случаев, на экологически неблагоприятных – в 13,75% случаев.

Полученные результаты свидетельствуют о возросшем вкладе пестицидных нагрузок не только на детский организм, но и на организм взрослого населения, проживающих на территориях с экологически неблагоприятным состоянием, что, вероятно, обуславливает экологически зависимое повреждение эндокринной функции поджелудочной железы с инициацией развития СД I типа в 7,24% случаев. Доля чрезмерно загрязняющих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых в открытые водоемы края, а также качество питьевой воды не соответствующие нормативам ГОСТа (ГОСТ 950-2011 - Вода питьевая), увеличивают свое влияние на возникновение СД I типа на обследуемых территориях республики и иницируют его развитие (от 2,34% до 4,35%).

Таким образом, установлено, что из большого количества внешних загрязнителей окружающей среды патогенетически значимыми в формировании СД I типа у населения в экологических условиях Приаралья являются оксиды серы, углерода, пестициды, азотные удобрения, хлор- и фосфорорганические вещества, попадающие в организм человека через дыхательные пути, воду и продукты питания [9].

Доля влияния неблагоприятных факторов внешней среды на

эпидемиологические показатели СД I типа увеличивается по мере нарастания экологической нагрузки. Из рассмотренных территорий Приаралья экологически условно благоприятное состояние внешней среды со средними и низкими уровнями загрязнения имеет место в центральных и южных районах, а экологически неблагоприятное состояние среды обитания с высокими уровнями загрязнения – в северных районах Приаралья.

Список литературы

1. Балаболкин М.И, Дедов И.И. - Генетические аспекты сахарного диабета // Сахарный диабет, 2000, № 1, с.2-9.
2. Веремчук Л.В. - Экологическая обусловленность заболеваний сердечно - сосудистой системы и щитовидной железы в Приморском крае // Здоровье. Медицинская экология. Наука., 2009, №4-5, Т.39-40, с.31-33.
3. Гарипова М.И. - Изучение механизмов транспорта инсулина в крови человека. // Вестник Оренбургского государственного университета, 2007, № 75, с.72-74.
4. Гичев Ю.П. - Загрязнение окружающей среды и экологическая обусловленность патологии человека // Новосибирск: Наука, 2003, 136 с.
5. Дедов И.И, Шестакова М.В. - Сахарный диабет. // М.:Универсум паблишинг, 2003, 456с.
6. Ещанов Т.Б., Бисалиев Н.Б. - Здоровье населения Республики Каракалпакстан при сложившейся экологической ситуации // Экологические основы изучения проблем Приаралья: Материалы научно-практической конференции с международным участием, Нукус, 1999, Т.2, с.34-35.
7. Звиняковский Я.И. - Влияние комплекса факторов окружающей среды на заболеваемость населения // Гигиена и санитария, 1979, №4, с.7-11.
8. Иберла К. - Факторный анализ. // М.: Статистика, 1980, 398 с.
9. Курбанов А.Б., Ещанов Т.Б., Константинова Л.Г., Косназаров К.А. -Пестициды, применяемые в Республике Каракалпакстан. // Нукус, Каракалпакстан, 2003, 136 с.
10. Константинова Л.Г., Реймов Р.Р. - Пространственная дифференциация территории Южного Приаралья как зоны экологического бедствия: // Вестник Каракалпакского Отделения АН РУз, 1992, с.3-8.
11. Черняк, И.Ю. Шашель В.А. , Лопатина Л.М. - Использование индексного метода для оценки экологических условий проживания детей. // Медико-экологические и социально-экономические проблемы, пути их решения: Сборник материалов III Международного постоянно действующего конгресса «Экология и дети», Анапа, 2006, с.129-130.
12. Hayes C. - Environmental risk factors: Cleft lip and palate. From Origin to Treatment. // Oxford: Oxford University Press, 2002, p.159-169.
13. Mambetullaeva S.M., Kudaybergenova U.K. - Role of ecological factors in incidence formation population of Karakalpakstan. // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, 2014, № 1, p.3-7.
14. Williams G. - Handbook of diabetes // Ed. By G. Williams. J.C Pickup. UK.: Blackwell Science, 2003, 242 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ С РОСТОМ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В ЮЖНОМ ПРИАРАЛЬЕ

Б.С. Тлеумуратова, С.М. Мамбетуллаева

info@aknuk.uz

Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук

Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан

Республика Узбекистан, г. Нукус

Загрязнение окружающей среды - сложная и многоаспектная проблема. В условиях усыхания Аральского моря эта проблема усугубляется выносом ядовитых солей (сульфаты и хлориды) с обсохшего дна (рис.1). Фактор солепереноса (70 млн.т/год) стал доминирующим в ухудшении качества атмосферного воздуха. Моделирование переноса солей с постаквальной суши Аральского моря показало многократное превышение ПДК во время солепылевых бурь [1].



Рис.1 Ветровой вынос солей 15 марта 2002 г.,
синтезированное (1-3-ий каналы) изображение со спутника NOAA.

Вследствие загрязнения атмосферы по данным специалистов [2] состояние здоровья населения заметно ухудшилось по целому ряду показателей. Особое внимание в структуре заболеваемости обращает на себя рост таких экологически обусловленных заболеваний, как заболевания органов дыхания, пищеварения и онкологической патологии. Общеизвестно, что к индикаторам здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды, рекомендованным Европейским региональным бюро ВОЗ в рамках стратегии "Здоровье для всех", относятся аллергические заболевания [3]. Болезни органов дыхания занимают одно из ведущих мест в структуре заболеваемости населения Южного Приаралья: их вклад в заболеваемость всего населения составляет 38,9%, детского населения 46,4% [4].

По сведениям казахстанских ученых [5], проведенное комплексное обследование органов дыхания у детей Приаралья позволило выявить новые болезни, с особенностями течения хронических заболеваний верхних и нижних дыхательных путей, а также впервые диагностировать интерстициальные повреждения легких, приводящие к глубоким функциональным и цитоморфологическим изменениям легочной ткани, что является следствием неблагоприятной ситуации и загрязненности воздушного бассейна пыле-солевыми частицами.

Вместе с тем ввиду уникальности масштабного ветрового выноса солей с обсохшего дна количественные оценки связи повышенной концентрации сульфатов и хлоридов в атмосфере с ростом числа заболеваний дыхательных путей в мировой литературе отсутствуют. Наши исследования, направленные на восполнение этого пробела, позволили выявить корреляционные зависимости первичной заболеваемости населения Южного Приаралья болезнями дыхательных путей с динамикой концентрации сульфатов в воздухе. Модельные расчеты показали пространственное и временное совпадение поля концентрации солей с районированием и динамикой заболеваний дыхательных путей. Высокий коэффициент корреляции ($r=0,69$) обосновывает актуальность продолжения данного исследования относительно динамики других патологий в Южном Приаралье, а также с целью получения аналитического выражения связи «вынос солей → динамика заболеваний».

В заключение отметим, что ввиду масштабности выноса солей с постакальной суши Аральского (рис.1) исследование указанной связи актуально не только для Южного Приаралья, но и для территорий Казахстана, Туркменистана. Этой проблемой также озабочены ученые России: исследуется динамика роста отдельных видов заболеваний в Южном Урале и в Приволжье по сравнению с 1980 годом и показатели ухудшения данных по заболеваниям непосредственно в те дни, когда происходит загрязнение территории вредными солями [6].

Список литературы

1. Арушанов М. Л., Тлеумуратова Б. С. - Динамика экологических процессов Южного Приаралья. // Гамбург: Palmarium, 2012, 183 с.
2. Абдиров Ч.А., Курбанов А.Б., Константинова Л.Г. - Медико-экологическая ситуация в Республике Каракалпакстан и прогноз заболеваемости населения. // Нукус: Каракалпакстан, 1996, 19 с.
3. Kovacevic S., Nikolic S. - Risk factors associated with wheezing illness in young children // Abstracts of the 10th Congress of ERS, 2000, p.484.
4. Мамбетуллаева С.М. - Анализ факторов, влияющих на состояние здоровья населения в условиях экологического кризиса в Южном Приаралье. // International journal on Immunorehabilitation, М., «Медицина.–Здоровье», 2004, Т.6, № 1, с.169
5. Мажитова З.Х., Сейсебаева Р.Ж., Умбетова Л.Ж. Новые болезни органов дыхания у детей, проживающих в условиях загрязнения воздушного бассейна пыле-солевыми частицами. - http://www.albany.edu/ihe/Conferences/Almaty-2005/word_docs/SeysebaevaRu.rtf.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ: НА ПРИМЕРЕ РЕКИ БЕЛАЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

¹Р.А. Тороян, ²И.П. Тах

rubenet@mail.ru

¹*Майкопский государственный технологический университет*

²*Управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования
(Росприроднадзора) по Краснодарскому краю и Республике Адыгея,
Россия, г. Майкоп*

Введение

При оценке состояния экосистемы важно учитывать загрязненность водного объекта токсическими веществами. Наибольшую опасность среди них представляют тяжелые металлы. Известно, что в определенных концентрациях они не только влияют на качество пресных вод, но и становятся токсичными для гидробионтов и аккумулируются в их тканях. По трофическим цепям металлы могут попадать в организм человека. Один из наиболее объективных и надежных показателей загрязнения речной экосистемы и общей антропогенной нагрузки на него – содержание тяжелых металлов в донных отложениях. Предложенный метод оценки уровня загрязненности речных экосистем тяжелыми металлами по донным отложениям предлагается для совершенствования экологического мониторинга. Нормирование содержания тяжелых металлов, во многом определит пригодность водных объектов для хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного использования.

В основе современного законодательства различных стран, в том числе Российской Федерации, регулирующего антропогенные нагрузки на природную среду и обеспечивающего безопасность окружающей среды для человека, лежит система контроля уровней концентраций загрязняющих веществ с использованием стандартов допустимых концентраций. Для водной среды используются следующие нормативы: предельно допустимая концентрация веществ в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и предельно допустимая концентрация веществ в воде, используемого для рыбохозяйственных целей. Необходимо отметить, что используемые в настоящее время методы оценки качества воды с помощью системы ПДК загрязняющих веществ не дают полного представления о состоянии природных вод и не являются достаточной гарантией их охраны от загрязнения. При оценке уровня загрязненности реки используются среднегодовые концентрации содержания загрязняющих веществ в водном потоке. Для получения объективных среднегодовых значений требуется отбор и анализ большого количества проб, отобранных в разные гидрологические периоды года. Донные отложения – наиболее консервативный компонент речной экосистемы, отражающий уровень содержания тяжелых металлов в водной толще реки, поэтому донные

отложения могут выступать объективным источником информации о степени загрязнения водной системы в целом.

1. Природно-климатические условия бассейна реки Белая.

В соответствии с ботанико-географическим районированием Северо-Западного Кавказа (Буш, 1935) река Белая расположена в умеренно влажной зоне. Количество солнечных дней в году составляет 230–280 дней. Среднегодовая температура воздуха составляет $+10,6^{\circ}\text{C}$; самый жаркий месяц – июль со среднемесячной температурой воздуха $+23^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум отмечен в августе $+42^{\circ}\text{C}$. Наиболее низкие температуры воздуха наблюдаются зимой: среднемесячная температура составляет $-2,4^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум отмечен в январе и равен -31°C . Продолжительность безморозного периода составляет 190 дней.

Река Белая (Северо-Западного Кавказа) – второй по длине и самый мощный по водности левобережный приток р. Кубань, впадающий в Краснодарское водохранилище. Водосборный бассейн занимает площадь 5990 км^2 , длина водотока реки – 277 км. Река берет начало у вершин Главного Кавказского хребта на высоте 2197 м над у.м.. Бассейн реки вытянут в меридианальном направлении, и имеет асимметричное строение речной системы, принимая в среднем и нижнем течении в основном левобережные притоки и лишь в верховье – правобережные. В орографическом отношении бассейн р. Белая представляет сложный район: верхняя часть – это горные, предгорные территории, средняя и нижняя – наклонные предгорные равнины и плато.

Гидрографическая сеть по территории Республики Адыгея распределяется весьма неравномерно. Наибольших величин коэффициент густоты речной сети достигает в горных районах северного склона Большого Кавказа, особенно в западной его части. Здесь в верховьях реки Белая коэффициент густоты речной сети (по крупномасштабной карте) достигает $1,5\text{ км/км}^2$, составляя в среднем по зоне $0,7 - 0,9\text{ км/км}^2$. Коэффициент густоты речной сети в предгорной зоне составляет $0,6 - 0,7\text{ км/км}^2$ и уменьшается до $0,2 - 0,3\text{ км/км}^2$.

В бассейне р. Белая обитает 32 вида рыб, принадлежащих к восьми семействам. Ихтиофауна р. Белая изменяется по мере спуска к устью, где река постепенно принимает равнинный характер. В самых верхних участках реки и ее притоков обитает только форель. В районе ст. Даховская и с. Хамышки преобладает 5 видов (реофильных): форель, голавль, усач, пескарь и быстринка. В нижнем течении реки видовой состав рыб богаче, при этом к устью он меняется соответственно гидрологическому режиму реки. Обогащение видového состава идет, главным образом, за счет лимнофильных рыб: окуня, щуки, карася, овсянки, красноперки. При этом большие изменения наблюдаются в нижних участках, где в значительных количествах встречается лещ, густера, плотва, подуст, судак, сазан, красноперка, уклея и сом.

2. Методические аспекты исследования

Из многочисленных опубликованных данных следует, что минералогический состав и гранулометрические характеристики донных отложений контролируют изменение в них тяжелых металлов. Поэтому, при оценке уровня загрязненности речных осадков необходимо учитывать влияние указанных факторов и вводить соответствующие поправки. Широко используемым на практике приемом нивелирования различий в условиях формирования донных отложений является нормирование. Известно, что при этом используют различные варианты нормирования: по содержанию мелких фракций (< 20 мкм) в составе донных отложений [3]; по содержанию карбонатов, $C_{орг.}$ и Al_2O_3 [5]; расчет коэффициента концентрирования относительно кремния [4], относительно алюминия и лития [6], относительно железа [2]. Предполагается, что существует линейная связь между элементами, т.е. концентрация индикаторного элемента изменяется в зависимости от минералогического состава и гранулометрических характеристик донных отложений, и при этом пропорционально изменяется концентрация нормируемого элемента. Следовательно, нормирующий элемент должен быть важной составной частью одного (или более) носителя тяжелых металлов и отражать гранулометрическую изменчивость донных отложений.

Цель исследования – выявить путем нормирования концентраций тяжелых металлов по Mn и Fe в донных отложениях, подверженных антропогенному загрязнению на различных участках р. Белая. Её решения использовали так называемые подвижные формы тяжелых металлов, т.е. сорбированные, полученные путем мокрого разложения образца донных отложений при слабом нагреве смесью кислот $HNO_3 : H_2SO_4 : HCl : H_2O_2 = 2 : 1 : 1 : 2$ [1]. Концентрации тяжелых металлов (Fe, Mn, Zn, Pb и Cu) определяли атомно-абсорбционным методом на спектрометре “КВАНТ – АФА” (чувствительность $10^{-6} - 10^{-9}$ мкг/л). Измерения проводились в 3-х кратной повторности. Относительная ошибка в пределах 0,01 – 5%.

3. Результаты исследований

На протяжении всего участка исследований донные отложения р. Белая характеризуется слабоокислительными и окислительными свойствами. Наиболее низкие величины окислительно-восстановительного потенциала (от + 46 до + 346 мВ) с повышенными значениями рН (7,8 – 9,0).

Среди определяемых металлов в р. Белая превышение предельно-допустимых концентраций для питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДКв) наблюдалось в весенний период только по железу, а в осенний период по железу и по марганцу. Превышение предельно-допустимых концентраций для рыбохозяйственного водопользования (ПДКр) отмечалось для меди, цинка, железа и марганца повсеместно не зависимо от сезонных колебаний.

Сравнивались выборки по донным отложениям по отношению к фоновой зоне (Кавказскому биосферному заповеднику) с разделением на две

гранулометрические фракции (1,0 – 0,25 мм и < 0,25 мм). По трем створам из семи наблюдаются достоверные изменения по содержанию Fe ($t = 2,29 - 2,52$) в мелкой фракции и ($t = 2,10 - 2,28$) – крупной от ст. Ханская до аула Адамий. По содержанию Pb – пяти из семи створов отмечается высокая достоверность различий между мелкой и крупной фракцией ($t = 4,71 - 10,18$ и $t = 3,81 - 12,13$ соответственно) от пос. Министочник до аула Адамий. Высоко достоверные различия выявлены по содержанию Zn в пос. Министочник ($t = 4,56$ и $t = 6,27$ соответственно), пос. Краснооктябрьский - в мелкой фракции ($t = 12,05$) и крупной ($t = 13,30$) и аул Бжедугхабль ($t = 4,36$ – в мелкой). По содержанию Cu от ст. Даховская до аула Адамий ($t = 3,15 - 14,51$ и $t = 2,85 - 16,08$ соответственно) высоко достоверные.

Наибольшее количество подвижного марганца, свинца и меди в донных отложениях наблюдаются в весенний период (табл.1). В осенний период, для которого характерен интенсивный биологический круговорот, отмечается существенное снижение концентраций железа и цинка, что вызвано перемешиванием водных масс (гомותרмия), сопровождающимся окислением тяжелых металлов и выпадением последних в виде гидроксидов ($\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Zn}(\text{OH})_2$) (Hadbook, 2007).

Таблица 1. Содержание подвижных форм тяжелых металлов(мг/кг) в донных отложениях реки Белая.

Показатель	Fe	Mn	Pb	Zn	Cu
<i>Весна</i>					
Среднее значение	1162,99	85,61	7,42	10,10	5,16
Стандартная ошибка	291,75	21,40	0,32	0,41	0,17
Минимум	275,98	47,05	3,00	2,94	1,80
Максимум	2217,25	140,70	14,84	18,85	7,57
Коэффициент вариации, %	25,00	25,01	42,86	41,01	33,94
<i>Осень</i>					
Среднее значение	1178,67	58,84	2,44	12,59	2,59
Стандартная ошибка	294,67	14,30	0,11	0,52	0,09
Минимум	389,94	24,69	1,15	2,64	0,52
Максимум	1737,16	94,56	3,98	33,23	6,24
Коэффициент вариации, %	25,00	24,25	43,03	40,98	33,62

Анализ содержания тяжелых металлов в различных слоях донных отложений указывает на то, что оно изменяется под воздействием комплекса эндогенных (микрорельеф, активность микробиологических процессов, содержание органических веществ, pH, окислительно-восстановительные условия) и экзогенных факторов, в том числе антропогенных. Верхние слои более обогащены тяжелыми металлами, что вызвано их поступлением из водной толщи с биологическими компонентами и проточным связыванием с органическими веществами.

По всем изученным разрезам четко прослеживается снижение концентраций свинца, цинка, меди и железа вниз по профилю донных отложений (табл. 2).

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в иловых горизонтах реки.

Глубина отбора, см	Свинец	Цинк	Медь	Железо	Марганец
0 – 10	7,42±0,33	11,34±0,41	3,87±0,17	1235,78±293,23	72,22±17,41
10 – 20	6,87±0,31	8,08±0,33	3,61±0,14	1035,01±258,75	74,23±18,56
20 – 30	5,71±0,24	7,96±0,37	3,76±0,14	1166,43±291,61	77,68±19,42

Незначительное содержание тяжелых металлов в донных отложениях показывает достаточно однородное вертикальное распределение цинка, меди, свинца и железа, что свидетельствует о равномерной антропогенной нагрузке и близких к оптимальным условиям для «перемешивания» грунта.

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на адсорбционную способность ионов тяжелых металлов, являются размеры частиц. Определяющее значение имеет удельная площадь поверхности частиц (Потемкин, 1967). Статистический анализ связей концентраций металлов с размерами частиц донных отложений р. Белая показал, что коэффициенты корреляции имеют положительные значения для частиц 0,25 – 1,0 и < 0,25 мм. Хорошо адсорбируются Fe ($r = 0,99$), Pb ($r = 0,97$), Cu ($r = 0,69$), Zn ($r = 0,93$), Mn ($r = 0,45$). Это означает, что частицы ила – главный сорбирующий и коагулирующий материал для приведенных выше тяжелых металлов.

В литературе неоднократно отмечалась существенная роль в геохимических циклах Fe и Mn. Процессы круговорота ряда элементов между водой и донными отложениями связаны с оксидами и гидроксидами Fe и Mn – хорошими адсорбентами элементов из водных растворов вследствие высоких отрицательных значений заряда, большой удельной поверхности частиц и высокой емкости катионного обмена (Мизандронцев, 1990). По полученным результатам можно отметить, что природные сорбенты: марганец хорошо адсорбируют медь ($r = 0,92$), цинк ($r = 0,45$) и железо ($r = 0,44$) в крупной гранулометрической фракции (1,0 - 0,25 мм). Железо адсорбирует металлы в мелкой фракции (<0,25 мм) – для $r = 0,79$ (Cu), $r = 0,50$ (Zn) и $r = 0,65$ (Mn), что свидетельствует об идентичности процессов трансформации тяжелых металлов в донных отложениях и участие цинка и меди в редокс-цикле железа и марганца.

Из многочисленных опубликованных данных следует, что минералогический состав и гранулометрические характеристики донных отложений контролируют изменение в них тяжелых металлов. Влияние указанных факторов можно устранить нормированием концентраций тяжелых металлов по концентрациям индикаторного элемента. В таком случае предполагается, что существует линейная связь между элементами, т.е. концентрация индикаторного элемента изменяется в зависимости от минералогического состава и гранулометрических характеристик донных отложений, и при этом пропорционально изменяется концентрация нормируемого элемента. Следовательно, нормализующий элемент должен

быть важной составной частью одного (или более) носителя тяжелых металлов и отражать гранулометрическую изменчивость донных отложений.

Используются различные варианты нормирования содержания тяжелых металлов в донных отложениях: расчет коэффициента концентрирования кремния (Hirst, 1962); по содержанию мелких фракций (<20 мкм) в составе донных отложений (Groot, 1982); по содержанию карбонатов, органического углерода и Al_2O_3 (Horowitz, 1985); расчет коэффициента концентрирования относительно лития (Loring, 1990); относительно железу (Перельман, 1989).

Степень влияния гидроксида железа и оксида марганца на сорбцию металлов проявляется значительно больше, чем следовало бы ожидать исходя из их весового вклада в составе частиц донных отложений - это связано, со способностью данных природных сорбентов покрывать тонким слоем, поверхность других частиц твердого осадка, что значительно увеличивает их удельную рабочую сорбционную площадь. На основании этого можно предположить, что в качестве индикаторного элемента при сравнении содержания тяжелых металлов в донных отложениях рек, можно использовать концентрацию железа и марганца, которые выступают в качестве "сорбционной ловушки" для других металлов, являющимися хорошими природными сорбентами.

Установлено, что во всех точках отбора наблюдалась корреляционная зависимость между содержанием железа и изучаемыми металлами (Zn, Cu, Pb) в весенний и осенний период ($r = 0,32 - 0,80$, $r = 0,56 - 0,96$ соответственно) и между содержанием марганца и остальными тяжелыми металлами ($r = 0,25 - 0,92$, $r = 0,26 - 0,87$ соответственно).

При сравнении полученных данных (рис.1) видно, что нормирование по марганцу и железу нивелирует разницу между содержанием тяжелых металлов в различных фракциях донных отложений в пределах одного створа, но только при аэробных (окислительных) условиях ($Eh > + 200$ мВ относительно хлорсеребряного электрода сравнения) (рис.2).

В результате использования кластерного анализа нормированных удельных концентраций тяжелых металлов в донных отложениях по индикаторному элементу (железу и марганцу) была проведена сравнительная оценка уровня загрязненности тяжелыми металлами р. Белая и выявлены наиболее загрязненные участки. Сопоставление нормированных величин тяжелых металлов в донных отложениях р. Белая по марганцу в различные сезонные периоды отмечено, что в весенний период наиболее антропогенное воздействие испытывают участки реки выше г. Майкопа (пос. Министочник) по Pb и Zn; участки реки ниже г. Майкопа (ст. Ханская) и устье реки (аул Адамий) по Fe. В осенний период антропогенное воздействие испытывает р. Белая на участках в пос. Министочник - по Pb; ниже г. Майкопа (ст. Ханская) - по Cu; р. Белая ниже устья р. Пшеха (а. Бжедугхабль) - по Fe.

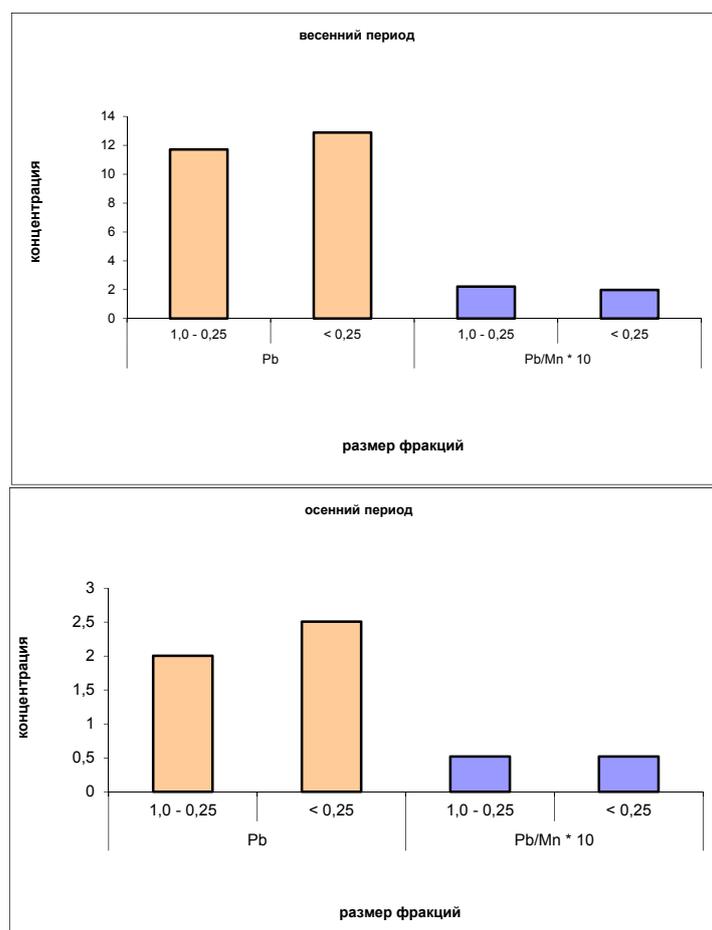


Рис. 1. Сезонное сравнение концентрации свинца в донных отложениях с их нормированием по марганцу.

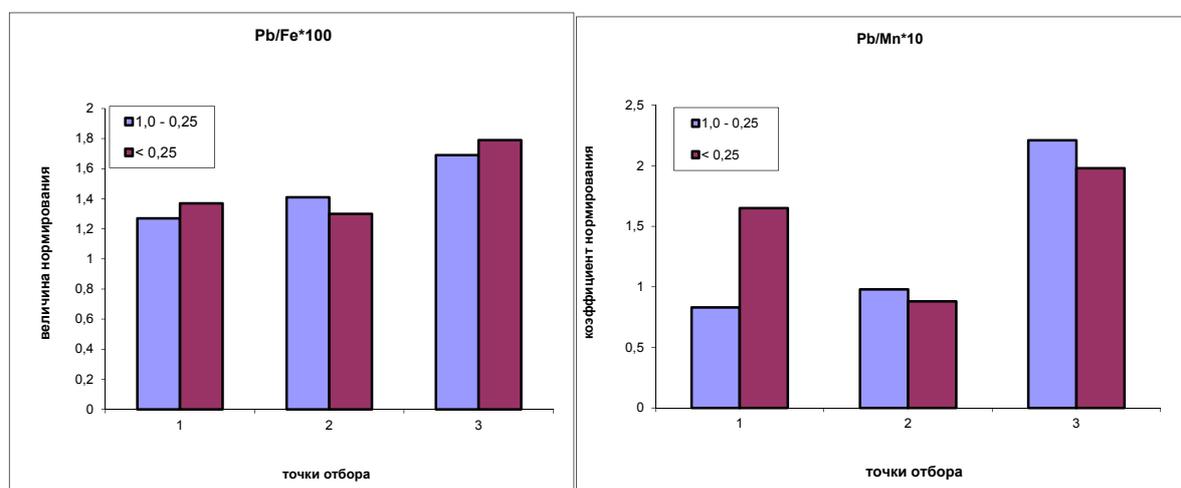


Рис. 2. Нормированные значения Pb в створах 1 - 3 р. Белая (створ 1, 2 – аэробные условия, створ 3 – анаэробные условия).

Нормирование величин тяжелых металлов по расчету концентрирования железа (индикаторный элемент) характеризуется высоким содержанием тяжелых металлов, что связано с антропогенным загрязнением донных отложений, участок р. Белая (пос. Министочник) по Pb и Zn в весенний период, а в осенний период (пос. Министочник и пос. Краснооктябрьский) по Pb и ниже г. Майкопа (ст. Ханская) по Cu.

При оценке уровня загрязненности донных отложений рек подтверждается тем фактом, что нормирование концентраций металлов по концентрации индикаторному элементу (как по марганцу, так и по железу), позволяет оценить экологическую нагрузку на речную экосистему, сопоставить уровень загрязненности в различные периоды времени, а также оценить накопление тяжелых металлов в донных отложениях р. Белая.

Заключение

В аэробных условиях решающее влияние на содержание тяжелых металлов оказывают концентрации марганца и железа, которые выступают в качестве "сорбционной ловушки" для других металлов, являясь хорошими природными сорбентами. Нормированные по марганцу и железу удельные концентрации тяжелых металлов в донных отложениях могут быть использованы для адекватной сравнительной оценки уровня загрязненности тяжелыми металлами как во временной, так и в пространственном аспектах. Загрязненные участки донных отложений р. Белая в весенний период выше г. Майкопа по свинцу и цинку и ниже г. Майкопа по железу, а в осенний период по свинцу в пос. Министочник, по меди – ст. Ханская и по железу – аул Бжедугхабль.

Список литературы

1. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. М: Химия, 1984. 432 с.
2. Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высшая школа, 1989. с. 286 – 287.
3. Groot A., Zshuppe K., Salomons W. Standardization of methods of analysis for heavy metals in sediments. – Hydrobiologia. 1982. V. 92. P. 689 – 695.
4. Hirst D.M. // Geochim. Cosmochim. Acta. 1962. V. 26. P. 1147.
5. Horowitz A.J. A primer on trace metal-sediment chemistry. – Alexandria, 1985. – 67 p.
6. Loring D.H.// Marine Chem. 1990. V. 29. P. 155.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ БЕЛАЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

¹Р.А. Тороян, ²И.П. Тах

rubenet@mail.ru

¹Майкопский государственный технологический университет

²Управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора) по Краснодарскому краю и Республике Адыгея, Россия, г. Майкоп

Аннотация

Представлены результаты исследования содержания, пространственного распределения и трансформации Fe, Mn, Pb, Zn и Cu в системе вода – донные отложения р. Белая. Проведено сопоставление полученных результатов с фоновыми концентрациями металлов, которые позволяют оценить антропогенную составляющую. Установлено, что сброс с промышленных предприятий, обуславливают повышенные концентрации металлов в донных отложениях на определенных участках бассейна р. Белая.

Ключевые слова: тяжелые металлы, донные отложения, взвешенные вещества, река Белая, Северо-Западный Кавказ, Республика Адыгея.

Введение

Республика Адыгея традиционно считается одним из экологически благополучных районов, но и здесь нерешенными остаются многие проблемы загрязнения окружающей среды. Одной из таких проблем является сброс использованных термальных вод из Майкопского термоводозабора в р. Белая, влияние как металлообрабатывающей и машиностроительной промышленности г. Майкопа, так и Белочеренского химкомбината где поступает значительное количества тяжелых металлов (Hg, Pb, Mn, Fe, Cu, Zn и др.), что порой превышает значение ПДС. Уровень содержания тяжелых металлов в донных отложениях поверхностных водоемов является важным показателем их антропогенного загрязнения.

Цель работы – изучить пространственное распространение и накопление тяжелых металлов на различных участках в донных отложениях р. Белая.

1. Природно-климатические условия бассейна реки Белая.

В соответствии с ботанико-географическим районированием Северо-Западного Кавказа (Буш, 1935) река Белая расположена в умеренно влажной зоне. Количество солнечных дней в году составляет 230–280 дней. Среднегодовая температура воздуха составляет $+10,6^{\circ}\text{C}$; самый жаркий месяц – июль со среднемесячной температурой воздуха $+23^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум отмечен в августе $+42^{\circ}\text{C}$. Наиболее низкие температуры воздуха наблюдаются зимой: среднемесячная температура составляет $-2,4^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум отмечен в январе и равен -31°C . Продолжительность безморозного периода составляет 190 дней. Зима короткая, мягкая, с частыми оттепелями, снежный покров неустойчивый, максимальная высота покрова составляет 15–20 см. За год с водной поверхности испаряется около 900 мм воды. Для равнинной и предгорной территории характерно сочетание избытка тепла с относительным недостатком влаги, в горной части увлажнение избыточное.

Река Белая – второй по длине и самый мощный по водности левобережный приток р. Кубань, впадающий в Краснодарское водохранилище. Водосборный бассейн занимает площадь 5990 км^2 , длина водотока реки – 277 км. Река берет начало у вершин Главного Кавказского хребта на высоте 2197 м над у.м..

2. Методические аспекты исследования

Оценка экологического состояния бассейна реки Белая осуществлялась методом экспедиционных обследований с отбором проб воды и донных отложений. Пробы воды, взвешенных веществ и донных отложений отбирались в 71 км ниже истока (кордон Лагерный) до устья реки (аул Адамий) через каждые 30–35 км (апробировано семь створов): I створ – кордон Лагерный (71 км от истока реки); II створ – станица Даховская (106 км); III створ – поселок Министочник (159 км); IV створ – поселок Краснооктябрьский (173 км); V створ – станица Ханская (192 км); VI створ – аул Бжедугхабль (219 км); VII створ – аул Адамий (275 км)(рис.1). В пробах

определялись содержание Zn, Cu, Mn, Pb, Fe и гидрохимические показатели – органический углерод, рН, окислительно-восстановительный потенциал (Eh), мутность и температуры воды (Алекин и др., 1973; Руководство..., 1977).

Отбор проб проводился в 2006 г., было апробировано семь контрольных створов в 71 км ниже истока реки на участке кордона Лагерного (территория заповедника) до устья (а Адамий) через каждые 40-45 км. Пробы донных отложений отбирались дночерпателем Петерсона Д-25 на глубине 10 см от поверхности залегания. Образцы донных отложений высушивали, разделяли на две гранулометрические фракции с диаметром ячеек 1,0 – 0,25 мм и < 0,25 мм и разлагали смесью кислот $\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}_2 = 2:1:1:2$ при слабом нагреве (определяли подвижные формы металлов: Zn, Cu, Mn, Pb, Fe). В ходе исследований также определялись гидрохимические показатели: рН, окислительно-восстановительный потенциал (Eh) и содержание органического углерода.

Определение концентрации тяжелых металлов в воде и донных отложениях проводилось атомно – абсорбционным методом (Pb и Cu - на спектрометре “КВАНТ – Z.ЭТА», Fe, Mn и Zn – “КВАНТ – АФА”). Проведена статистическая обработка: определены коэффициенты корреляции, доверительные границы изменения параметров для вероятности 0,95.

3. Результаты исследований

3.1 Содержание тяжелых металлов в донных отложениях.

Анализ результатов исследований по определению динамики подвижных форм изученных металлов в донных отложениях реки показал, что содержание металлов варьирует в широком диапазоне: Fe – от 276,0 до 2217,3 мг/кг, Mn – 25,1 – 140,7 мг/кг, Pb – 1,1 – 14,8 мг/кг, Cu – 0,5 – 7,5 мг/кг, Zn – 2,6 – 33,2 мг/кг. По величине концентраций металлы располагаются в следующий убывающий ряд: $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu}$ (табл. 1).

В исследуемых пробах содержание всех металлов находится на фоновом уровне, исключение составляют лишь отдельные точки отбора, где содержание Pb, Zn, Cu, Fe и Mn превышает уровень фона. Зарегистрированы максимальные величины концентраций Zn (1,2 – 1,9 раза) и Pb (1,4 – 1,7 раза) превышающие фоновые значения в донных отложениях на участке пос. Министочник, аул Бжедугхабль и устье реки; Cu (1,2 – 2,0 раза) – в нижнем течении р. Белая; Fe (1,3 раза) и Mn (1,6 раз) – в а. Бжедугхабль. Анализ динамики пространственного распределения тяжелых металлов в донных отложениях в зонах влияния предприятий показал тенденцию накопления большинства металлов не вблизи объекта (источника загрязнения), а на определенном удалении от него (1 – 3 км).

В ходе исследований состояния донных отложений на различных участках проведена обработка данных на выявление статистических зависимостей между определяемыми показателями. Были вычислены парные коэффициенты корреляции между показателями загрязнения донных отложений и физико-химическими показателями. Установлена прямая связь

между содержанием цинка и марганца ($r = 0,76$) и очень тесная связь между цинком и медью ($r = 0,90$). Заметно слабее выражена обратная зависимость между величиной рН и содержанием Mn, Pb, Zn и Cu, что подтверждает известную более высокую подвижность их в кислой среде.

Высокой величиной характеризуется зависимость между окислительно-восстановительным потенциалом и такими металлами как – (0,88) для марганца и (0,69) для цинка. Зависимость концентрации железа и органического углерода характеризуется как средняя ($r = 0,56$). Между концентрациями металлов и окислительно-восстановительным потенциалом отмечена положительная связь, а между кислотностью, органическим углеродом и металлами – обратная связь.

Анализ полученной матрицы корреляции показал, что сильной корреляционной зависимости между изучаемыми показателями нет. Зависимости между показателями, по всей видимости, свидетельствует о нелинейности связей между ними.

Таблица 1 Содержание тяжелых металлов в донных отложениях р. Белая, мг/кг сухого веса

элемент	фракция мм	Номер створа							С
		1	2	3	4	5	6	7	
рН	-	7,51	7,52	7,53	7,54	7,95	8,27	8,30	-
Eh	-	+ 229	+ 346	+ 49	+ 179	+ 61	+ 191	+ 167	-
	1 – 0,25	6,576	5,189	4,578	2,688	5,632	5,729	5,226	3,73
	< 0,25	5,104	4,041	5,945	2,331	6,287	6,778	6,076	3,77
	фон	3,67	3,86	3,06	2,57	4,95	3,15	4,97	3,76
	1 – 0,25	9,564	10,025	12,509	4,371	9,146	9,983	10,407	4,10
	< 0,25	10,306	9,570	14,983	4,228	11,520	13,317	11,415	4,11
	фон	8,16	10,08	7,28	4,87	9,74	6,80	8,99	4,06
	1 – 0,25	9,266	9,911	11,713	7,176	4,222	3,996	5,021	4,25
	< 0,25	9,632	9,347	12,891	6,423	4,345	5,038	4,901	4,24
	фон	10,57	10,09	8,32	5,46	4,16	2,67	3,53	4,24
	1 – 0,25	727,71	700,44	691,31	380,06	1699,99	1869,0	1870,5	25,0
	< 0,25	704,28	711,94	723,21	356,68	1822,67	2096,4	1983,6	25,0
	фон	745,00	714,60	640,37	349,65	1721,60	1524,9	2047,5	25,0
	1 – 0,25	112,86	101,10	67,97	53,097	91,67	96,01	98,97	25,0
	< 0,25	57,83	106,32	64,67	60,48	88,14	98,29	101,08	25,0
	фон	74,19	106,99	45,63	56,12	84,79	62,39	110,14	24,9
C _{орг}	1 – 0,25	19,33	23,17	22,82	83,83	16,65	99,54	23,05	-
	< 0,25	16,42	22,82	22,59	14,09	13,86	49,49	19,44	-

Примечание: доверительный интервал при $P = 0,95$ составлял (%): Fe – 8 - 45, Mn – 12 - 25, Cu – 7 - 25, Zn – 16 - 55, Pb – 16 – 50.

3.2. Нормирование концентраций тяжелых металлов в донных отложениях по марганцу и железу.

Современные методы оценки качества воды с помощью системы ПДК загрязняющих веществ не дают полного представления о состоянии речных вод. При оценке уровня загрязненности реки более правильно использовать

среднегодовые концентрации содержания загрязняющих веществ в водном потоке.

Для получения объективных среднегодовых значений требуются отбор и анализ большого количества проб, отобранных в разные гидрологические периоды года. Донные отложения – наиболее консервативный компонент речной экосистемы, отражающий уровень содержания тяжелых металлов в водной толще реки, поэтому они могут выступать объективным источником информации о степени загрязнения водной системы в целом.

Разработанный авторами метод позволяет выявить источники поступления тяжелых металлов, оценить экологическую нагрузку тяжелых металлов, как на отдельные участки, так и на речную экосистему в целом, оценить экологическую нагрузку на речные экосистемы в отдаленных районах, где организация створов экологического мониторинга невозможна.

Минералогический состав и гранулометрические характеристики донных отложений влияют на содержание в них тяжелых металлов (Линник, Набиванец, 1987; Потемкин, 1967; Moore, 1984). Концентрация индикаторного элемента изменяется в зависимости от минералогического состава и гранулометрических характеристик донных отложений, и при этом пропорционально изменяется концентрация нормируемого элемента. Следовательно, нормирующий элемент должен быть важной составной частью одного (или более) носителя тяжелых металлов и отражать гранулометрическую изменчивость донных отложений. Считаем, что при оценке уровня загрязненности речных осадков необходимо учитывать влияние указанных факторов и вводить соответствующие поправки.

В воде многие тяжелые металлы активно соединяются с аморфными гидроксидами железа и марганца, так как они являются хорошими природными сорбентами изучаемого набора тяжелых металлов. На основании этого можно предположить, что в качестве нормирующего фактора при сравнении содержания тяжелых металлов в донных отложениях и взвешенном веществе рек можно использовать концентрации железа и марганца.

Во всех точках отбора наблюдалась корреляционная зависимость между содержанием железа и изучаемыми тяжелыми металлами в весенний и осенний период ($r=0,32-0,80$, $r=0,56-0,96$ соответственно) и между содержанием марганца и остальными тяжелыми металлами ($r=0,25-0,92$, $r=0,26-0,87$ соответственно).

Полученные результаты показывают, что нормирование по марганцу и железу нивелирует разницу между содержанием тяжелых металлов в различных фракциях донных отложений в пределах одного створа при аэробных условиях (рис.1). Наблюдается отсутствие корреляционной связи концентрации свинца с основными «носителями» микроэлементов (железо, марганец и органическое вещество). Высокие коэффициенты корреляции

между Cu и Zn ($r=0,90$), Cu и Fe ($r=0,63$), Zn и Mn ($r=0,77$) указывают на общие источники загрязнения донных отложений этими металлами.

Кластерный анализ показал, что индикаторный компонент отражает влияние размерности фракций на содержание тяжелых металлов в донных отложениях, причем вариации концентраций тяжелых металлов на разных участках реки (кроме устья) обусловлены, в основном, изменением содержания фракций донных отложений 1,0–0,25 мм (песками разной крупности).

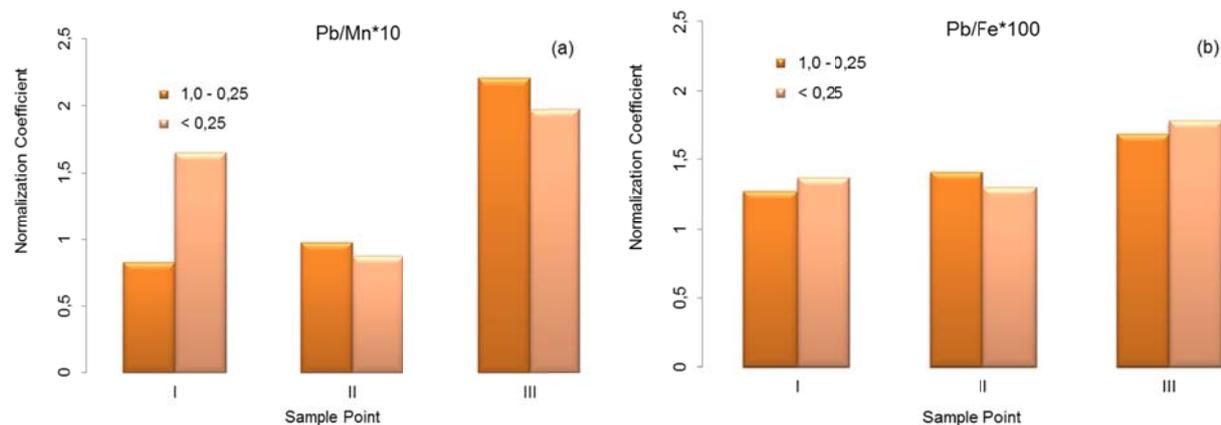


Рис.1. Нормированные значения Pb (a) и Mn (b) по Fe в створах I–III (створы I–II–аэробные условия; створ III–анаэробные условия).

Согласно работам (Salomons, 1984; DiToro, 1992; Мельничук, 1993; Третьякова, 2000) поступление тяжелых металлов и органического углерода в донные отложения преобладает в анаэробных условиях в мелкой гранулометрической фракции. Наши исследования этот механизм не подтвердили.

Наибольшее накопление тяжелых металлов и органического углерода наблюдается в крупной гранулометрической фракции донных отложений в аэробных и умеренно-анаэробных условиях. Результаты исследований показывают, что накопление тяжелых металлов и органических веществ в донных отложениях исследуемых участков реки Белая осуществляется двумя параллельно протекающими процессами. Повышенное содержание тяжелых металлов в анаэробных условиях связано с образованием и осаждением в донных отложениях нерастворимых сульфидов тяжелых металлов, а резкое уменьшение скорости деструкции органического вещества в восстановительных условиях приводит к накоплению органического углерода.

Вывод

Таким образом, анализируя в целом загрязнение металлов в верхнем слое донных отложений, следует отметить, что значительные величины содержания металлов в выше упомянутых створах привносятся с определенной хозяйственной деятельностью. На территории исследуемого участка реки на расстоянии 1 - 3 км выше пос. Министочник источником загрязнения тяжелыми металлами являются стоки сельскохозяйственных

угодий склоном более $2-3^0$, где вносятся минеральные удобрения и обработка термальных вод, где применяется дальнейший сброс недоочищенных стоков в реку. Загрязненность реки выявлена на расстоянии 1 км ниже города Майкопа, в зоне машиностроительного и металлообрабатывающего предприятия г. Майкопа. Влияние города Майкопа на речную систему оказывается в связи с локальной неэффективной очистки промышленных сточных вод перед сбросом в городскую канализацию и недостаточной очистки городских сточных вод ввиду физического износа очистных сооружений. Полученные нами результаты оценки концентраций металлов в иле в зоне влияния Белореченского химкомбината, отмечено существенное их увеличение - на участке аула Бжедугхабль (200 м ниже впадения р. Пшеха). Влияние химзавода на ландшафты реки Белой складывается из двух составляющих: 1) воздушный перенос выбросов и их оседание в пределах водосбора реки, 2) привнос загрязнений, выбрасываемых заводом и оседающих в мелких водоемах, расположенных вблизи завода и соединенных водотоками с притоками реки Белой.

Нормирование по донным отложениям отражает их гранулометрическую изменчивость, позволяет выявить источники поступления тяжелых металлов в речную систему, снизить объем химико-аналитических работ при оценке существующего уровня нагрузки тяжелых металлов на речные экосистемы, сократить расходы на организацию створов постоянного наблюдения.

Список литературы

1. Аринушкина Е.П. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 489 с.
2. Беус А.А. Геохимия литосферы. – М.: Недра, 1972. – 296 с.
3. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. – М.: Химия, 1984. – 432 с.
4. Буш Н.А. Ботанико-географический очерк Кавказа. – М-Л.: Изд-во АН СССР, 1935. – 107 с.
5. Гапеева М.В., Законнов В.В., Гапеев А.А. Локализация и распределения тяжелых металлов в донных отложениях водохранилищ верхней Волги // Водные ресурсы. – 1997. – Т. 24. – № 2. – С. 174–180.
6. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. – М.: ИПК Изд-во Стандартиформ, 1980. – 7с.
7. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. – М. Изд-во Стандартиформ, 2008. – 48 с.
8. Денисова А.И., Нахшина Е.П., Новиков Б.И., Рябов В.К. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды. – Киев: Наука думка, 1987. – 164 с.
9. Дополнительный перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ в воде рыбохозяйственных водоемов к «Обобщенному перечню ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов» (№ 12-04-11 от 09.08.90 г.). – М. 1990. – 12 с.
10. Зубкова Е.И. Тяжелые металлы в донных отложениях р. Днестра и Дубоссарского водохранилища // Гидрологический журнал. – 1996. – Т. 32. – № 4. – С. 94–102.
11. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в природных водах. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 270 с.

12. Линник П.Н., Тимченко В.М. О содержании тяжелых металлов на взвешях дунайской воды//Гидробиологический журн. – 1986. – Т. 22. – № 3. – С. 76–79.
13. Международный стандарт ISO - 5667/3:2012. Качество воды. Отбор проб. Ч. 3. Руководство по хранению и обращения с пробами. – Германия, - 64 с.
14. Международный стандарт ISO - 5667/4:1987. Качество воды. Отбор проб. Ч. 4. Руководство по отбору проб из естественных и искусственных озер. – Германия, - 35 с.
15. Мельничук В.И. Круговорот серы и связывание тяжелых металлов в донных отложениях // Антропогенное перераспределение органического вещества в биосфере. – СПб.: Наука, 1993. – С. 104–108.
16. Мизандронцев И.Б. Химические процессы в донных отложениях водоемов. – Новосибирск: Наука, 1990. – 176 с.
17. Нормы и критерии оценки загрязнения донных отложений в водных объектах. Региональный норматив. – СПб., 1996. – 20 с.
18. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М., 1990. – 44 с.
19. Потемкин В.Н. Гранулометрический анализ морских донных отложений. – М.: Наука, 1967. – 128 с.
20. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 8. Северный Кавказ/Под. Ред. В.В. Куприянова. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 448 с.
21. Di Toro, D.M. Acid volatile sulfide predicts the acute toxicity of cadmium and nickel in sediments /D.M. Di Toro, J.D. Mahony, D. J. Hansen et al. //Environmental Sci. Technol. – 1992. V.26. – p.96-101.
22. Forstner U. Nonlinear release of metals from aquatic sediments //Biogeodynamics of pollutants in soils and sediments / Eds. W.Salomons, W.M. Stigliani. – Berlin: Springer - Verlag.,1995. – P. 247–307.doi:10.1007/978-3-642-79418-6_11
23. Fischer H.B. Mixing in inland and coastal waters / Eds. H.B. Fischer, E.J. List, R.C.Y. Koh, J. Imberger, N.H. Brooks. New York. Academic Press,1979.– 83 p.
24. Forstner U. Metal concentration in freshwater sediments natural background effects //Proceedings of Int. Conf. « Interaction between sediments and fresh water» - Amsterdam: Hague. - 1977. – P. 94– 103.
25. Forstner U. Metal speciation - General Concepts and Applications //Intern. J. Environ. Anal. Chem. – 1993.– V. 51. – No 1-4. – P. 5–23.doi: 10.1080/03067319308027608
26. Forstner U. Metal pollution in the tidal Elbe River // Sci Total Environ. 1990. – V. 97/98. – P. 347–368.doi: doi:10.1016/0048-9697(90)90250-X
27. Forstner U. Wittmann, G.T.W. Metal pollution in the aquatic. Springer-Verlag. New York. Second Revised Edition. - 1981. -486 p.
28. Handbook in the toxicology of metals / Eds. G.F. Nordberg,B.A. Fowler, M. Nordberg, L.T. Friberg.– Amsterdam: Elsevier,2007.–975p.doi:10.1016/B978-012369413-3/50110-5
29. Horowitz A.J.A primer on trace metal-sediment chemistry/ U.S. Geological Survey. Water Supply Paper No 2277 –1985. – 67p.
30. Moore J.W. Heavy metals in natural waters/ J.W. Moore, S. Ramamoorthy. New York; Berlin; Heidelberg: Springer, -1984. 289 p.
31. Plant J.A.Raiswell R.Principles of environmental geochemistry// Applied environmental geochemistry / Ed. I. Thornton. –London:Academic Press, 1987. –P. 1 – 39.
32. Salomons, W, Metals in the Hygrocycle. – Springer. –Verlag. Berlin. Heidelberg. New York. 1984. – p. 89-98.
33. Biogeodynamics of pollutants in soils and sediments / Eds. W. Salomons,W. Stigliani.– Berlin: Springer-Verlag, 1995. – 353 p.doi: 10.1007/978-3-642-79418-6
34. Steell K.F., Wagner G.H.Trace metal relationships in bottom sediments of freshwater

stream the Buffalo River.Arkansas// J. Sediment Petrol. 1975. V. 45.No1. p. 310 – 319.doi: 10.1306/212F6D4D-2B24-11D7-8648000102C1865D

35. *Vasiliev O.F., Papina T.S., Pozdnjakov Sh.R.* Suspended sediment and associated mercury transport – the case study on the Katun River // Proceedings of the Fourth International Symposium on River Sedimentation, Beijing, China, Post-Symposium Proceedings, IRTCES, //P, 1990..P.155-162.

36. Yeats P.A.,Loring D.H. Dissolved and particulate metal distributions in the St. Lawrence estuary // Canad. J. Earth Sci. 1991. - Vol. 28.No 5. -P. 729-742.doi: 10.1139/e91-063

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛМАЗНЫХ НАНОКРИСТАЛЛИТОВ И НАНОНИТЕЙ

Е.В. Туфиков, В.Ю. Бузько

tufikov@bk.ru

Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

Алмазоподонные наночастицы имеют большой потенциал применения в современной и перспективной наноэлектронике в качестве основы высокотеплопроводных покрытий для подложек высокоскоростных электронных чипов, а также перспективны в качестве активных элементов нано- и микроразмерных низковольтных электронных эмиттеров. Существующие методы получения алмазоподонных наночастиц позволяют получать как квантовые точки нанодиамантоидов так и алмазные нанонити.

Нами было рассмотрено применение известного расширенного метода молекулярных орбиталей Хюккеля (PMX или ЕНТ) для моделирования электронных характеристик квантовых точек наноалмазов и алмазоподобных нанонитей. Проведенный литературный обзор показал, что величина ширины запрещенной зоны в наноалмазах и алмазоподобных нанонитях лежит в диапазоне 4,5-5,65 эВ [1-4].

Нами были изучены представители семейства квантовых точек нанодиамантоидов в виде тригональной пирамиды (от C_{26} до C_{646}) (рисунок 1) и три типа алмазных нанонитей (от C_{40} до C_{450}), оптимизированных методом молекулярной механики ММ+.

Установлено, что в классическом варианте с константой равной 1,75 расширенный метод Хюккеля дает завышенные в среднем на 3,5-3 эВ величины ширины запрещенной зоны и заниженные на почти 3 эВ значения работы выхода электрона для модельных нанодиамантоидов. Использование рекомендованного значения константы Хюккеля для твердых тел, равной 2,3, приводит к ошибочным предсказываемым значениям ширины запрещенной зоны и работы выхода электрона для изученных модельных нанодиамантоидов. По-видимому, причиной этих проблем является сильное отличие в электронных плотностях ядра нанодиамантоида из атомов углерода в sp^3 -гибридизации и наличие большой доли атомов водорода на гранях нанодиамантоида.

Обнаружено, что использование измененной величины константы Хюккеля в PMX, равной 1,45-1,55, позволяет хорошо предсказывать значения

величины запрещенной зоны и работы выхода электрона для изученных модельных нанодиамендодов и алмазоподобных нанонитей.

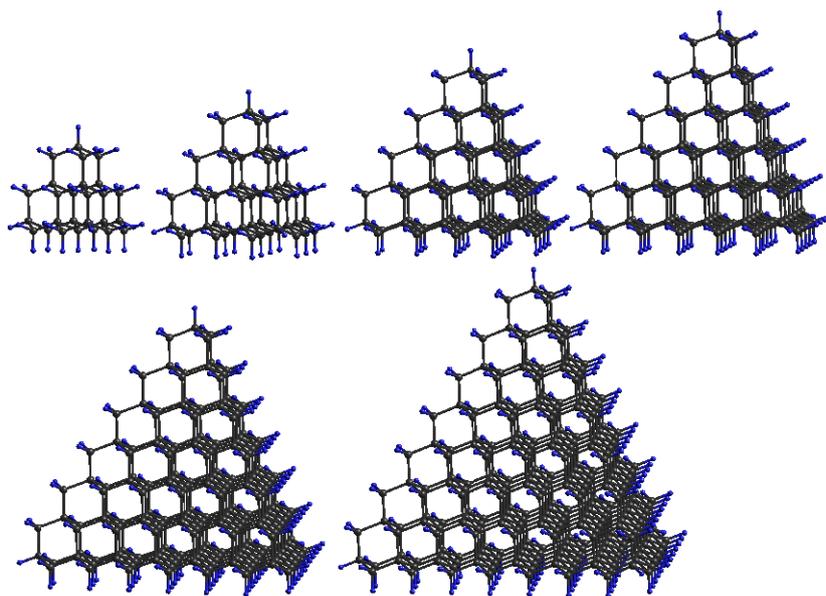


Рисунок 1 – Модельные структуры тригонально-пирамидальных нанодиамендодов

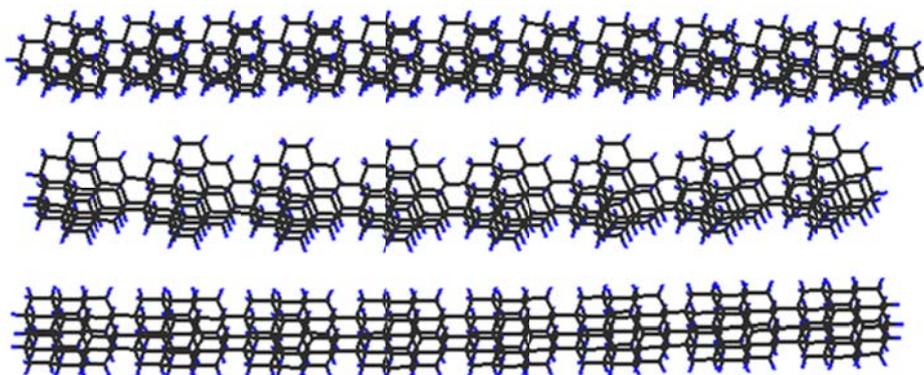


Рисунок 2 – Модельные структуры трех семейств алмазных нанонитей

Таким образом, установлено, что для моделирования электронных характеристик квантовых наноалмазов и алмазоподобных нанонитей расширенным методом Хюккеля необходимо использовать оптимальное значение константы равной 1,5, а не 1,75 как рекомендовано в ранних работах для кристаллического алмаза.

Список литературы

1. A. Mainwood. *Properties and Growth of Diamond*, ed. G. Davies. INSPEC, London, 1993, p. 3.
2. H.F. Cheng et al., *J. Appl. Phys.*, 97, 044312 (2005)
3. S. Turner et al., *Adv. Funct. Mater.*, 19, P. 2116–2124 (2009)
4. H. Huang et al., *J. Mater. Chem.*, 18, P. 1347–1352 (2008)

ЭКОЛОГО-ПОПУЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ

Г.Н. Утемуратова, Б.О. Дусимбетов

info@aknuk.uz

Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук

Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан

Республика Узбекистан, г. Нукус

В условиях все более широкого осознания системообразующей роли биоты в сохранении условий существования цивилизации [3, 6] усиливается акцентация "биодиверсификационной" стратегии сохранения и восстановления биоразнообразия [9, 10]. С этих позиций деление на "особо важные" и "маловажные" объекты в значительной мере теряет смысл. Особую актуальность приобретают исследования некоторых "модельных" групп биоты, имеющих длительную историю изучения [1]. Это может способствовать более быстрому выявлению происходящих изменений и отработке методов мониторинга, оценки и прогноза состояния, а также сохранения видов и сообществ. Одним из таких модельных объектов длительное время являются мелкие млекопитающие [6, 7, 11]. Несмотря на многолетний опыт исследований в области экологии мелких млекопитающих, интерес ученых к данной теме не ослабевает и по сей день, это приводит к более глубокому и полному познанию закономерностей и механизмов функционирования популяций данной группы животных и открытию новых сторон их практической значимости.

Для большинства популяций мелких млекопитающих в различных биотопах Южного Приаралья характерно неравномерное размещение особей в пространстве, что в свою очередь определяется значительной гетерогенностью среды обитания животных, а также различными биотическими отношениями между особями в самих популяциях. Хозяйственная деятельность человека изменяет природные условия местообитания животных, облик естественных стадий, превращая их в культурные площади с комплексом особых экологических условий. Анализ сообществ животных проводили на основании структурных характеристик: количества видов, степени доминирования и относительной численности.

Изучение территориального размещения мелких млекопитающих показывает тесную связь с данной местностью, характеризующейся комплексом орографических, флористических, микроклиматических и биоценологических условий. Как, известно, биоценологическая группировка является членом определенного биоценоза, и местообитанием ее служит биотоп. Сходство видового состава сообществ мелких млекопитающих увлажненных территорий относительно велико. Основные изменения в реакции сообществ на антропогенное воздействие долины и дельты Амударьи обнаружены в соотношении численности и состава видов. Результаты расчета степени биотопической приуроченности показали, что количество видов, предпочитающих трансформированные территории – пять,

к числу максимально предпочитающих можно отнести только синантропов. Число видов, предпочитающих естественные территории – 3. Степень приуроченности максимальна у гребенщиковой песчанки, илийской полевки и пластинчатозубой крысы ($R = 1,00$) и высока у ондатры ($R=0,86$). По числу видов с положительной степенью приуроченности каждый из биотопов естественного ряда превышает антропогенные местообитания тростниковых сукцессий [7-9].

Характер динамики численности синантропных видов (домовая мышь, пластинчатозубая крыса) во многом синхронен. Судя по собранным фактическим данным (2000-2015 гг.) годы пиковой численности, спадов и относительных подъемов приходились через два года на третий (раз в три года). Годовые уровни численности сходным образом проявлялись в трансформированных и естественных ландшафтах. Естественная вариация общего обилия, связанная с пространственно-временной гетерогенностью населения мелких млекопитающих увлажненных экосистем низовьев Амударьи составляет около 32 %, а около 60% варьирования численности вызвано воздействием факторов антропогенной трансформации ландшафтов (опустынивание и аридизация). При максимальном обилии антропогенное воздействие на 19 % определяет вариабельность показателя относительной численности, при низком уровне численности – на 51%.

В результате исследований было выявлено, что реакция сообществ мелких млекопитающих на процессы опустынивания зависит от их экологической специфики. При возникновении сукцессии опустынивания и аридизации территории низовьев Амударьи на месте исходно богатых в видовом отношении интразональных биотопов пойменных комплексов видовое разнообразие и суммарное обилие животных снижаются, тогда, как при трансформации сравнительно обедненных тугайных сообществ они возрастают. Амплитуда динамики обилия населения животных трансформированных территорий по сравнению с естественными условиями увеличена (за исключением илийской полевки), что подчеркивает несбалансированность условий существования большинства мезофильных видов. Она особенно усиливается при депрессиях численности и приводит к возрастанию амплитуды колебаний. Также можно отметить, что более низкий уровень общего обилия пространственной структуры мезофильных видов грызунов (ондатра, илийская полевка, пластинчатозубая крыса и др.) обусловлен снижением доли микроучастков, пригодных для обитания животных. Местообитания инсуляризируются, и доля фрагментов с благоприятными условиями существования по сравнению с исходной зоной снижается, что и отражается на показателях заселенности популяцией определенной территории. При этом вид сохраняется в тех участках местообитания, где емкость микроучастков позволяет поддерживать нормальную жизнедеятельность. В полидоминантных сообществах мелких млекопитающих увлажненных территорий Южного Приаралья антропогенное воздействие сукцессионного опустынивания через

трансформацию структуры сообществ приводит к смещению доминирования в пользу видов эвритопных экологических групп.

Таким образом, можно отметить, что сообщество мелких млекопитающих в экологически дестабилизированной среде Южного Приаралья сохраняет устойчивость за счет компенсационных механизмов, проявляющихся в перестройке ценотической структуры за счет перераспределения численности видов в сообществе.

Множественный регрессионный анализ выявил, что представители ксерофильных видов (большая песчанка, полуденная песчанка) в наименьшей степени связано с метеорологическими условиями до катастрофических нарушений и на средних стадиях восстановительных сукцессий.

Проведенные исследования позволяют судить о том, что динамика основных популяционных показателей (обилия и демографических характеристик) совместно обитающих видов отличается на разных участках нарушенной территории в ходе динамичных восстановительных сукцессий. Реакция разных видов сообщества на изменившиеся условия обитания в результате воздействия природных явлений неодинакова и связана с различной степенью экологической толерантности симпатрических видов к внешним дестабилизирующим воздействиям.

Сообщество мелких млекопитающих в экологически дестабилизированной среде после воздействия локальных природных катастроф сохраняет устойчивость за счет компенсационных механизмов, проявляющихся в перестройке ценотической структуры за счет перераспределения численности видов в сообществе.

Список литературы

1. Большаков В.Н., Данилов Н.Н. - Устойчивость тундровых экосистем в условиях Севера Сибири. // Проблемы рационального природопользования и контроля качества природной среды Севера Сибири, Якутск, 1979, с.60-66.
2. Животовский Л.А. - Показатель внутривидового разнообразия. // Журнал общей биологии, 1980, Т.41, № 6, с.828-836.
3. Ивантер Э.В. - Популяционная экология мелких млекопитающих Таежного Северо-Запада. // М., Наука, 1975, 246 с.
4. Ивантер Э.В., Коросов А.Г. - Основы биометрии: введение в статистический анализ биологических явлений и процессов. // Петрозаводск, 1992, 168 с.
5. Коли Г. - Анализ популяций позвоночных. // М.: Мир, 1979, 363 с.
6. Лукьянов О.А., Садыков О.Ф., Бердюгин К.И. - К оценке явления избирательности отлова демографических групп лесных полевок. // Тезисы докладов III съезда Всесоюзного териологического общества, М., 1982, Т.1, с.243.
7. Мамбетуллаева С.М. - Характеристика пространственной структуры популяций мелких млекопитающих в низовьях Амударьи. // Журнал «Аспирант и соискатель», М., Россия, 2012, № 2, с. 47-48.
8. Мамбетуллаева С.М., Утемуратова Г.Н. - Исследование антропогенного воздействия на фауну мелких млекопитающих в низовьях Амударьи. // Материалы Международной научной конференции «Мультинаучные исследования как тренд развития современной науки», Киев, Украина, 2013, с.70-71

9. Мамбетуллаева С.М., Утемуратова Г.Н. - К вопросу изучения экологической структуры популяций мелких млекопитающих в условиях Южного Приаралья. // Журнал «Актуальные проблемы современной науки», Москва, Россия, №5(73), 2013, с.174-177.

10. Песенко Ю.А. - Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. // М.: Наука, 1982, 287 с.

11. Реймов Р. - Млекопитающие Южного Приаралья. // Ташкент, ФАН, 1985, 95 с.

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ВАРИАЦИОННЫХ МАГНИТОМЕТРОВ НА БАЗЕ КВАРЦЕВЫХ ДАТЧИКОВ

¹ Е.О. Учайкин, ^{1,2} Д.В. Кудин, ³ П.Б. Бородин, ¹ А.Ю. Гвоздарев, ¹ Н.Г. Кудрявцев

dvkudin@gmail.com

¹*Горно-Алтайский государственный университет, Россия, г. Горно-Алтайск*

²*Геофизический центр РАН, Россия, г. Москва*

³*Институт геофизики УрО РАН, Россия, г. Екатеринбург*

Аннотация. В данной статье приведены результаты исследований цифровых магнитовариационных станций серии «Кварц» на предмет перспективы развития с учетом современных требований к магнитометрическому оборудованию. Определено максимальное разрешение и построена АЧХ датчика магнитометра «Кварц-4». Показана возможность регистрации низкоамплитудных магнитных пульсаций класса РС-1 на магнитометрах Кварц 3 и Кварц 4. Предложена схема подключения АЦП к датчикам МВС с помощью изолированных драйверов SPI интерфейса.

Магнитометр, кварцевый датчик магнитного поля, прецизионные измерения, АЦП, шум, вариация магнитного поля.

Введение

В последнее время в связи с перспективой внедрения 1-секундного стандарта международной магнитной сети обсерваторий INTERMAGNET приобрели актуальность работы по повышению отсчётной точности вариационных магнитометров и снижению уровня шумов до 0.01 нТл. Результатом таких работ, например, стали разработки феррозондовых магнитометров серии LEM1 Львовским отделением Института космических исследований.

Между тем, на российских магнитных обсерваториях (МО) достаточно широко представлены магнитомеханические кварцевые датчики и накоплен значительный опыт их эксплуатации. В 60-е годы все обсерватории стран Варшавского договора были оборудованы кварцевыми станциями Боброва (всего было выпущено около 10 тысяч приборов), с переходом на цифровую регистрацию в ИЗМИРАН были разработаны цифровые магнитовариационные станции (МВС) «Кварц-ЗЕМ» и «Кварц-4» на основе датчиков Бурцева-Белова, установленные на многих магнитных обсерваториях России и за рубежом. Преимуществами кварцевых станций являются невысокие температурные коэффициенты, линейность выхода и устойчивость к высокочастотным электромагнитным наводкам. Кроме того,

необходимо отметить, что одной из рекомендаций к оборудованию МО является наличие на ней двух вариометров разных систем (Нечаев, 2006), поэтому дальнейшее развитие кварцевых приборов в сторону снижения уровня шумов и повышения отсчётной точности является актуальной задачей. Именно этому вопросу посвящена данная работа.

Опыт модернизации кварцевых вариометров на магнитной станции «Байгазан» и обсерватории «Арти»

В лаборатории роботехники ГАГУ было разработано регистрирующее оборудование для кварцевых МВС, удовлетворяющее секундному стандарту сети INTERMAGNET. Высокое разрешение достигается за счет применения высокоточного 24х битного АЦП (при динамическом диапазоне ± 1200 нТл отсчётная точность 0.14 пТл), построенного на архитектуре «сигма-дельта», подключенного к микроконтроллеру регистратора через гальванически развязанный канал передачи данных SPI. Использование гальванической развязки цифрового интерфейса SPI при помощи магнитных изоляторов для обмена данными с АЦП позволяет разделить питание цифровой и аналоговой части устройства регистрации, то есть осуществить питание по типу «звезда» для всей МВС (рис. 1).

Такой подход позволил избежать пульсирующих токов в длинных шинах питания измерительно-аналоговой части магнитометра, и, как следствие, - шумов самоиндукции.

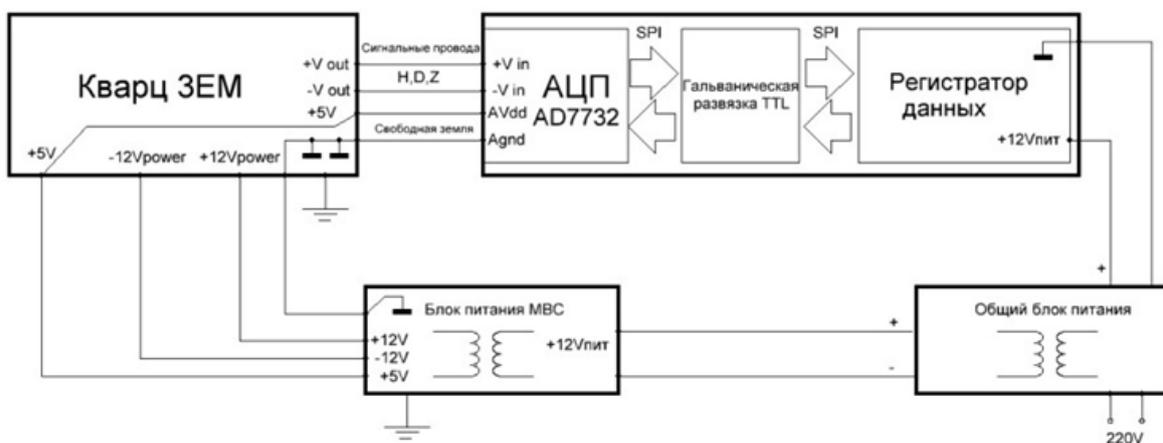


Рис.1

Запись данных (время, три компоненты магнитного поля, температура) в буфер контроллера производится 5 раз в секунду, каждая запись компонент магнитного поля получается в результате усреднения 64 измерений. При заполнении буфера (примерно раз в 10 с) данные объёмом 512 байт записываются в отдельный кластер флеш-карты типа MMC/SD (используются карты объёмом до 2 Гб).

Также в целях минимизации помех от регистратора его энергопотребление было снижено до 1 Вт.

Регистратор лаборатории ГАГУ был апробирован на МВС «Кварц 3-ЕМ», размещенной на магнитной станции «Байгазан», расположенной на

одноименном кордоне Алтайского заповедника (север Телецкого озера), где были определены основные его шумовые характеристики. Опыт эксплуатации (система работает в непрерывном режиме с 03.12.2009) показал, что ширина шумовой дорожки системы, определяемая как стандартное отклонение 5 измерений, делаемых в течение секунды, составляет в настоящее время 0.003-0.01 нТл (увеличивается в условиях высокой влажности). Заметим, что требования международной сети INTERMAGNET к точности измерения вариаций составляют 0.1 нТл (по минутному стандарту), - таким образом, достигнутое качество записи на порядок превышает эти требования. Разработанный нами регистратор позволил улучшить параметры МВС по сравнению с серийными образцами. Так, согласно (Белов, Бурцев и др., 2006), разрешающая способность ЦМВС «Кварц-ЗЕМ» составляет 0.1 нТл при динамическом диапазоне до 5000 нТл и полосе частот до 15 Гц. Аналогичной чувствительностью характеризовалась и более поздняя разработка «Кварц-4» (Бурцев, Кириаков, Любимов, 2006): 0.1 нТл, 4000 нТл и 10 Гц соответственно.

Увеличение чувствительности станции позволило регистрировать при помощи кварцевого вариометра весь диапазон микропульсаций, включая Pc1 (период 0.2 – 5 с, амплитуда 0.01 – 1 нТл).

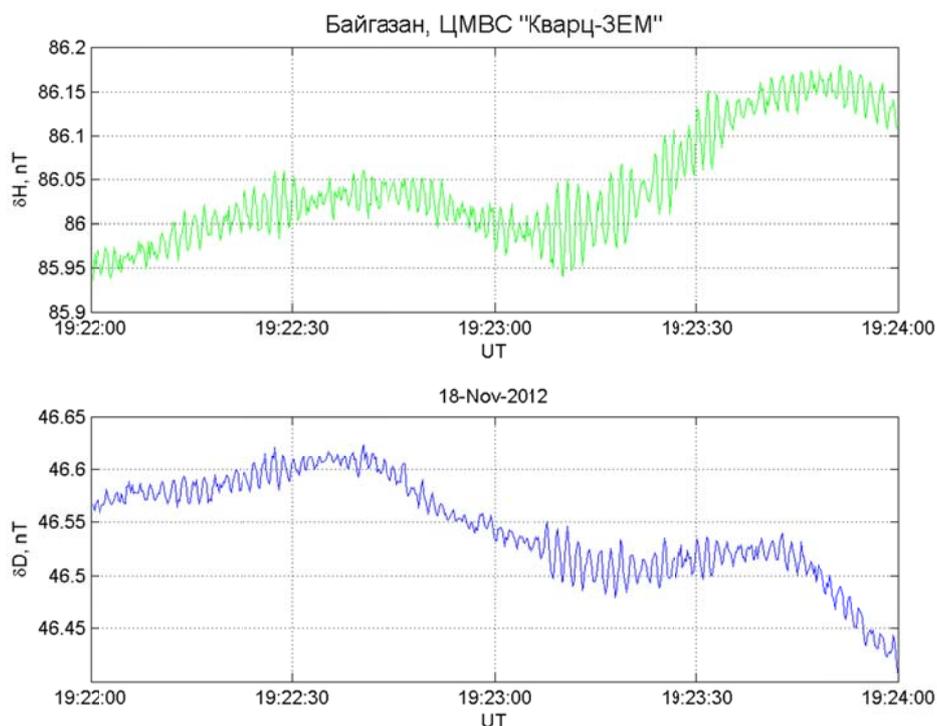


Рис.2

На Рис.2 показан пример регистрации микропульсаций этого класса 18 ноября 2012 г. на станции «Байгазан», наблюдавшихся на третий день после магнитной бури во время фазы восстановления в предутреннем секторе в течение 45 минут. Заметим, что согласно литературным данным, микропульсации Pc1 наблюдаются на 3-6 день после бури в утреннем секторе. В это же время микропульсации с такой же частотой (0.7 Гц)

наблюдались на скандинавской сети обсерваторий (Архив данных обсерваторий, 2016).

Отметим, что обычно для регистрации Pс1 использовались индукционные магнитометры, так как их небольшая амплитуда и относительно высокая частота не позволяла регистрировать их при помощи кварцевых вариометров. Таким образом, нам удалось расширить класс задач, для решения которых может быть использован датчик ЦМВС «Кварц-3ЕМ».

Удачный опыт эксплуатации регистратора лаборатории ГАГУ на МВС «Кварц-3ЕМ», размещенной на магнитной станции «Байгазан», показал возможность модернизации кварцевых вариометров на других МО. Была проведена модернизация двух станций «Кварц-4», размещенных в обсерватории «Арти», при этом стандартное отклонение по всем каналам после модернизации составило около 6 пТл, что при частоте дискретизации 20 Гц соответствует уровню шума $1.3 \text{ пТл}/\sqrt{\text{Гц}}$, что на сегодняшний день является передовым результатом.

О перспективах дальнейшей модернизации кварцевых вариометров

Для исследования возможности дальнейшей оптимизации датчика кварцевого магнитометра необходимо углубленное изучение причин шумов и возможных путей их устранения, а также определение физического измерительного предела кварцевых датчиков в конфигурации МВС «Кварц-4». Для этого на обсерватории «Арти» был произведен запуск регистратора в тестовом режиме на частоте дискретизации АЦП 300 Гц. После накопления данных были получены амплитудные спектры по трем каналам, у которых есть общие спектральные пики. Пик на частоте 50 Гц связан с наводками сети питания, а на частоте около 10 Гц, видимо связан с автоколебаниями кварцевого датчика. Частота автоколебаний для каждого датчика разная, у вариометров «Кварц 4» на МО «Арти» она менялась в диапазоне от 5 Гц до 16 Гц при ширине пика в два-три герца (см. Рис.3) при амплитуде, превышающий средний уровень шума на порядок. Можно предположить, что автоколебания не связаны с магнитной обстановкой в измерительном павильоне, а вызваны откликом датчика на сейсмический шум, т.к. при обслуживании павильона (и сопровождающем его открывании-закрывании дверей, ходьбе персонала) неоднократно наблюдалось резкое возрастание амплитуды в спектре на частоте автоколебаний кварцевого датчика.

Широкополосный «белый» шум частотой выше 10 Гц, видимо, связан с шумом АЦП регистратора и соединительных сигнальных линий, поскольку на выходе усилителей МВС «Кварц 4» оборудован активным фильтром низкой частоты второго порядка с частотой среза 10 Гц. Величина высокочастотного шума АЦП составляет примерно половину от уровня основного шума в рабочей полосе МВС от 0 до 10 Гц. Таким образом, АЦП регистратора вносит заметный собственный шум в измерения, который

необходимо учитывать для оценки физического предела разрешающей способности МВС.

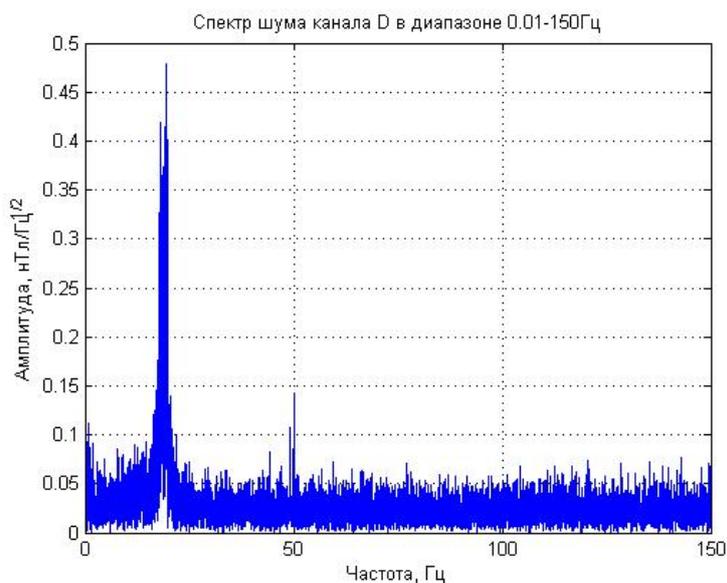


Рис.3

Существенно снизить общий уровень шумов можно за счет применения высокодобротного дополнительного фильтра с частотой среза, равной предельной измерительной частоте МВС. Чтобы определить предельную частоту измерения, была измерена АЧХ датчика (см. Рис.4). Из графика видно, что 50% уровень ослабления достигается на частоте 2 Гц, но даже на частоте 5 Гц чувствительность вполне приемлема. При шуме 6 пТл с учётом снижения чувствительности уровень регистрируемых пульсаций при отношении сигнал/шум, равном единице, на частоте 4 Гц должен составить 20 пТл, на частоте 2 Гц – 12 пТл, а на частоте 1 Гц – 8 пТл. Таким образом, регистрация микропульсаций класса Pс1 при помощи кварцевых вариометров вполне возможна, при этом, в качестве предельного значения частоты можно принять 4 Гц. Во многих случаях это позволит погасить шумы, возникающие в результате автоколебаний датчика.

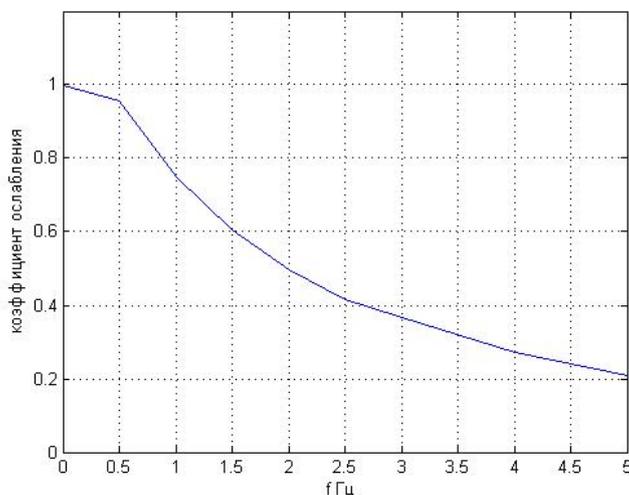


Рис.4

Для оценки физического предела разрешающей способности МВС в случае применения высокочастотного дополнительного фильтра с частотой среза 4 Гц в программе MATLAB был смоделирован оконный цифровой фильтр Ханна 64 го порядка, с его помощью была проведена цифровая фильтрация результатов регистрации на частоте 300 Гц, после чего СКО для фильтрованных данных (в полосе от 0.01-4 Гц) составило 3.5 пТл. Считая, что общее СКО складывается из шума МВС и регистратора, можно определить СКО МВС:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2 + \sigma^2}$$

Физический измерительный предел МВС составляет 3 пТл для диапазона частот 0.01-4 Гц, что является передовым результатом: спектральная амплитуда шума при этом составляет менее 1 пТл/ $\sqrt{\text{Гц}}$ (для сравнения – у современного феррозондового магнитометра LEMI-21 – 6 пТл/ $\sqrt{\text{Гц}}$). Исходя из этого, можно сказать, что дальнейшая модернизация МВС в направлении повышения разрешения весьма перспективна. Также следует отметить, что путем введения в калибровочную катушку датчиков ЦАП с токовым выходом, можно устранить сразу два недостатка МВС Кварц: это выполнение компенсации поля под любой диапазон и проведение самокалибровки датчиков (при условии стабильности калибровочных катушек).

Отметим также хорошую помехоустойчивость кварцевых вариометров: они не чувствительны к электромагнитным помехам в области промышленной и более высоких частот, что делает их незаменимыми в российских обсерваториях, которые попали под влияние промышленных сетей и техногенной активности.

Выводы

1. Разработаны регистраторы для магнитовариационной станции «Кварц-ЗЕМ» и «Кварц-4ЕМ» на основе 24-битного АЦП. Опыт эксплуатации регистраторов на станции «Байгазан» и обсерватории «Арти» показал, что на основе кварцевых датчиков могут быть созданы вариометры, удовлетворяющие секундному стандарту ИНТЕРМАГНЕТа: при отсчётной точности 0.1 пТл были достигнуты погрешности измерения 3-10 пТл (при частоте дискретизации 5 Гц) и 6 пТл (при частоте 20 Гц) соответственно.

2. Повышение чувствительности и разрешающей способности вариометров до единиц пТл, позволяет уверенно регистрировать геомагнитные микропульсации всех типов (от Pc1 до Pc5) на одном приборе. Традиционно для регистрации Pc1 использовались индукционные магнитометры.

3. Собственный шум кварцевого датчика составляет менее 1 пТл/ $\sqrt{\text{Гц}}$, что на сегодняшний день является рекордным результатом для магнитовариационных станций.

4. Представляется перспективной дальнейшая модернизация аналоговой части кварцевого вариометра. После её проведения и введения в калибровочную катушку датчиков ЦАП с токовым выходом, магнитометры

серии «Кварц» могут стать приборами, не уступающими лучшим мировым аналогам.

Список литературы

1. Нечаев С.А. Руководство для стационарных геомагнитных наблюдений. - Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2006. 140 с.
2. Белов Б.А., Бурцев Ю.А., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Цифровые магнитовариационные станции // 170 лет обсерваторских наблюдений на Урале: история и современное состояние: Материалы Международного семинара (Екатеринбург, 17-23 июля 2006 г.) – Екатеринбург: Институт геофизики УрО РАН, 2006. – С. 19-23.
3. Бурцев Ю.А., Кириаков В.Х., Любимов В.В. Цифровая магнитовариационная станция «Кварц-4» для магнитных обсерваторий // 170 лет обсерваторских наблюдений на Урале: история и современное состояние: Материалы Международного семинара (Екатеринбург, 17-23 июля 2006 г.) – Екатеринбург: Институт геофизики УрО РАН, 2006. – С.38-41.
4. Гвоздарев, А.Ю., А.И. Бакиянов, А.А. Бетёв, Е.О. Учайкин, П.Б. Бородин, С.Ю. Хомутов Организация непрерывной регистрации магнитных вариаций на станции Байгазан (Телецкое озеро) // Научный вестник Республики Алтай – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2010. - №4. – С.31-42.
5. Физика окружающей среды: Материалы VIII Международной школы молодых ученых. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. – С. 46-59.
6. Гвоздарев А.Ю., Бетёв А.А., Бакиянов А.И., Учайкин Е.О. Регистрация геомагнитных вариаций на станции Байгазан (Телецкое озеро, Горный Алтай): результаты 2010 г. // Физика окружающей среды: Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвящённой 50-летию первого полёта человека в космос и 75-летию регулярных исследований ионосферы в России – Томск: Томское университетское изд-во, 2011. – С. 240-243.
7. Гвоздарев А.Ю., Бакчабаев А.М., Кудин Д.В., Учайкин Е.О. Исследование геомагнитных вариаций на территории Горного Алтая: отчёт о НИР // Горно-Алтайский гос. ун-т; Руководитель: Гвоздарев А.Ю. – Горно-Алтайск, 2012. – 25 л.
8. Кудин Д.В., Учайкин Е.О. Разработка регистратора данных для цифровой магнитовариационной станции «Кварц-ЗЕМ» // Физика окружающей среды: Материалы VIII Международной школы молодых ученых. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. – С. 99-101.
9. Свидетельство 2012621011. Измерения вариаций геомагнитного поля на магнитной станции Байгазан: база данных / Гвоздарев А.Ю., Кудин Д.В., Учайкин Е.О., Хомутов С.Ю., Кудрявцев Н.Г., Бетёв А.А., Бакиянов А.И., Бакчабаев А.М.
10. Свидетельство 2013613406. Программа для регистратора данных вариационного магнитометра: программа для ЭВМ / Кудин Д.В., Кудрявцев Н.Г., Учайкин Е.О., Гвоздарев А.Ю., Сахневич М.Б.
11. Архив данных обсерваторий Килписарви, Ивало, Соданкюля, Рованиemi, Оулу, Нурмиярви [Электронный ресурс] - <http://www.sgo.fi/Data/Pulsation/pulData.php> (дата обращения: 11.12.2016).

ОСОБЕННОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ В АТМОСФЕРУ АБХАЗИИ

Р.Р. Хастян, А.К. Ахсалба

asida_cen@mail.ru

Абхазский государственный университет, Республика Абхазия, г. Сухум

Авторы приносят глубокую благодарность к.ф.-м.н., доц. кафедры геофизики и экологии ФГБОУ ВО «КБГУ им. Бербекова Х.М.» Балкарской Светлане Борисовне и ЦКП «Рентгеновская диагностика материалов»

Кабардино-Балкарского государственного университета за проведение исследований образцов.

Наиболее вероятным естественным источником радиации на радиоизотопы, попадающие в атмосферу с поверхности земли [1, с.67], [2, с.203], [3, с.49], [4,с.83]. Анализируя данные радиоактивных элементов в осадках Отдела гидрологического и метеорологического мониторинга Института экологии АНА среднемесячные значения не превышают ПДК (для атмосферных осадков – 40 Бк/л), характерной особенностью является сезонная изменчивость: максимальные значения радиоактивности достигаются летом и составляют 18,24 Бк/л (среднее). Летний максимум объясняется активизацией поступления радиоизотопов из почвы в сухую и жаркую погоду и концентрацией их в приземном слое атмосферы.

Следует отметить, что иногда вторжением на территорию Абхазии воздушных масс, содержание радионуклидов, изменчиво и носит случайный характер. Влияние этих процессов на концентрацию радионуклидов местного происхождения не представляется возможным выделить. Их влияние может приводить как к увеличению концентрации радионуклидов в осадках, так к их разбавлению.

Актуальность темы

Радиоактивное загрязнение атмосферы – серьезная экологическая проблема современности. Это- загрязнение атмосферы и территорий продуктами ядерных взрывов при испытаниях ядерного оружия, отравление воздушного бассейна выбросами пыли, загрязнение территорий шлаками, загрязнение территорий при авариях на атомных станциях и предприятиях. В течение своей жизни каждый человек получает некоторые дозы радиации: при полетах на высоте, во время пребывания в высокогорье, в связи с этим необходимо проводить мониторинг радиоактивность геосфер Земли и в первую очередь атмосферного воздуха.

Целью работы является исследования радиоактивности: атмосферных осадков, пещерной воды и глины термального источника.

Объектом исследования явились вода и глина, взятая из пещеры Абрскил и сероводородного источника с. Кындыг.

Результаты и обсуждения

Для проведения химического анализа пробы глины из пещеры и сероводородного источника, поместили в сушильный шкаф. После чего мы получили два образца (рис.2).

Для измерения радиоизотопы содержащихся в данных образцах провели порошковую рентгенографию на D2 PHASER (см. рис.). Данный прибор позволяет увеличить поверхность исследуемого материала в 1 000 000 раз, на приборе два насоса которые создают давление 10^{-2} Па. На сегодняшний день – это один из наиболее популярных дифрактометров в мире и применяется для решения большинства задач порошковой рентгенографии: качественного и количественного фазового анализа,

определения параметров элементарной ячейки, определения размеров кристаллитов, степени кристалличности, микронапряжений.



Рис.1. Подготовка проб к измерению.



а)

б)

Рис.2. Пробы глины из пещеры а) и термального источника б).



D2 PHASER.

Образцы глины приклеили к специальной пленке, с него вздуваем все лишние препятствие, затем подготавливаем образец на мини столике. Поместив образцы в электронный микроскоп в течении 5-10 минут мы получаем следующие данные (рис.3).

Электронное и спектральное изображение данных пробы из пещеры Абраскил приведены ниже на рис.4, 5, 6 и 7.

Видно, что в исследуемом образце доминируют следующие химические элементы: С – углерод, Si – кремний, О – кислород, Al – алюминий, Fe – железо.

Химические соединения имеющие α , β и γ частицы приведены в табл. 1.



Рис.3. Подготовка и измерение химического состава и радиоактивности исследуемых проб.

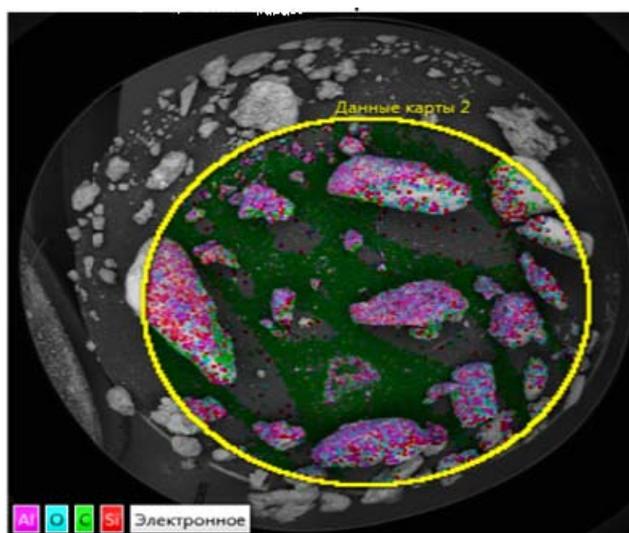


Рис.4. Многослойное изображение EDS1.

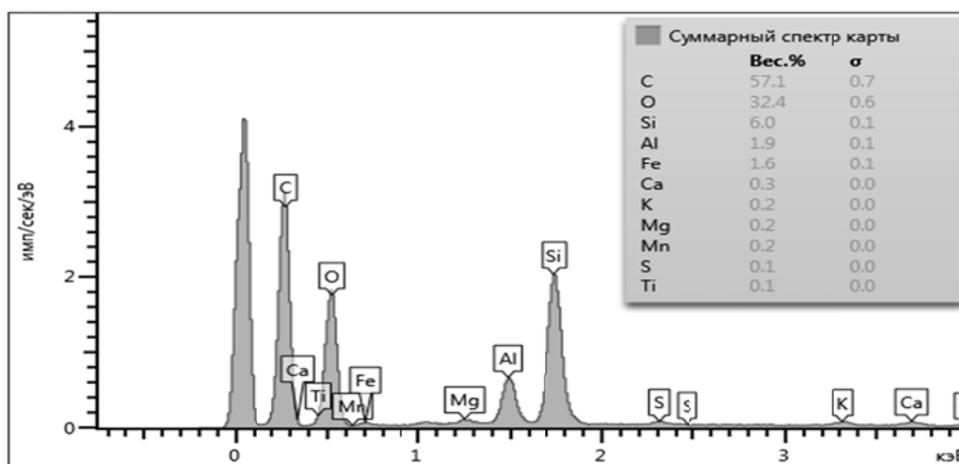


Рис.5. Спектральная карта исследуемой пробы.

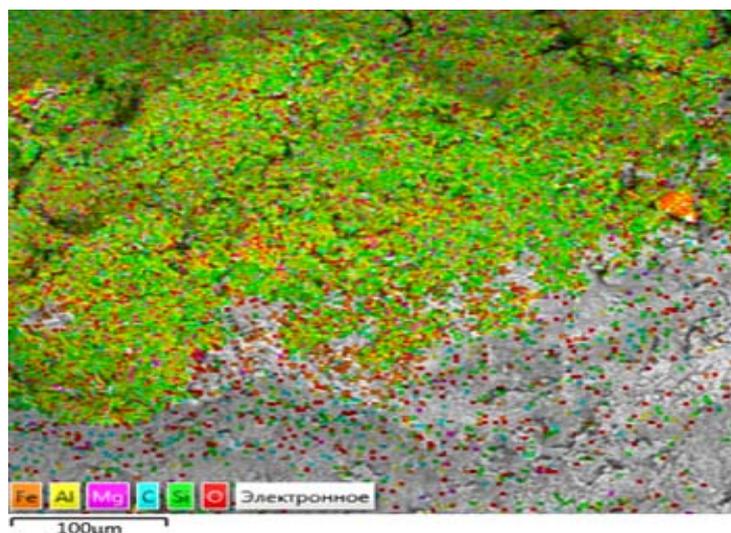


Рис.6. Многослойное изображение EDS2.

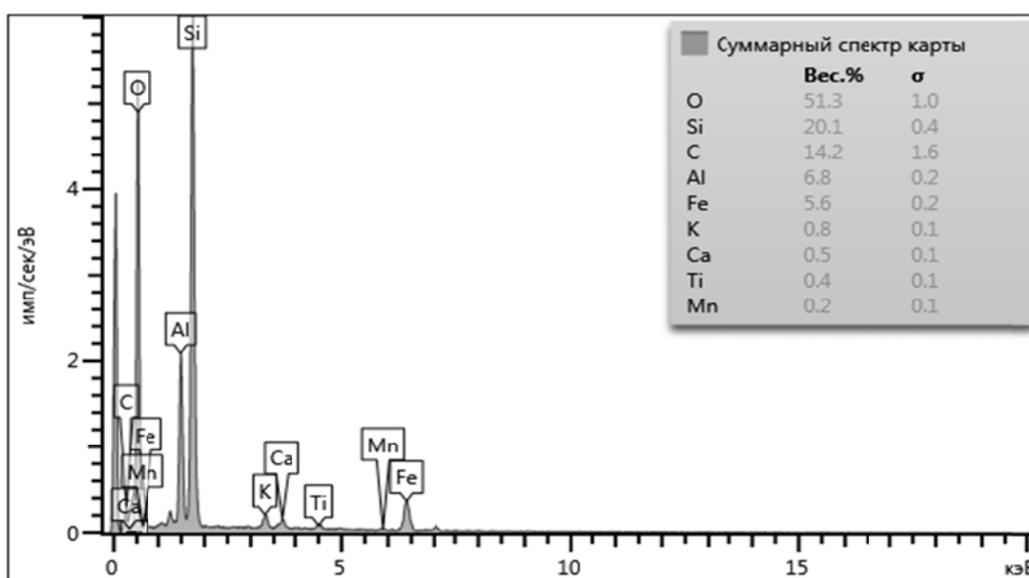


Рис.7. Спектральная карта исследуемого образца.

Таблица 1

Характеристика радиоактивности химических соединений в глине пещеры Абраскил

Химические соединения	Формула	α частицы	β частицы	γ частицы
Названия соединения				
Кварц	SiO ₂			
Окись кремния	SiO ₂	90.000	90.000	120.00
Окись кальция	CaO			
Силикат алюминия	Al _{0.5} Si _{0.75} O _{2.25}			
Кальций силикат алюминия	CaO.88Al _{1.77} Si ₂ O ₈	93.240	115.800	90.880
Магнитный Железняк	Fe ₃ O ₄			
Магний оксид железа	Mg _{1.55} Fe _{1.6} O ₄			
Магнезиоферрит	Mg _{0.05} Fe _{1.6} O ₄			
Кальция оксид алюминия	CaAl ₂ O ₄			
Магний алюмосиликат	Mg ₂ Al ₄ Si ₅ O ₁₈			
Магнезиоферрит	Mg _{0.64} Fe _{2.36} O ₄			
Магнетит	Fe _{2.929} O ₄			

Нами также проведен рентгеноструктурный анализ (рис.8). Что касается исследования химического состава и радиоактивности, глины термального источника, то нами также они проведены (рис.9 и 10).

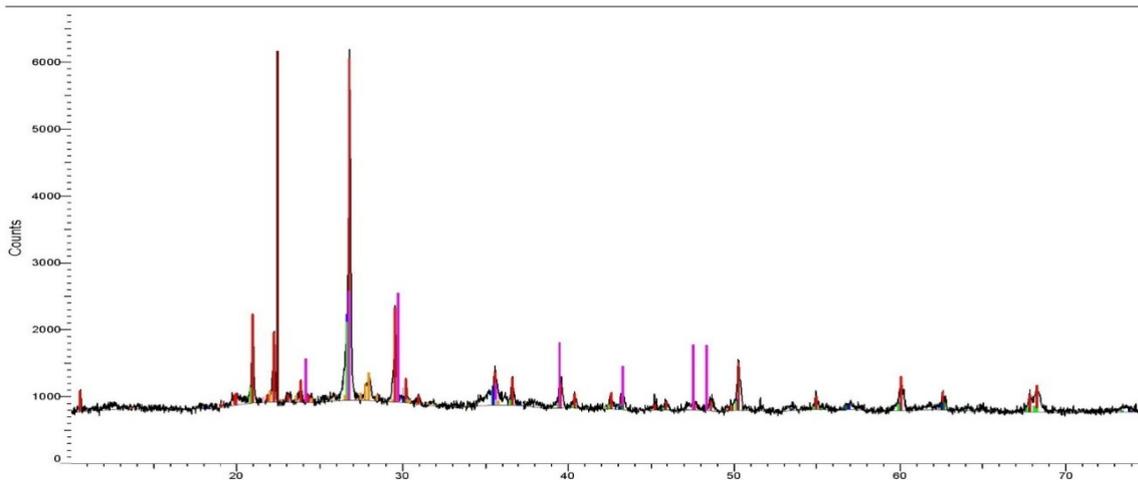


Рис.8.Рентгенограмма исследуемого образца.

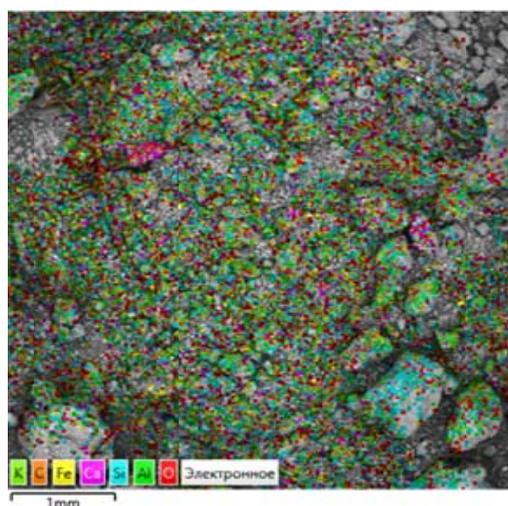


Рис.9. Многослойное изображение EDS3.

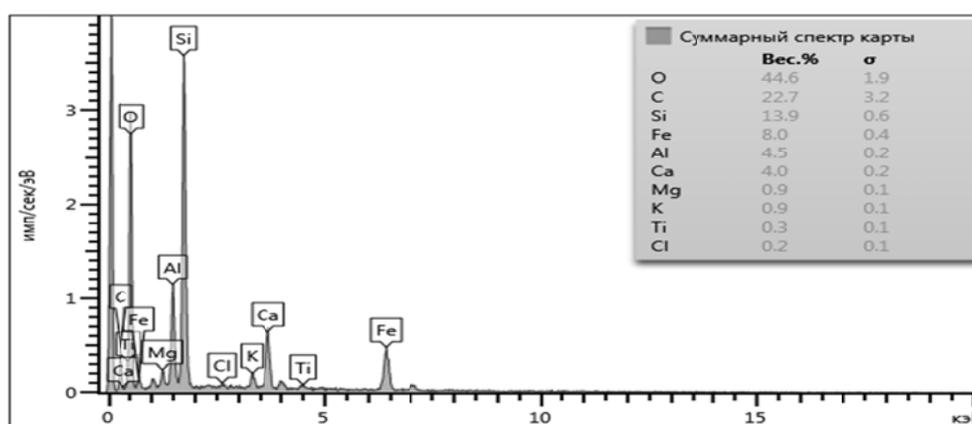


Рис.10. Спектральная карта глины термального источника.

Из приведенной карты видно, что в исследуемом образце преобладают следующие химические элементы: К – калий, С – углерод, Са – кальций, О – кислород, Si – кремний, Fe – железо, Al – алюминий. Следует отметить, что в глине термального источника был найден элемент Ti (титан).

Химические соединения имеющие α , β и γ частицы глины термального источника приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика радиоактивности химических соединений в глине термального источника с.Кындыг

Химические соединения	Формула	α частицы	β частицы	γ частицы
Названия соединения				
Кварц	SiO ₂			
Окись кремния	SiO ₂	90.000	90.000	120.00
Окись кальция	CaO			
Силикат алюминия	Al _{0.5} Si _{0.75} O _{2.25}			
Кальций силикат алюминия	CaO.88Al _{1.77} Si ₂ O ₈	93.240	115.800	90.880
Магнитный Железняк	Fe ₃ O ₄			
Магний оксид железа	Mg _{1.55} Fe _{1.6} O ₄			
Магнезиоферрит	Mg _{0.05} Fe _{1.6} O ₄			
Кальция оксид алюминия	CaAl ₂ O ₄			
Магний алюмосиликат	Mg ₂ Al ₄ Si ₅ O ₁₈			
Магнезиоферрит	Mg _{0.64} Fe _{2.36} O ₄			
Магнетит	Fe _{2.929} O ₄			

На рис.11 представлен рентгеноструктурный анализ глины термального источника.

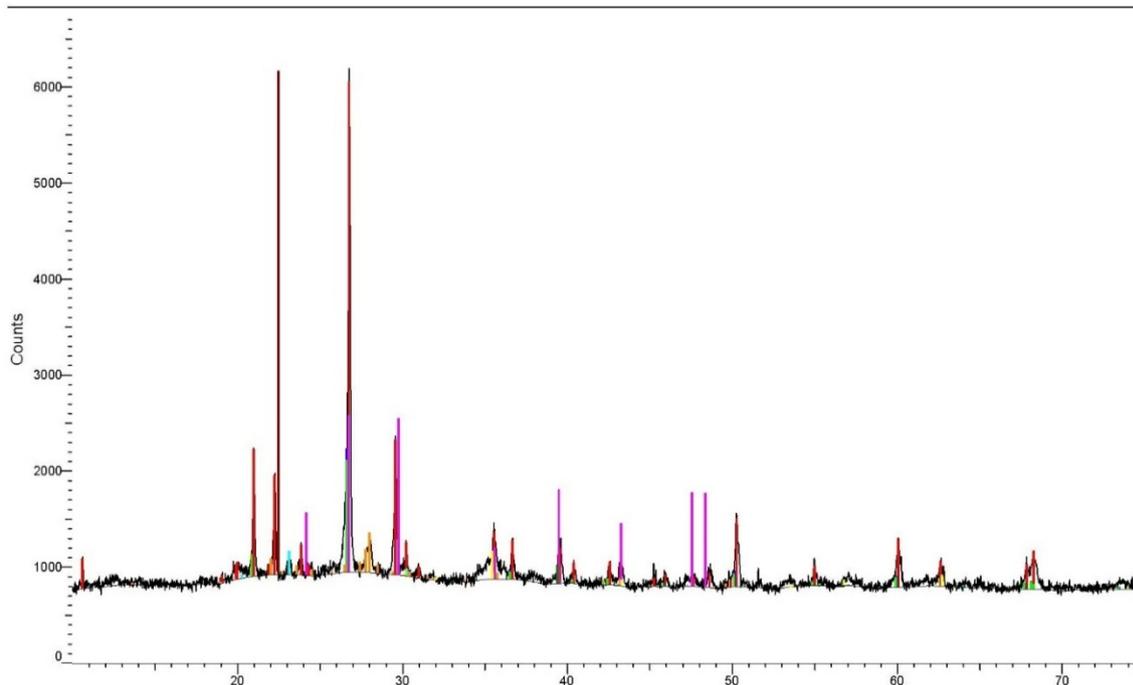


Рис.11.Рентгенограмма исследуемого образца (глина термального источника с. Кындыг).

Таким образом в исследуемых нами образцах радиоактивность обнаружено в таких химических соединениях, как окись кремния и кальций силикат алюминия.

Список литературы

1. Булдаков Л.А. Радиоактивные вещества и человек. - М.: Энергоатомиз-дат, 1990. – 380 с.

2. Козлов Ф.В. Справочник по радиационной безопасности. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 352 с.
3. Сивинцев Ю.В. Радиация и человек. - М.: Знание, 1997. – 230 с.
4. Шалинец А.Б., Фадеев Г.Н. Радиоактивные элементы. Москва, «Просвещение». 1981. – 160 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В МОЛЕКУЛЕ СВЕКЛОВИЧНОГО ПЕКТИНА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ЕГО ОЧИСТКИ ИОНТАМИ

З.Н. Хатко

znkhatko@mail.ru

Майкопский государственный технологический университет

Россия, г. Майкоп

Свойства пектинов представляют собой свойства целой группы пектиновых полисахаридов. Полигалактуроновые кислоты являются основным скелетом всех пектиновых веществ, содержат альдегидную, гидроксильную и карбоксильную группы, благодаря которым пектиновые вещества считают полифункциональным соединением.

Структура и химический состав пектиновых веществ определяют форму их молекул и характер взаимодействия с другими соединениями. Сопутствующие пектинам (балластные) вещества существенно влияют на их основные физико-химические и функциональные свойства.

Цель работы заключалась в исследовании содержания углерода в молекуле свекловичного пектина при различных способах его очистки ионитами.

В качестве объектов исследования использовали образцы свекловичного пектина: промышленный (1,2 - много и несколько частиц) и экспериментальные (таблица 1): 3,4,5,6 (в точке) – исходный; 7- обработанный катионитом (кусочек); 8- катионитом 1 (кусочек); 9- катионитом 2 (кусочек); 10 - катионитом 3; 11- катионитом и анионитом; 12- катионитом и анионитом 2 (кусочек); 13- катионитом и анионитом; (б) 14- катионитом и анионитом 2 (кусочек 2); 15 - катионитом и анионитом 3 (кусочек); 16 - катионитом 2 и анионитом 2; 17 - катионитом 2 и анионитом 2 (кусочек); 18 - катионитом 2 и анионитом 2 (кусочек 2); 19 - катионитом 2, анионитом 2, спиртом; 20 - катионитом 2, анионитом 2, спиртом (в точке); 21- катионитом 2, анионитом 2, спиртом (кусочек 2); 22 - катионитом 2, анионитом 2, спиртом (кусочек).

Исследование содержания углерода выполнено на сканирующем электронном микроскопе XL-30 (Philips, Нидерланды) с лантан-гексаборидным катодом.

Результаты исследования содержания углерода в массовом и атомарном отношениях представлены на рисунках 1,2.

Таблица 1 - Схема обработки пектинового экстракта ионитами (катионит КУ-2-8 чс и анионит ЭДЭ-10П)

Схема обработки пектинового экстракта											
Удельный расход катионита $\text{см}^3/\text{см}^3$			Соотношение удельных расходов, $\text{см}^3/\text{см}^3$								
K_1	K_2	K_3	$K_1 a_1$	$K_1 a_2$	$K_1 a_3$	$K_2 a_1$	$K_2 a_2$	$K_2 a_3$	$K_3 a_1$	$K_3 a_2$	$K_3 a_3$
0,031	0,047	0,063	0,63	0,83	1,0	1,25	1,33	1,38	1,83	2,0	2,75

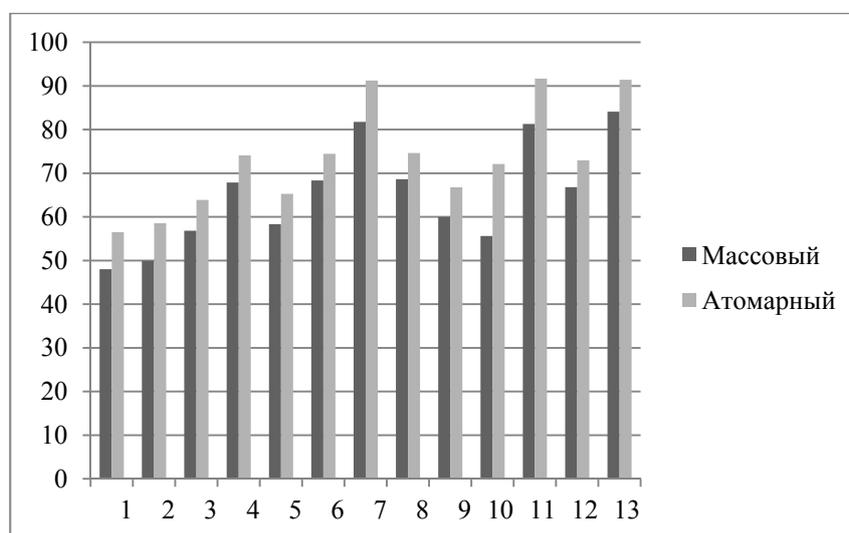


Рис. 1 - Содержание углерода в свекловичном пектине (образцы 1-13),%

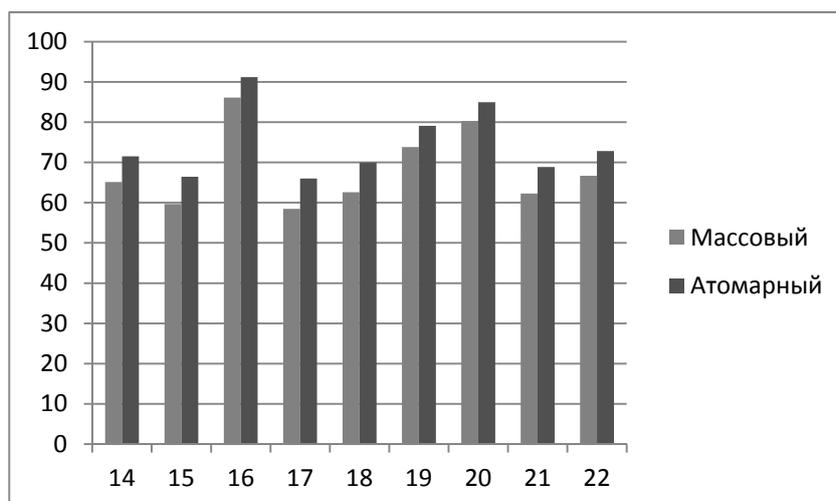


Рис. 2 – Содержание углерода в свекловичном пектине (образцы 14-22), %

Как показывают данные рисунков, массовое и атомарное соотношение углерода существенно изменяется в зависимости от технологических факторов. Кроме этого ионообменная и спиртовая очистка увеличивает содержание углерода в пектине.

Массовое содержание углерода изменяется от 56,8...68,3 % (лабораторный исходный) до 80,2...86,1 % (обработанный катионитом 2 и анионитом 2). В промышленном образце свекловичного пектина массовое содержание углерода составляет 48,0...49,9 %.

Таким образом, полученные данные об атомарном и молекулярном содержании углерода в исследуемых пектиновых веществах подтверждают

эффективность очистки от балластных веществ для получения целевого продукта с высокими функциональными свойствами и широким спектром применения.

МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАЗЛОМНОЙ СТРУКТУРЫ В МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ДИСЛОКАЦИЙ

А.С. Черепанцев

s6319a@pbox.infotecstt.ru

Южный федеральный университет, Россия, г. Таганрог

Фундаментальным свойством геологической среды является ее неоднородность. Анализ массивов обнажений горной породы, стенок горных выработок, выделенных кернов при бурении показывает, что она имеет блоковое строение. Массив разбит на отдельные блоки системой трещин. В свою очередь каждый такой блок разбит на еще более мелкие блоки системой трещин меньшего размера. Те в свою очередь состоят из еще меньших отдельностей и так далее. Свойство дискретности горной породы нашло отражение в понятии "геофизическая среда" [1], отражающей совокупность наблюдаемых свойств среды в широком диапазоне пространственных масштабов.

Наряду со свойством дискретности геофизической среды, организация дискретных блоков не носит чисто случайный характер. Анализ распределений размеров разломов и соответственно размеров блоков на каждом пространственном масштабе размеров показывает фрактальный характер распределений [2,3]. Так проведенные расчеты по региону Японии [4] показывают, зависимость числа ячеек n в которых присутствует разлом от их линейного размера L (стороны квадратной ячейки) имеет вид:

$$n(L) = n_0 L^{-D}.$$

В данном соотношении $D=1.6$ и является фрактальной размерностью организации поверхностных разломов земной коры. Если учесть, что образование разлома как разрыва сплошной среды сопровождается выделением упругой энергии, величина которой связана с величиной разлома и возникновением землетрясения, то и распределение землетрясений по энергиям также имеют степенной характер зависимости- закон повторяемости:

$$N(E) = N_0 \cdot E^{-\gamma},$$

с фрактальной размерностью $\gamma \approx 0,5$.

Предполагая, что образование разрывов геологической среды есть одной из основных форм сброса постоянно накапливающихся механических напряжений, имеющиеся модели эволюции геологической среды учитывают данную форму диссипации энергии. Имеется несколько основных моделей развития разрыва горной породы и стадий полготовки землетрясения. Так модель лавинно-неустойчивого трещинообразования [5] предполагает существование микротрещин в материале горной породы, число которых по

мере роста напряжения растет. Следующая стадия возникает при достижении критической концентрации микротрещин, разрушения перегородок между ними и формирования объединенных трещин старшего масштаба. Последней стадией разрушения является локализация развития трещин в узкой зоне будущего макроразрыва, где и формируется разлом. Данная модель предполагает взаимодействие трещин на этапе объединения. Количественный анализ описываемого процесса опирается на представления кинетической теории прочности [6].

Наряду с моделями, рассматривающими свойство дискретности геофизической среды и изменения концентраций элементарных неоднородностей существуют модели показывающие возможность организации фрактальной структуры неоднородностей элементарных блоков за счет взаимодействия в диссипативной системе. Модель землетрясений [7] представляет тектоническую плиту двумерной решеткой в узлах которой расположены отдельные блоки, связанные с четырьмя соседними блоками упругой связью. Дополнительно каждый блок имеет упругую связь сдвигающейся с постоянной скоростью верхней плитой и неподвижной нижней плитой путем конечной величины трения покоя. Динамика движения блока определяется медленно линейно растущей силой упругой связи сдвигающейся верхней плитой и силой трения покоя связи с нижней плитой. При достижении первой силы значения, превышающего пороговое значение силы трения покоя, блок проскальзывает в новое положение равновесия с нулевым значением действующей силы. Изменение положения такого блока изменяет силы, действующие на соседние с ним блоки за счет изменения упругих связей. Это может привести к нарушению положения равновесия и соскальзыванию, что в свою очередь изменяет равновесие и следующих соседей и т.д. Общее количество соскользнувших блоков, инициированных отдельным соскальзыванием, может в данной модели служить мерой величины землетрясения. В случае задания произвольного распределения начальных значений смещений блоков, модель демонстрирует сходимость во времени к некоторому устойчивому состоянию, определяемому как состояние самоорганизованной критичности [8]. Распределение размеров сбросов имеет степенное распределение со степенным показателем, близким к наблюдаемому в законе повторяемости землетрясений. При этом данная модель не рассматривает формирование разломных структур и связанное с этим, изменение связности блоков. То есть модель не определяет важнейшее свойство дискретности геофизической среды, что ограничивает ее описание реальной геофизической среды.

Особенностью данной общей модели является отсутствие описания в ней важных физических процессов, свойственных напряженно-деформированному состоянию горной породы. То прежде всего нестрогих параметр состояния- в ряде случаев его рассматривают как силу взаимодействия, в ряде случаев- как упругую энергию. Геологическая среда имеет более сложный характер при котором состояние описывается не

скалярной, а тензорной величиной и разрыв может быть различной природы, определяясь напряжением сжатия, растяжения, сдвига или совокупностью данных параметров- напряжением Кулона и т.д.

Рассмотрим построение модели, объединяющей два представления о формировании макроразрыва. Она должна включать как механизмы первичного формирования совокупности элементарных разрывов- сбросов, так и учитывать взаимодействие между такими элементарными трещинами. Взаимодействие в данном случае определяется перераспределением поля напряжений при возникновении элементарной трещины и тем самым влияния на напряженное состояние соседних элементов решетки. рассмотрим следующую модель.

С целью построения модели взаимодействующих дискретных элементов, отражающих фоновые закономерности распределения сейсмичности в пространственно- энергетической области рассмотрим упругую среду как систему элементов в каждом из которых возможно возникновение разрыва сплошности при достижении некоторого критического значения. Возникающая сдвиговая или нормальная дислокация формирует возмущение поля напряжений в соседних элементах, что может привести к достижению также критического значения и возникновения новой дислокации и нового поля добавочных напряжений в соседних элементах и т.д. Такой триггерный механизм определяет как взаимодействие отдельных элементов за счет возникновения возмущающего поля, так и формирование разрывных зон, сформированных элементарными дислокациями.

Задача точного расчета поля напряжений в дискретной модели упругих элементов на основе решения системы уравнений равновесия для каждого элемента с учетом разрыва смещений, обусловленных дислокациями, представляет отдельную сложную задачу механики сплошной среды и вычислительной математики как в области постановки задачи, так и в организации расчетов. Рассматриваемая модель формулирует аддитивное приближение приращений напряжений, обусловленных сдвиговой или нормальной дислокацией и исследует влияние данного процесса на амплитудную, пространственную и временную закономерности (как статистического характера, так и динамической системы, формируемой временным рядом непрерывных параметров).

По аналогии с исходной моделью упруго-связанных блоков, предполагается простейшая двумерная модель, как предельный случай рассмотрения системы дискретных элементов с толщиной, существенно меньшей горизонтальных размеров. Данное предположение позволяет существенно упростить расчетные соотношения и время счета эволюционной модели, сохраняя при этом базовое свойство модели- характер взаимодействия отдельных элементов.

В качестве критерия разрушения, точнее образования разрыва приняты эмпирические критерии, обоснованные большим количеством наблюдений поведения горных пород, как в лабораторных, так и в натуральных условиях.

Критерием возникновения дислокации сжатия или растяжения является достижение соответствующего напряжения в исследуемой области предельных значений, соответственно $T_0^{cnp\prime}$, $T_0^{t\prime sl}$, ($|T_0^{cnp\prime}| > |T_0^{t\prime sl}|$). Образование сдвиговой дислокации обычно определяется критерием Кулона. В соответствии с ним разрыв возникает тогда, когда параметр напряженного состояния- напряжение Кулона $\tau_c = |\tau| - k \cdot \sigma_n$ достигает предельного значения τ_c^* . Здесь τ - напряжение сдвига на выбранной плоскости или в двумерном случае- по выбранному направлению, σ_n - положительное значение нормального напряжения к плоскости (положительное значение соответствует сжатию).

Под дислокацией понимается разрыв смещений сплошной среды в ограниченной области пространства. Рассматриваемая двумерная дислокация в простейшем случае постоянной величины смещения вдоль своей длины определяется как [9]

$$\begin{aligned} u^+(\xi) - u^-(\xi) &= \Delta u, \\ v^+(\xi) - v^-(\xi) &= \Delta v, \end{aligned} \tag{1}$$

где: $-a \leq \xi \leq a$,

u, v - компоненты смещения по x - и y -координатам, индексы + и - указывают значения смещений на положительной и отрицательной стороне разрыва (положительная сторона соответствует положительному направлению оси Oy).

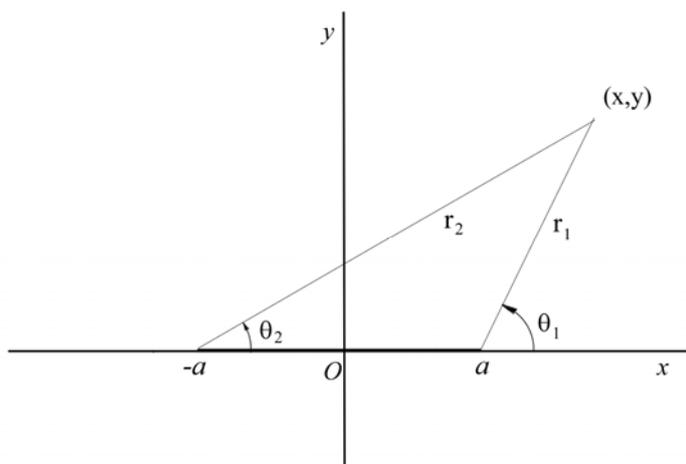


Рисунок 1. Схема расположения точки плоскости относительно дислокации.

В случае

дислокации

прямоугольного типа:

$$\Delta u = U = const,$$

$$\Delta v = V = const,$$

Для компонент напряжений (рис.1), обусловленных дислокацией по оси Ox (сдвиговая дислокация) справедливо:

$$\begin{aligned} \sigma_{xx}^r &= \frac{2\mu}{k+1} \frac{U}{\pi} \left(-\frac{2}{r_1} \sin \theta_1 + \frac{2}{r_2} \sin \theta_2 + y \left(-\frac{1}{r_1^2} \cos 2\theta_1 + \frac{1}{r_2^2} \cos 2\theta_2 \right) \right), \\ \sigma_{yy}^r &= -\frac{2\mu}{k+1} \frac{U}{\pi} y \left(-\frac{1}{r_1^2} \cos 2\theta_1 + \frac{1}{r_2^2} \cos 2\theta_2 \right), \\ \sigma_{xy}^r &= \frac{2\mu}{k+1} \frac{U}{\pi} \left(\frac{1}{r_1} \cos \theta_1 - \frac{1}{r_2} \cos \theta_2 + y \left(-\frac{1}{r_1^2} \sin 2\theta_1 + \frac{1}{r_2^2} \sin 2\theta_2 \right) \right). \end{aligned} \tag{2}$$

Аналогично в случае дислокации по оси Oy (нормальная дислокация):

$$\begin{aligned}\sigma_{xx}^n &= \frac{2\mu}{k+1} \frac{V}{\pi} \left(\frac{1}{r_1} \cos \theta_1 - \frac{1}{r_2} \cos \theta_2 + y \left(-\frac{1}{r_1^2} \sin 2\theta_1 + \frac{1}{r_2^2} \sin 2\theta_2 \right) \right), \\ \sigma_{yy}^n &= \frac{2\mu}{k+1} \frac{V}{\pi} \left(\frac{1}{r_1} \cos \theta_1 - \frac{1}{r_2} \cos \theta_2 - y \left(-\frac{1}{r_1^2} \sin 2\theta_1 + \frac{1}{r_2^2} \sin 2\theta_2 \right) \right), \\ \sigma_{xy}^n &= \frac{2\mu}{k+1} \frac{V}{\pi} y \left(\frac{1}{r_1^2} \cos 2\theta_1 - \frac{1}{r_2^2} \cos 2\theta_2 \right),\end{aligned}\quad (3)$$

где: k выражается через константы Ламе как $k = \frac{\lambda + 3\mu}{\lambda + \mu}$ в случае плоской

задачи и $k = \frac{5\lambda + 6\mu}{3\lambda + 2\mu}$ в случае обобщенной плоской задачи (тонкий слой).

Возникновение сдвиговой дислокации определим критерием разрушения Кулона. В соответствии с ним сдвиговое нарушение возникает по некоторому направлению, когда на нем параметр, называемый кулоновским напряжением:

$$\tau_c = |\sigma_{xy}| - k \cdot \sigma_{yy} \quad (4)$$

достигает некоторого предельного значения $\tau_c = \tau_c^*$. В данном соотношении коэффициент пропорциональности k по аналогии с моделью сухого трения определяется как коэффициент внутреннего трения.

Для рассматриваемой модели наряду со сдвиговой дислокацией определим нормальные дислокации сжатия и растяжения. В качестве критериев прочности на разрыв и сжатие:

$$\begin{aligned}\sigma_{yy}^p &\leq -T_0 < 0, \\ \sigma_{yy}^{сж} &\geq B_0 > 0.\end{aligned}\quad (5)$$

На каждом шаге эволюции системы элементы системы получают приращения средних значений напряжений (величины приращений зависят от выбранной модели нагружения). В случае если одно из новых значений параметров $(\sigma_c^{\max})_{ij}$, $(\sigma_n^{\max})_{ij}$, $(-\sigma_n^{\min})_{ij}$ в некотором элементе (i, j) превысит заданные предельные значения (τ_c^*, B_0, T_0) , происходит сброс накопленного напряжения путем формирования дислокации прямоугольного типа амплитудой $(U, V)_{i,j}$ и возвращения элемента в докритическое напряженное состояние.

Связь между величиной сброса критического напряжения $\Delta\sigma$ и соответствующей амплитуды дислокации $\Delta\bar{u}$ можно определить исходя из общей оценки вида:

$$\Delta\sigma = C\mu \left(\frac{\Delta\bar{u}}{\Omega} \right),$$

где: Ω - характерный размер дислокации, C - константа, определяемая видом дислокации. Так при условии $\frac{\Delta\bar{u}}{L} \ll 1$ для сдвиговой дислокации значение

$C \approx \frac{2}{\pi}$, а для нормальной дислокации $C \approx \frac{4(\lambda + \mu)}{\pi(\lambda + 2\mu)}$. В модели рассматриваются дислокации фиксированной длины $l_m = \alpha \cdot L$, ($0 < \alpha \leq L$). Отсюда для смещений (U, V) соответственно сдвиговой и нормальной дислокации:

$$\begin{aligned} U &= \alpha \frac{\pi L}{2\mu} \bar{\sigma}_{xy}, \\ V &= \alpha \frac{\pi(\lambda + 2\mu)L}{4\mu(\lambda + \mu)} \bar{\sigma}_{yy} \end{aligned} \quad (6)$$

Оценка максимального значения кулоновского напряжения в отдельном элементе включает в себя определение направления данного напряжения. Таких направления в системе координат главных напряжений два: $\theta_{1,2} = \pm \frac{1}{2} \arctg \frac{1}{k}$. Направление максимального кулоновского напряжения в исходной системе координат (x, y) и саму его величину можно получить в виде:

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \frac{1}{2} \arctg \frac{(\sigma_{xx} - \sigma_{yy}) + k\sigma_{xy}}{k(\sigma_{xx} - \sigma_{yy}) - \sigma_{xy}}, \\ \tau_c &= -k \frac{\sigma_{xx} + \sigma_{yy}}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(1+k^2)((\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + 4\sigma_{xy}^2)}. \end{aligned} \quad (7)$$

Оценки направлений и величин максимальных растягивающего и сжимающего напряжений в отдельном элементе совпадает с направлением главных напряжений:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} 2\theta &= \frac{2\sigma_{xy}}{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}}, \\ \sigma_n &= \frac{\sigma_{xx} + \sigma_{yy}}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + 4\sigma_{xy}^2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Направления максимального нормального сжимающего напряжения и минимального растягивающего напряжения отличаются на угол $\frac{\pi}{2}$, а их значениям в (13) соответствует знак "+" и "-".

Практический аспект разработки дислокационной модели эволюции дискретной системы элементов определяется следующей последовательностью.

Модель представляет собой квадратную решетку отдельных элементов размером $N \times N$. На каждом шаге временной эволюции происходит приращение напряжений $(\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{xy})_{i,j}$, $i, j = 1, \dots, N$ на заданную величину, определяемую выбранным видом нагрузки. Внешнее приращение напряжений, одинаково для всех элементов и задается матрицей приращений напряжения $P = \begin{pmatrix} \Delta\sigma_{xx} & \Delta\sigma_{yx} \\ \Delta\sigma_{xy} & \Delta\sigma_{yy} \end{pmatrix}$. В процессе временной эволюции возможно

достижение в любом из элементов системы предельного значения кулоновского напряжения или нормального напряжения и возникновение сдвиговой или нормальной дислокации. Последовательность действий по ее определению следующая.

Определение элементов решетки с максимальными значениями кулоновского напряжения, напряжения сжатия, напряжения растяжения. В случае выполнения условий для некоторой ячейки (k, m)

$$\frac{\sigma_C^{\max}{}_{k,m}}{\sigma_C^*} > \max \left(\frac{\sigma_{сж}^{\max}{}_{k_2, m_2}}{B_0}, \frac{-\sigma_p^{\max}{}_{k_3, m_3}}{T_0} \right) \quad \text{последовательно выполняется расчет}$$

амплитуды касательного сдвига U по соответствующему направлению дислокации (11), приращение напряжений, расчет амплитуды нормального сдвига V , ортогонального направлению дислокации (11), приращение напряжений с ним связанное. Если критическое условие справедливо для нормального сдвига (растяжения или сжатия), то сначала рассчитывается поле по V , а затем по U .

В случае, если за счет приращений, обусловленных дислокацией в (k, m) напряжения в соседних элементах превысили критические значения, происходит расчет дислокации в данных элементах. Предполагая справедливость физического принципа конечной скорости распространения возмущения, осуществляется выделение и расчет критического элемента, минимально удаленного от первичной дислокации, а не нахождение элемента с максимальным превышением порогового значения по всей сетке. Для ускорения расчета введен модельный параметр- радиус взаимодействия элементов системы, т.е. количество соседних слоев s , для элементов которых рассчитываются приращения напряжений..

В качестве условий на границе рассмотрены открытые граничные условия. В данном случае предполагается, что рассматриваемая система элементов является частью неограниченной решетки элементов, взаимодействие с которой определяется только передачей приращений напряжения от рассматриваемой системы во внешнюю область.

Рассмотрим параметры распределений дискретной компоненты сбросов в дислокационной модели, нагружение которой определяется матрицей приращения напряжений -аналога одноосного сжатия:

$$P = \begin{pmatrix} \Delta\sigma_{xx} & \Delta\sigma_{yx} \\ \Delta\sigma_{xy} & \Delta\sigma_{yy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3000 & 0 \\ 0 & -1200 \end{pmatrix}.$$

В качестве остальных параметров заданы: Размер решетки элементов: $N \times N = 100 \times 100$, Линейный размер отдельного элемента $L = 10^4$ м, Размер дислокации $l_D = L = 10^4$ м, Параметры Ламе $\lambda = \mu = 3 \cdot 10^{10}$ Н/м², Коэффициент внутреннего трения $k = 0.6$, Критическое кулоновское напряжение $\sigma_C^* = 5 \cdot 10^6$ Н/м², Число взаимодействующих слоев $n_{эз} = 15$, Коэффициент передачи напряжений от k -го к $k+1$ слою $K_n = 1$.

На рис. 2 представлены временные ряды параметров модели и ход величины сбросов, как число дислокаций в соседних элементах в течении одной итерации. Временные ряды соответствуют оценкам по всей сетке 100×100 элементов.

Условно можно разбить эволюцию системы на переходной режим (итерации 25803- 32800) и устойчивый стационарный режим, начиная с итерации 32801 (итерации 32801-48716). Ход изменения пространственной структуры для различных участков эволюции системы представлен на рис. 3.

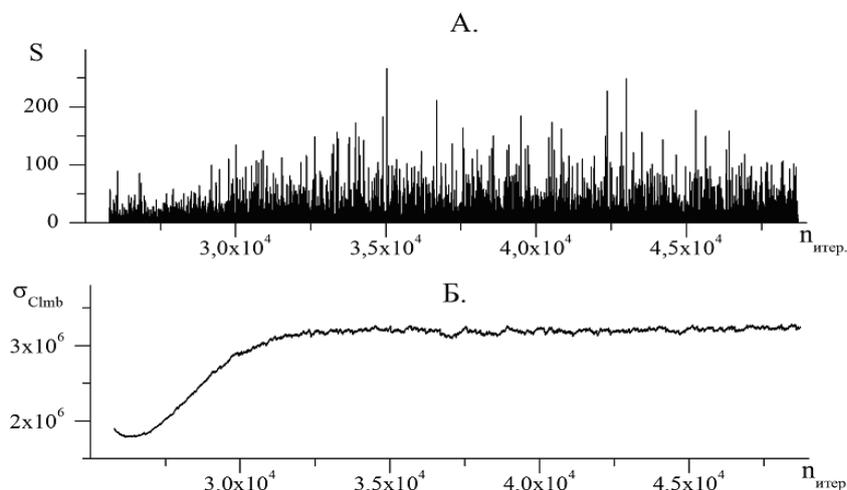


Рисунок 2. Временные ряды параметров дислокационной модели по всей системе элементов. А.- временной ход амплитуды сбросов; Б- временной ход среднего значения максимального кулоновского напряжения

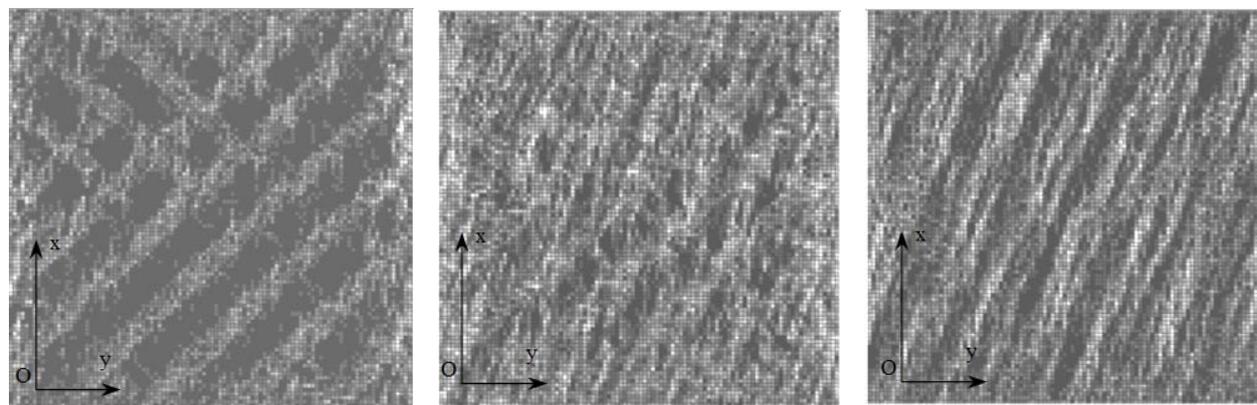


Рисунок.3. Пространственное распределение сбросов. А.- итерации 25803-26800,Б.- итерации 28000-30000, В.- итерации 45000-46500.

Анализ полученных расчетных данных в модели одноосного сжатия позволяет сравнить полученные оценки с данными экспериментальных наблюдений.

1. Эволюция модели указывает на достижение предельного устойчивого состояния, характеризуемого параметрами пространственно-энергетического распределений разрывных структур.

2. Преобладающее направление макроразрывов (рис.3В) близко к $\varphi=30^\circ$. Данная величина характерна для направления теоретического максимального кулоновского напряжения в модели одноосного сжатия и

наблюдаемая в большом количестве лабораторных экспериментов по разрушению горных пород. При этом в рассматриваемой модели данный угол характеризует направление компонент поля напряжений, формируемого элементарной дислокацией.

2. Оценка распределения размеров макроразрывов дает степенной характер зависимости $N(n)$ (N - число разрывов, включающих в себя n элементарных разрывов).

3. Степенной характер демонстрирует и распределение центров макроразрывов в пространстве. Показатель такого распределения является фрактальной размерностью эпицентров разрывов.

4. Степенные показатели распределений разрывов по величине (амплитуде) и в пространстве связаны соотношением

$$\alpha = d - b \cdot \delta,$$

где: $b \approx 1.28-1.32$ - степенной показатель плотности распределений амплитуд сбросов, $d \approx 1.85-1.87$ степенной показатель распределений расстояний между координатами сбросов, $\delta \approx 1.4-1.5$ - степенной показатель зависимости величины сброса от его линейного размера.

Список литературы

1. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. О свойствах дискретности горных пород. Изв. АН СССР. Физика Земли. 1982. № 12. с.3-18.
2. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. О свойствах дискретности геофизической среды и сейсмический процесс. М.:Наука, 1987, 100 с.
3. Mandelbrot B. The Fractal Geometry Of Nature. SanFrancisko, Freeman, 1982, 460p.
4. Hirata T. Fractal Dimension Of Fault Systems In Japan: Fractal Structure In Rock Fracture Geometry At Various Scales. PAGEOPH. 1989, Vol.131, N 1/2, p.157-170.
5. Мячкин В.И., Костров Б.В., Соболев Г.А., Шамина О.Г. Основы физики очага и предвестники землетрясений. Физика очага землетрясения. М.:Наука, 1975, с.6-29.
6. Журков С.Н. Кинетическая концепция прочности. Вестн.АН СССР, 1968, Вып.3, с.46-52.
7. Burridge R., Knopoff L., Model and Theoretical Seismicity, Bull. Seism Soc. Am. 57, 341-371, 1967
8. Z.Olami, H.J.S.Feder, K.Christensen, Self-Organized Criticality In A Continuous, Nonconservative Cellular Automaton Modeling Earthquakes, Phys.Rev. Lett. 68, 1244-1247. 1992.
9. Maruyama T., Stress Field in the Neighborhood of a Crack, Bull.Eartq.Res.Inst., 1969, 47, pp.1-29.

СВОЙСТВА НАНОРАЗМЕРНОГО NiFe_2O_4

¹И.И. Шамрай, ²Д.А. Каликинцева, ¹В.Ю. Скудннев, ¹В.Ю. Бузько
shamray_igor@mail.ru

¹Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

²КВВУ имени генерала армии С.М. Штеменко, Россия, г. Краснодар

Природный феррит никеля NiFe_2O_4 встречается в железо-никелевых рудах и минеральных отложениях гидротермальных источников. Микропорошки синтетического NiFe_2O_4 имеет широкое применение для создания магнитных устройств и экранирующих радиоматериалов. Известно,

что свойства наноразмерных образцов NiFe_2O_4 могут сильно отличаться свойств его микропорошков.

Нами рассмотрены свойства наноразмерных образцов NiFe_2O_4 , полученных тремя разными синтетическими методами: водным соосаждением гидроксидов, ацетатным золь-гель методом, пирохимическим нитрат-мочевинным методом. Обнаружено, что использованные методы синтеза NiFe_2O_4 дают образцы наноразмерных порошков с сильной вариацией структурных, магнитных и электрофизических свойств. Электропроводность полученных образцов NiFe_2O_4 меняется от $2,5 \cdot 10^{-9}$ См/см до $4,1 \cdot 10^{-9}$ См/см при переходе от метода водного соосаждения гидроксидов к пирохимическому нитрат-мочевинному методу.

Метод водного соосаждения гидроксидов при кипячении дает высокодисперсные гидрогели, сушка которых приводит к получению ультрадисперсных нанопорошков NiFe_2O_4 с размером суперпарамагнитных наночастиц около 22 нм. Максимальные магнитные свойства для нанопорошков NiFe_2O_4 , полученных методом водного соосаждения гидроксидов достигаются лишь при отжиге на воздухе в течение 1 часа при 650°C , что практически приводит к получению квазиоднодоменных наночастиц размером около 55 нм.

Ацетатный золь-гель метод приводит к низкопористым нанопорошкам NiFe_2O_4 с хорошо ограниченными низкодефектными однодоменными ферримагнитными наночастицами размером около 35-40 нм с хорошими радиоэкранирующими свойствами. Максимальные магнитные радиоэкранирующие свойства для нанопорошков NiFe_2O_4 , полученных ацетатным золь-гель методом, достигаются при отжиге на воздухе в течение 1 часа при 600°C .

Пирохимический нитрат-мочевинный метод приводит к получению среднепористых нанопорошков NiFe_2O_4 с хорошо ограниченными квазиоднодоменными ферримагнитными наночастицами размером около 50-60 нм с сильными радиоэкранирующими свойствами. Максимальные магнитные радиоэкранирующие свойства для нанопорошков NiFe_2O_4 , полученных пирохимическим нитрат-мочевинным методом, достигаются при отжиге на воздухе в течение 1 часа при 700°C , поскольку для залечивания структурных дефектов, наноразмерных трещин и пор требуется повышенная температура.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОЙ ФВЭС НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО СИТУАЦИОННОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

А.В. Шопин

butch_p99@mail.ru

Адыгейский государственный университет», Россия, г. Майкоп

Совмещение преобразователей нескольких источников энергии в единую энергосистему позволяет повысить устойчивость и эффективность

выработки электроэнергии за счет уменьшения мощностей преобразователей и емкости накопителей. Существует множество вариантов структур энергетических комплексов, с комплексированием различных генерирующих устройств от возобновляемых источников, с различными видами преобразования энергии, в том числе гибридные, включающие генерирующие устройства на традиционном топливе.

На сегодняшний день наиболее экономически обоснованно использование автономных энергосистем малой и средней мощности с комплексированием различных генерирующих устройств, находящихся в труднодоступных районах, удаленных от линий электропередач и теплотрасс. Одним из распространенных эффективных вариантов таких энергетических систем являются автономные фотоветроэлектроэнергетические станции (ФВЭС). Солнечная радиация и ветровой поток, частично компенсируют взаимные колебания поступления энергии [1].

Автономная комбинированная фотоветроэлектроэнергетическую станцию представляет собой типичный пример сложной технической системы. В настоящее время в мире действует множество комбинированных ФВЭС, как опытных, так и промышленных. Они отличаются друг от друга соотношением вырабатываемой ФЭУ и ВЭУ электроэнергией, типом используемых устройств (преобразователей, накопителей, потребителей), родом вырабатываемого тока, наличием аккумуляторов, резервных источников питания и тех или иных контуров системы автоматического управления энергосистемой.

В состав типовой автономной комбинированной ФВЭС входят:

- фотоэнергетическое устройство (ФЭУ);
- ветроэнергетическое устройство (ВЭУ);
- накопители;
- потребитель;
- гибридный контроллер;
- инвертор электрического тока.

Анализ практического использования подобных объектов показывает, что избежать ситуаций недостатка или переизбытка энергии в полной мере не удастся. Это связано, как с природной неопределенностью суточных режимов поступления возобновляемой энергии (солнечной и ветровой), так и с трудно предсказуемым режимом потребления.

С учетом степени неопределенности исходных данных, параметров системы, нечеткости целей и задач управления, предлагается использовать управление на операционном уровне на основе методики нечеткого ситуационного управления [2, 3, 4].

Цель управления заключается в автоматическом обеспечении технологических требований работоспособности компонентов энергосистемы, снижении вероятности ситуаций, связанных как с недостатком энергии для обеспечения потребителя, так и с ее переизбытком.

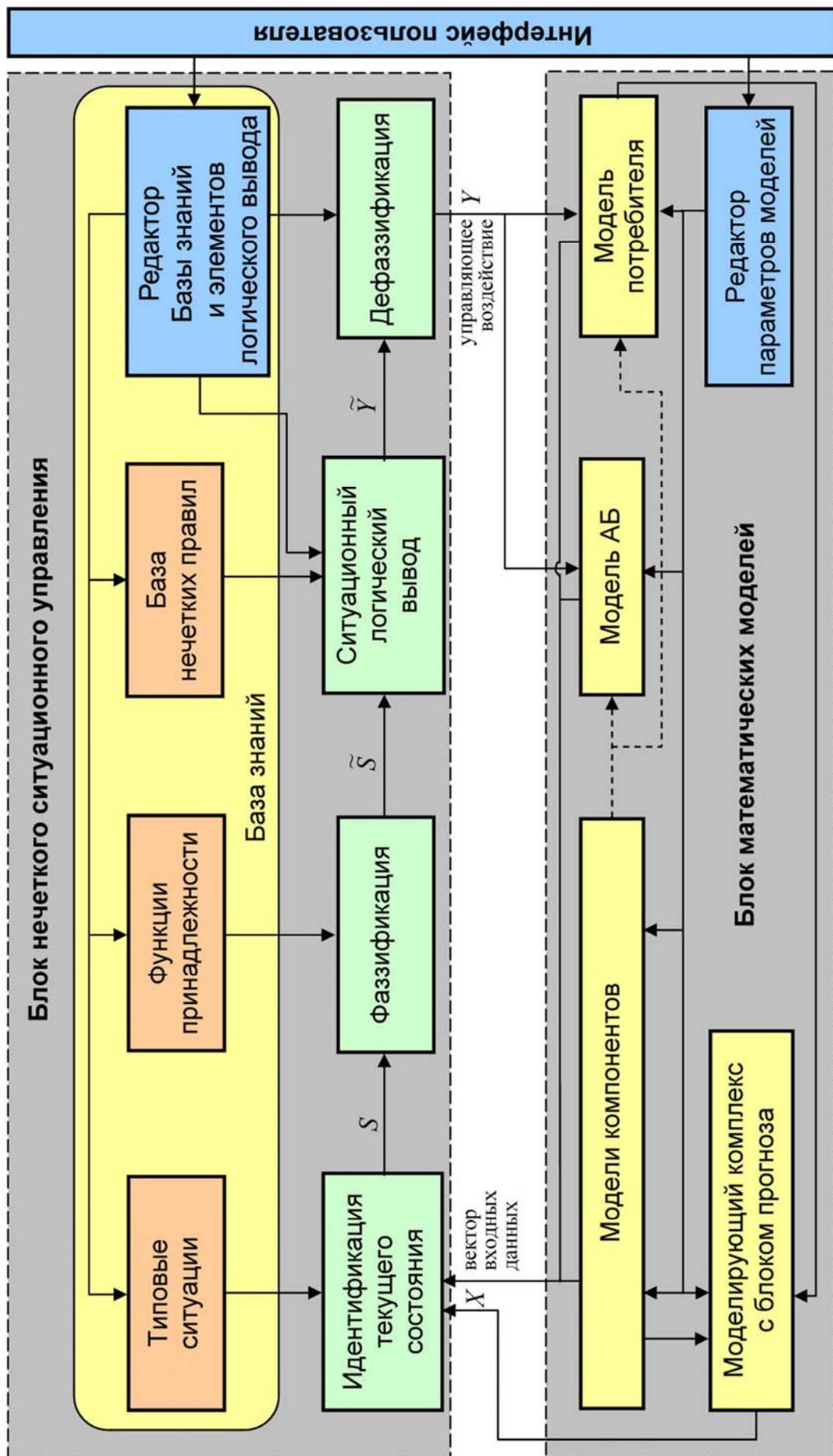


Рис. 1. Структура программного комплекса для управления автономной ФВЭС на основе нечеткого ситуационного логического вывода.

Данная цель достигается за счет оптимального распределения поступающей энергии между накопителем и потребителем с использованием ранжирования нагрузки по приоритетам с учетом прогноза поступления и потребления электроэнергии [1, 2].

Основным методом синтеза нечетких систем является синтез набора нечетких продукционных правил базы знаний на основе экспертных знаний и эмпирический выбор алгоритма нечеткого вывода, с последующей настройкой параметров системы на реальном объекте управления или его модели, путем имитационного моделирования различных режимов работы.

Для подтверждения эффективности моделей и алгоритмов нечеткого ситуационного управления разработан программный комплекс (FSControl) для управления автономными ФВЭС на основе имитационного моделирования, структура которого представлена на Рисунке 1.

При имитационном моделировании реализующий модель алгоритм воспроизводит процесс функционирования объекта во времени, причём имитируются элементарные явления, составляющие процесс с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определённые моменты времени, дающие возможность оценить характеристики объекта. Метод имитационного моделирования позволяет решать задачи анализа больших систем, включая задачи оценки вариантов структуры объекта, эффективности различных алгоритмов управления объектом, влияния изменений различных параметров объекта.

За основу разработки программного комплекса была взята интегрированная среда Visual C++ и математический пакет MatLab (Fuzzy Logic Toolbox).

Структура программного комплекса состоит из двух функциональных блоков: блок математических моделей и блок нечеткого ситуационного управления.

Основные функции блока мат. моделей:

- ввод и редактирование параметров имитационных моделей структурных элементов энергетической системы (параметров генерирующих устройств, параметров накопителей и потребителей);
- ввод и редактирование параметров имитационных моделей поступления энергии от возобновляемых источников;
- моделирование поступления энергии и ее потребления в соответствии с введенными параметрами моделей;
- генерирование обучающей выборки параметров состояний системы для их классификации;
- краткосрочное прогнозирование динамики поступления энергии на основе метода перспективной экстраполяции с возможностью учета среднестатистических данных и внешнего метеопрогноза.

Основные функции блока нечеткого ситуационного управления:

- ввод и редактирование элементов базы знаний;

- формирование лингвистических переменных для входных данных (термов и их функций принадлежности);
 - формирование лингвистических переменных для управляющих воздействий;
 - формирование или расчет степеней предпочтения для управляющих воздействий;
 - построение нечеткого покрытия пространства состояний объекта нечеткими классами с использованием алгоритма кластеризации;
 - решение задачи определения текущего состояния путем сравнения с эталонными ситуациями;
 - конструирование базы продукционных правил определяющих модель сценария управляющих воздействий;
 - реализация нечеткого ситуационного логического вывода для нахождения управляющего решения;
 - поиск сценария управления по нечеткой ситуационной сети;
 - интерпретация результатов;
- взаимодействие системы с другими приложениями.

Для организации удобного для пользователя способа общения с программой предназначена интерфейсная часть, включающая блоки ввода информации и интерпретации результатов.

Управление осуществляется на основе учета информации о текущих и прогнозируемых значениях накопления, поступления энергии и энергопотребления. [5]

Анализ результатов имитационного моделирования с использованием разработанной методики показал уменьшение примерно на 23% количества ситуаций связанных с недостатком или переизбытком энергии, что подтверждает эффективность предложенной методики, а ее применение на реальных объектах позволит улучшить технико-экономические показатели подобных энергетических систем.

Список литературы

1. Симанков, В.С. Моделирующий комплекс поступления энергии для оперативного управления автономными фотоветроэнергетическими системами / В.С. Симанков, П.Ю. Бучацкий, А.В. Шопин; Ин-т современных технологий и экономики. – Краснодар, 2002. – 15 с. – Деп. в ВИНТИ РАН 28.02.2002 № 393-B2002.
2. Шопин, А.В. Ситуационное оперативное управление автономными энергетическими системами с ВИЭ на основе технологий нечеткой логики / А.В. Шопин, П.Ю. Бучацкий // Информационные технологии, системный анализ и управление: материалы IX Всерос. науч. конф. молодых ученых и аспирантов ЮФУ / Технологический институт. – Таганрог, 2011.
3. Симанков, В.С. Ситуационный логический вывод на основе нечеткой кластеризации состояний / В.С. Симанков, А.В. Шопин // Вестник Адыгейского государственного университета. – Майкоп, 2007. – Вып. 4. – С. 49-54.
4. Зернов, М.М. Метод вывода по нечёткой ситуационной сети на основе оценки разнородных топологических элементов/ М.М. Зернов. // Сб. тр. 16-й Военно-научной конференции «Проблемы теории и практики развития войсковой ПВО в современных условиях», ВА ВПВО ВС РФ, Смоленск, 2008. – С. 45–50.

5. Симанков, В.С. Синтез системы управления автономной фотоветроэнергетической установкой на основе нечеткой логики / В.С. Симанков, А.В. Шопин // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. – Майкоп, 2012. – Вып. 4. – С. 213-219.

ФОРМИРОВАНИЕ ФОНОВОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ КАРСТОВЫХ ПЕЩЕР (АБХАЗИЯ)

¹Я.А. Экба, ¹Р.С. Дбар, ¹А.К. Ахсалба, ²О.Я. Червяцова
ekba-yan@rambler.ru

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

²*Государственный природный биосферный заповедник «Шульган-Таш»,
Республика Башкортостан*

Исследование пространственного распределения содержания радона в полостях Новофонской пещеры позволило выделить ярко выраженное увеличение объёмной радиоактивности от 300-400 Бк/м³ в южных залах до 2400 Бк/м³ в зале «Апсны» и посадочной площадке. Такие значения обуславливаются ярко выраженной зональностью отражающая различную интенсивность вентиляции залов атмосферным воздухом.

Относительно сезонного распределения радиации можно отметить, что в холодное время года концентрация радона в пещере значительно ниже (иногда на 1 -2 порядка), чем летом, что объясняется различными условиями зимней и летней циркуляции воздуха в пещерах.

Велика доля поступления радона в результате дегазации подземных вод особенно в период интенсивных паводков.

Ключевые слова: *радиоактивность, распределение радона, циркуляция воздуха, дегазация подземных вод.*

Природные источники ионизирующего излучения (ИИИ) создают около 70 % суммарной дозы, получаемой человеком от всех ИИИ. Годовая доза облучения человека от природных ИИИ в среднем 2,4 мЗв/год, в том числе от радона в воздухе помещений 1,3 мЗв/год, от гамма-излучения естественных радионуклидов (ЕРН) грунта и стройматериалов 0,4 мЗв/год. В организм с водой и пищей 0,4 мЗв/год и от космического излучения - 0,3 мЗв/год. За исключением радона, уровни других составляющих природного фона в различных регионах отличаются от среднего, обычно, не более чем в 2 раза. Радон – самый тяжелый из благородных газов, которые раньше, еще лет 20–30 назад, чаще называли инертным газом. Он не имеет ни запаха, ни вкуса, прозрачен и бесцветен. Его плотность при 0°С равна 9,81 кг/м³, т. е. почти в 8 раз больше плотности воздуха.

Радон - наиболее редкий и самый тяжелый радиоактивный газ; он обладает удивительными свойствами: при температуре, равной минус 62° С он превращается в бесцветную жидкость, которая в семь раз тяжелее воды и которая флюоресцирует ярким голубым или фиолетовым цветом. Около минус 71 С° радон становится твердым и непрозрачным веществом,

излучающим голубое сияние. Радон без нагревания испускает тепло и со временем может образовывать твердые радиоактивные элементы.

Радон химически инертен и реагирует только с сильными фторирующими реагентами. Все изотопы радона радиоактивны и довольно быстро распадаются: самый устойчивый изотоп ^{222}Rn имеет период полураспада 3,82 сут., второй по устойчивости – ^{220}Rn (торон) – 5,6с.

Образование и распространение радона связано с горными породами, поскольку именно горные породы являются его первоисточником. В первую очередь содержание радона в окружающей среде зависит от концентрации материнских элементов в породах и почвах, Поэтому первое представление о распространении радона в окружающей среде может дать геологическая карта.

Несмотря на то, что радиоактивные элементы встречаются в тех или иных количествах повсеместно, распределение их в земной коре очень неравномерно. Наиболее высокие концентрации урана свойственны изверженным (магматическим) породам, в особенности гранитам.

В результате радиоактивного распада атомы радона попадают в кристаллическую решетку минералов. Процесс выделения радона из минералов и пород в поровое или трещинное пространство получил название эманирования. Не все атомы радона могут выделиться в поровое пространство, поэтому для характеристики степени высвобождения радона используется коэффициент эманирования. Его величина зависит от характера породы, ее структуры и степени ее раздробленности. Чем меньше зерна породы, чем больше внешняя поверхность зерен, тем активнее идет процесс эманирования.

Дальнейшая судьба радона связана с характером заполнения порового пространства породы. В зоне аэрации, то есть выше уровня грунтовых вод, поры и трещины пород и почв заполнены, как правило, воздухом. Ниже уровня грунтовых вод все пустотное пространство пород заполнено водой (в нефтегазоносных районах оно может быть также заполнено нефтью и газом).

Повышенные по сравнению с открытой атмосферой концентрации радона – хорошо известная особенность карстовых пещер. Уровни альфа-радиации в пещерах обычно превышают атмосферные в 10-300 раз, но могут превышать и на 4 порядка [2-4]. Источником радона в пещерах являются ^{238}U и ^{226}Ra во вмещающих породах и вторичных отложениях. Среднее минимальное содержание ^{238}U в известняках составляет 2.0 ppm, то есть всего в 2,4 раза ниже, чем в гранитах. Важную роль в эманиции радона играют вторичные глинистые отложения, где содержание ^{226}Ra часто бывает в 20-40 раз выше, чем во вмещающих известняках. По оценкам А.Чигна [4] примерно 44% радона в пещерах высвобождается из глинистых отложений, и только 2,5% из вмещающих известняков. Поскольку повышенная радоновая активность над разломными зонами является хорошо известным фактом [5], на эманицию радона в карстовые полости влияет тектоническое строение массива и сейсмическая активность [6].

Первая попытка сбора и обобщения данных по концентрациям радона в пещерах предпринята Дж.Халком в 90-х годах. Данные по 220 пещерам различных стран Мира показывают концентрации от 100 до 20000 Бк/м³, при арифметическом среднем 2800 Бк/м³ [3]. В более поздних работах приводятся и более высокие концентрации: до 40000-70000 Бк/м³ [2] и даже до 155 000 Бк/м³. Многими авторами отмечается, что в холодное время года концентрации радона в пещерах значительно ниже (иногда на 1-2 порядка), чем летом, что объясняется различной направленностью зимней и летней циркуляции воздуха.

Формирование и распределение концентраций радона в пещерах в наибольшей степени контролируется воздухообменом с наружной атмосферой, что в свою очередь определяется морфологией полостей.

Целью настоящей работы было изучение пространственного и сезонного распределения радиоактивности радона в Новоафонской пещерной системе. Наблюдения были направлены на получение информации по актуальным для пещеры проблемам: уточнение возможных источников поступления радона в НАП, влияние особенностей воздухообмена на процесс накопления радона в полостях пещеры и оценку радоновой опасности для персонала.

Новоафонская пещерная система

Новоафонская пещера (далее НАП) расположена на черноморском побережье Абхазии, в городе Новый Афон. Она заложена в карстовом массиве Гумишха-Псырца, в толще известняков нижнемелового возраста. Протяженность пещеры составляет 3285 м, объем 1006600 м³ [8]. Естественный вход представляет собой систему вертикальных колодцев глубиной 183 метра (шахта "Бездонная яма"), соединяющуюся с субгоризонтальной частью узким проходом в северо-восточной части зала Анакопия (рис.1).

Пещерная система была разведана в начале 60-х годов, с 1975 года функционирует в качестве экскурсионного объекта.

Для обеспечения доступа туристов пробит 1175-метровый транспортный тоннель, который вскрыл систему полостей в зале Анакопия и в зале Апсны (рис.1). Водоотводящие тоннели общей протяженностью 2300 м, предназначенные для борьбы с паводками в пещере, были пробиты в 1983 году. Главный тоннель пробит из долины реки Мсра, а из него к южным залам пещеры выходят три штольни (в зале Анакопия, у основания западной стены зала Махаджиров и у южной стены зала Нартаа).

Циркуляция воздуха в пещере контролируется перепадом высот между верхними и нижними каналами, сообщающимися с поверхностью. В теплое время года (V-X) наблюдается нисходящее, а в холодное время (XI-IV) восходящее движение воздуха [9]. В качестве верхних воздухопроводящих каналов выступают входная шахта "Бездонная яма" и рассредоточенные зоны проницаемости по трещинам. В доэксплуатационном состоянии воздухообмен нижней части пещеры осуществлялся только через зоны

проницаемости по трещинам, но после прокладки искусственных тоннелей естественная система циркуляции воздуха в значительной мере трансформирована. Оба тоннеля оборудованы шлюзовыми устройствами, но имеются данные об активном переносе воздуха через водоотводящий тоннель ввиду неисправности шлюза, что приводит к интенсификации вентиляции южных залов [11]. Другой проблемой пещеры является недостаточная вентиляция, и как следствие углекислотная загазованность северных залов пещеры [10].

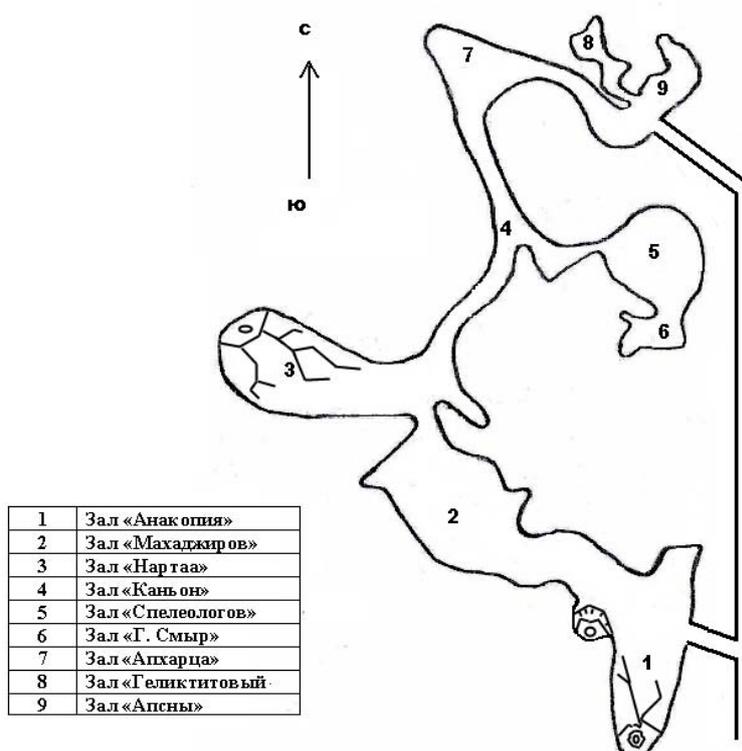


Рис. 1. Схема горизонтальной части Ново-Афонской пещеры и стационарных подземных водоёмов.

Материалы и методы

Наблюдения проводились в период с 2010 по 2011 год. Для измерения радиоактивности радона (РАР) использовался радонметр типа SIRAD-MR-106N, совмещенный с микрокомпьютером с программным обеспечением. Для измерения гамма и бета радиации применялся дозиметр-радиометр МКС-10Д «Чибис», измеряющий дифференцированно каждое из указанных излучений. Погрешность измерений этим прибором составляет $\pm 20\%$ для всех величин. Для измерения скорости воздушного потока использовался термоанемометр Testo 425 (погрешность $\pm 0,03$ м/сек), производства Германии. Все измерения проводились в приземном слое воздуха на высоте от 0,2 до 0,5 м. Всего в основной части пещеры было сделано более тысячи измерений. Замеры проводились также в искусственных тоннелях, в помещении административного здания и на дневной поверхности.

Результаты и обсуждения

Первые измерения радона в Новоафонской пещере проводились в мае, июле, августе, декабре 1977 и в августе 1978 года научным отрядом Института геофизики АН ГССР. Концентрация радона и короткоживущих продуктов распада в воздухе определялась путем отбора проб воздуха на фильтр типа АФА РМП с дальнейшей регистрацией альфа-излучения фильтра на сцинтилляционной установке РВ-4. Данные, опубликованные авторами этого исследования (Амиранашвили и др., 1994), приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Содержание радона в НАП по измерениям в мае, июле, августе, декабре 1977 и в августе 1978 года (по Амиранашвили и др., 1994)

Место наблюдения (залы)	Содержание радона, Бк/м ³			Число измерений
	Миним	Максим	Средне	
Соединение с вертикальной частью в зале Анакопия	67	796	370	16
Зал Махаджиров, Белая гора	548	1013	725	20
Зал Махаджиров, конец эстакады	89	806	725	7
Зал Спелеологов	559	1043	718	16
Зал Абхиарца	381	1132	777	22
Зал Апсны	315	1284	833	24
Зал Апсны, около «водопада»	266	3045	1284	18
Веранда административного здания	1	11	5	13

Таблица 2

Содержание радона в НАП по измерениям в 2010-2011 гг.
(Экба, Мархолия 2011 г.)

Место наблюдения (зал)	Объемная радиоактивность радона Бк/м ³		
	минимум	максимум	среднее
Зал «Анакопия»	0	800	400
Зал «Махаджиров Белая гора»	0	900	450
Зал «Нартаа»	0	800	400
Зал «Аюхаа Каньон»	300	1500	900
Зал «Абхярца»	400	1600	1000
Зал «Спелеологов»	300	1700	1000
Зал «Гиви Смыр»	350	1750	1050
Зал «Апсны»	900	2400	1650
Посадочная площадка	1000	2700	1850

Из таблицы видно, что концентрации радона в воздухе пещеры отличались значительными сезонными вариациями, что видимо, объясняется сменой летнего режима циркуляции на зимний режим. Относительно максимальных значений отмечается закономерное увеличение в направлении от южных к северным залам. Наиболее высокие максимальные (3945 Бк/м³) и

средние (1284 Бк/м³) значения регистрировались в зале Апсны около натека «окаменевший водопад». Наименьшие значения были зарегистрированы в районе соединения вертикальной и горизонтальной частью (Ворота Арсена).

В таблице 2 представлены результаты измерения альфа-радиоактивности воздушной среды Новоафонской пещеры, обусловленной эманацией радона, измерения проводились в 2010-2011гг еженедельно в течение всех сезонов года.

Во-первых, данные по порядку величин соответствуют результатам, полученным в работах (Амиранашвили и др. 1994; Червяцова и др. 2016).

Во-вторых, подтверждается тезис, что по мере продвижения вглубь пещеры концентрация радона возрастает в связи с ограниченной вентиляцией воздуха, достигая максимума в зале «Апсны».

Кроме того результаты измерений позволяют установить определённые закономерности сезонного распределения концентрации радона внутри Новоафонской карстовой пещеры (рис.3).

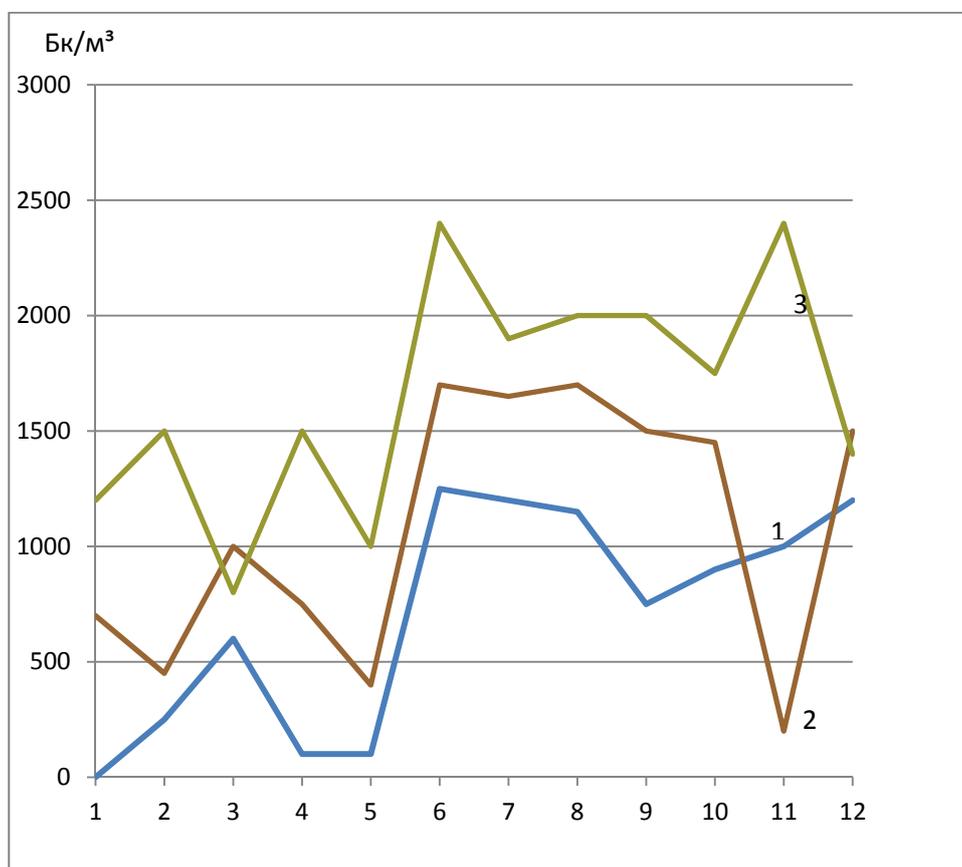


Рис. 3. Содержание радона в НАП по сезонам года, измеренное в 2010-2011гг (Экба, Мархолия, 2011). 1 – южные залы, 2 – центральные залы, 3 – северные залы и посадочная площадка

На рисунке изображено осреднённое по трём зонам, выделенным в работе [12], значениям концентраций радона, В переходный период от зимы к весне в связи с перестройкой- реверсом воздухообмена, концентрация радона испытывает значительные колебания и процесс его накопления начинается с конца весны. В июне и в ноябре отмечается резкий скачок

концентрации радона, который по нашему мнению, связан с двумя факторами, характерными для данного времени года.

Во-первых, устанавливается летний тип циркуляции воздуха в пещере. В холодное время года концентрации радона в пещерах значительно ниже (иногда на 1 -2 порядка), чем летом. Обычно это объясняется различными условиями зимней и летней циркуляции воздуха в пещерах, имеющих воздухоподводящие каналы на разных высотных уровнях (а таких систем большинство). В условиях летней нисходящей тяги воздуха создаются условия для подсоса радона из трещин из глубины массива и перекачки его в полости.

Во-вторых, весной существенно возрастает вероятность проникновения паводковых и ювенальных вод, обогащённых растворённым радоном и углекислым газом в пещеру.

Замеры ОАР и ЭРОА над поверхностью воды в водозаборном колодце воклюзного источника Псырцха, выполненные группой Червяцовой О.Я. 29.09.2015г и наши ежегодные измерения зафиксировали аномально высокое (в сравнении с другими наблюдаемыми нами точками в районе) значение объёмной активности радона $11\ 676 \pm 3530$ Бк/м³ (ЭРОА при этом составляла 1269 ± 160 Бк/м³), что говорит о его активной дегазации из воды. Непосредственные измерения бетта-радиоактивности воклюзных вод реки Псырцха проводились в лабораторных условиях с использованием высокочувствительного радиометра. Однако в связи с интенсивной дегазацией радона из раствора результаты существенным образом зависят от промежутка времени между взятием пробы и её анализом. Тем не менее, отмечены значения суммарной бетта активности превышающей 312 Бк/л (значение ПДК составляет 70 Бк/л). Известно, что в большинстве случаев радоновые воды приурочены к трещиноватым магматическим породам, что косвенно может указывать на возможную связь источника с теплыми минеральными водами глубинной зоны циркуляции, формирующиеся в порфиритовой свите байоса, подстилающей меловые отложения в районе Нового Афона (Тинтилов, 1983). Даже если в настоящее время связь источника с минеральными водами нарушилась, как предполагается в работе (Мавлюдов и др., 2014), то обогащение радоном вод источника может быть связано с вторичными эманулирующими коллекторами в известняках и аллювиальных отложениях долины, связанных с выпадением радия из термальных разломных вод в прошлом. Но поскольку имеется предположение (Мавлюдов и др., 2014), что в паводковом режиме не исключена возможность вторжения вод Псырцхи в пещерную систему, актуальной задачей является проведение радоновых наблюдений во время паводка.

Вызывает опасение радоновая обстановка в рекреационной зоне, непосредственно примыкающей к источнику Псырцхи, её обследование является актуальной задачей. Выявленный факт дегазации радона из источника Псырцха должен насторожить и в отношении других карстовых

источников на побережье. Необходимо провести их обследование, поскольку если подобный процесс наблюдается и там, то пещерные системы зоны разгрузки, имеющие с ними прямую связь (например, Мчишта и Хабю) могут накапливать экстремально высокие концентрации радона.

Важную роль в миграции радона имеют также подземные воды, в которых он растворим.

Каким образом радон попадает в питьевую воду? Он попадает в воду из окружающей почвы, а также гранитов, базальтов, песка с которыми соприкасаются водоносные слои. Поэтому концентрация радона в водах зависит от концентрации материнских элементов в горных породах, омываемых ею, коэффициента эманирования, пористости или трещиноватости горных пород и скорости движения воды (расхода потока). Рыхлые или трещиноватые породы характеризуются повышенными концентрациями радона (зоны тектонических нарушений, кора выветривания и т.д.). Кристаллические породы обычно имеют более высокую концентрацию урана, чем средние осадочные породы. Примером пород, которые имеют повышенную концентрацию урана, являются граниты, сиениты пегматиты, кислые вулканические породы, а также кислые гнейсы.

Подземные воды трещинных массивов кислых кристаллических пород обычно отличаются наиболее высокой концентрацией радона, достигающей 500 Бк/л и выше. Значительно ниже концентрация радона в водах основных изверженных пород. Трещинные воды известняков, песчаников, сланцев обычно имеют концентрацию радона в пределах 10-100 Бк/л. Однако, в отдельных случаях, и в этих породах могут встречаться повышенные концентрации радона. Подземные воды в горизонтах грунтовых вод, залегающих недалеко от поверхности, обычно имеют более низкую концентрацию радона, составляющую менее 50 Бк/л. В поверхностных водах концентрация радона, как правило, не превышает 2-5 Бк/л, главным образом, из-за того, что радон успевает распасться в течение существования воды в поверхностных условиях или уйти в атмосферу за счет аэрации.

Заключение

Исследование пространственного распределения содержания радона в полостях пещеры позволило выделить, ярко выраженное увеличение объемной радиоактивности от 300-400 Бк/м³ в южных залах до 2400 Бк/м³ в зале «Апсны» и посадочной площадке. Такие значения являются типичными для пещер карбонатного карста и обуславливаются ярко выраженной зональностью отражающая различную интенсивность вентиляции залов атмосферным воздухом.

Относительно сезонного распределения радиации можно отметить, что в холодное время года концентрация радона в пещере значительно ниже (иногда на 1 -2 порядка), чем летом. Обычно, это объясняется различными условиями зимней и летней циркуляции воздуха в пещерах, имеющих воздухоподводящие каналы на разных высотных уровнях (а таких систем большинство). В условиях летней нисходящей тяги воздуха создаются

условия для подсоса радона из трещин из глубины массива и перекачки его в полости.

Имеется ряд факторов, уверенно указывающих на существенную долю поступления радона в результате дегазации подземных вод: это и высокое содержание (более 312 Бк/л) радона в водах воклюзного источника Псрцха и приуроченность активного поступления в пещеру радона и паводковых вод.

Оценочный расчёт эффективных доз облучения персонала, проведённый в работе [30] показывает, что доза, получаемая экскурсоводом за одну экскурсию составляет примерно 0,012 мЗв, а установленная законодательством пороговая доза 5 мЗв в год [23] может быть получена при нагрузке, превышающей 3-4 экскурсии в день. Необходимо проведение в пещере регулярного радонового мониторинга на протяжении всех сезонов года и учет накопленных персоналом доз.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ проект № 17-55-40005 Абх_а 2017

Список литературы

1. Hanson D.J. Radon tagged as cancer hazard by most studies, researchers. //Chemical & Engineering News, Feb.6, 1989. 7-13.
2. Климчук А.Б., Наседкин В.М. Радон в пещерах СНГ //Свет. Киев, 1992. № 4 (6). С. 21-35.
3. Nakl J., Hunyadi I., Csige I., Geczy G., Lenart L., Varhegy A. Radon transport phenomena in karst caves – international experiences on radon levels and exposures // Radiation Measurement. Vol. 28, Nos 1-6, pp. 678-684, 1997.
4. Cigna A. A. Radon in caves // International Journal of Speleology, 34 (1-2), 1-18. 2005.
5. Уткин В. И. Радоновая проблема в экологии //Соросовский образовательный журнал. – 2000. Т. 6. №. 3. С. 74-80.
6. Ляхницкий Ю.С., Соломатина Е.А., Королева Н.А. Аккумуляция радона в искусственных и естественных полостях // АНРИ. - 1996/97. N 3(9). С.81-84.
7. Тестов Б. В., Шихов Н. И., Максимович Н. Г., Лавров И. А. Кунгурская ледяная пещера и радон // Вестник Уральского отделения РАН. – Екатеринбург: «Наука. Общество. Человек», 2003. – № 1 (3). – С. 49-54.
8. Тинтилозов З. К. Новоафонская пещерная система. Мецниереба, 1983. 151 с.
9. Экба Я.А., Дбар Р. С. Антропогенное воздействие на экосистемы карстовых пещер Абхазии при рекреационном освоении // Устойчивое развитие горных территорий. 2010. № 3. С. 75-84.
10. Экба Я.А., Дбар Р.С., Ахсалба А.К. Изменчивость абиотических компонентов карстовых пещер под влиянием естественных и антропогенных факторов. // Устойчивое развитие горных территорий. Владикавказ. 2014. №4 (22). С. 93-97.
11. Мавлюдов Б.Р., Кудерина Т.М., Экба Я.А., Дбар Р.С. Некоторые особенности гидрологии Новоафонской пещеры // V Региональная научно-практическая конференция «Карст и пещеры Кавказа: результаты, проблемы и перспективы исследований» (Сочи, 1-4 ноября 2014 года). 2014. С. 27-30.
12. Червяцова О.Я., Казадаев Д.С., Дбар Р.С., Экба Я.А. Изучение особенностей вентиляции Новоафонской пещеры с использованием радонометрической съёмки.// Устойчивое развитие горных территорий. Владикавказ. 2016. №2. С. 109-119.
13. Нормы радиационной безопасности: [СанПиН 2.6.1.2523.09: утверждены пост. гл. гос. сан. врача РФ 7 июля 2009 г.: по состоянию на 1 сент. 2009 г.]. – СПб.: ЦОБТПБСППО, 2010. – 115 с.

14. МУК 2.6.1.1088-02. Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. Минздрав России. М: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

**ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И
ГЕОЭКОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Материалы IV Международной научно-практической конференции

Часть 2

Подписано в печать 08.05.2017. Формат бумаги 60x84/16. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Гарнитура Таймс. Усл. п.л. 15,9. Тираж 300. Заказ 00018.

Отпечатано с готового оригинал-макета
на участке оперативной полиграфии
ИП Кучеренко В.О. 385008, г. Майкоп, ул. Пионерская, 411/76.
Тел. для справок 8-928-470-36-87. E-mail: slv01.maykop.ru@gmail.com