

**ИНСТИТУТ МОНИТОРИНГА
КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ СО РАН**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**ХІ СИБИРСКОГО СОВЕЩАНИЯ
ПО КЛИМАТО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ
МОНИТОРИНГУ**

**ТОМСК
21–23 СЕНТЯБРЯ 2015**

УДК 551.5; 581.8

Одиннадцатое сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу:
Тезисы докладов. / Под. ред. М.В. Кабанова. – Томск. 2015. - 228 с.

В сборник включены тезисы докладов по методологии и результатам исследований современного состояния и тенденций изменения климатической системы Сибирского региона. Рассмотрены научно-методические вопросы организации многокомпонентного мониторинга мезомасштабных природно-территориальных комплексов Сибири по физической, химической, биологической и техногенной компонентам системы. Представлены доклады по методологии и результатам исследований, оценке состояния и выявлению происходящих изменений в экосистемах бореальных лесов. Рассмотрены вопросы заболачивания ландшафтов таёжной зоны. Представлены доклады о влиянии антропогенных факторов на трансформацию ландшафтов Сибири

Сборник представляет интерес для специалистов в области климатологии, метеорологии, экологии, охраны окружающей среды, а также по физическим и техническим проблемам климато-экологических изменений.

(с) Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. МОНИТОРИНГ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Ананова Л.Г. Синоптическая обстановка конца июля 2014 года на территории Республики Алтай	10
Волков Ю.В., Тартаковский В.А. Фазовая группировка климатических данных	12
Волкова М.А., Чередыко Н.Н., Огурцов Л.А. Динамика индексов экстремальности климата в Западной Сибири	14
Воропай Н.Н., Максюткова Е.В. Повторяемость засух и периодов переувлажнения в Предбайкалье	16
Высоцкая Г.С. Влияние изменений биотемпературы и осадков на биоценозы Сибири	18
Галахов В.П., Мардасова Е.В., Шереметов Р.Т., Самойлова С.Ю. Колебания ледника Родзевича (горный узел Белухи)	20
Ерисковская Л.А. Влияние крупномасштабной циркуляции на оледенение ледника Туйыксу	22
Завалишин Н.Н. Возможный механизм современного потепления: уменьшение альбедо, вызванное смещением Солнца от барицентра	24
Золотов С.Ю., Ипполитов И.И., Логинов С.В. Особенности изменений характеристик субтропических струйных течений Северного и Южного полушарий за последние 65 лет	26
Зуев В.В., Суторихин И.А., Янковская У.И., Кураков С.А. Определение эффективной площади водосбора на бессточном озере в период половодья	28
Катаев С.Г., Катаева С.С., Иванова Э.В. Описание структуры метеорологического поля на основе совместного применения процедур классификации и интерполяции	30
Киселев М.В., Дюкарев Е.А., Воропай Н.Н. Динамика формирования и разрушения сезонно-мерзлого слоя в болотных экосистемах различного типа	32
Козлов В.И., Муллаяров В.А., Нагорский П.М., Пустовалов К.Н., Торопов А.А. Вариации электростатического поля во время зимних туманов	35
Комаров В.С., Ломакина Н.Я, Ильин С.Н., Лавриненко А.В. Современные тенденции климатического изменения нижней слоистообразной облачности над Сибирским регионом	37
Комаров В.С., Ломакина Н.Я, Ильин С.Н., Лавриненко А.В. Климатический режим нижней слоистообразной облачности над Сибирским регионом	39
Кононова Н.К. Колебания циркуляции атмосферы в Западной Сибири и наводнение на Алтае в 2014 году	41
Коронатова Н.Г., Степанова В.А., Косых Н.П. Температурный режим верхнего слоя мёрзлых болот Западной Сибири	43
Логинов С.В., Ипполитов И.И., Харюткина Е.В. Изменчивость климата азиатской территории России в конце XX и начале XXI столетий	45

Логинов С.В., Харюткина Е.В. Роль адвективных потоков тепла в изменении температуры Западной Сибири.....	47
Макеев А.П., Харюткина Е.В. Оценка изменчивости общего содержания озона и стратосферного аэрозоля в зависимости от циркуляционно-синоптических процессов над Томском	48
Малахова В.В. Моделирование состояния подводной мерзлоты на шельфе Восточной Сибири: влияние процессов солепереноса.....	50
Маркелова А.Н., Тартаковский В.А., Николаева С.А. Разнонаправленное влияние солнечной активности на радиальный прирост деревьев	52
Морару Е.И., Логинов С.В., Ипполитов И.И. Анализ связи между тепловыми потоками в субполярном круговороте Северной части Тихого океана и температурным режимом в Северной Евразии за период 1975 – 2013	54
Нагорский П.М., Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Пустовалов К.Н., Смирнов С.В., Яковлева В.С. Мощные лесные пожары как фактор перестройки атмосферных процессов	56
Немировская Л.Г. Тенденции изменчивости определённых характеристик увлажнения как индикатора изменений регионального климата (для юго-востока Западной Сибири).....	57
Обязов В.А. Межгодовые изменения атмосферных осадков в Забайкалье	59
Осипова О.П. Влияние макроциркуляционных процессов на перенос морского аэрозоля во внутренние районы Восточной Антарктиды	61
Поднебесных Н.В., Ипполитов И.И. Связь характеристик циклонов и антициклонов с изменениями температуры в зимний период над Сибирью.....	63
Полькин В.В., Сакерин С.М., Поддубный В.А., Маркелов Ю.И., Лужецкая А.П., Дубинкина Е.С. Суточный ход микрофизических характеристик приземного аэрозоля в двухточечном эксперименте на среднем Урале в 2014 году.....	65
Селегей Т.С., Филоненко Н.Н., Ленковская Т.Н. Температура воздуха как фактор загрязнения атмосферы территории Западной Сибири	68
Северюгина М.В., Воропай Н.Н. Многолетние изменения температуры почвы на метеостанции Тунка	71
Скачков Ю.Б. Современное потепление климата и отопительный сезон в Якутии	72
Тартаковский В.А. Синхронность как сущностное свойство солнечно-земных связей.....	74
Фузелла Т.Ш. Трансформация урожайности посевов Томской области при изменении климата	76
Чемекова Е.Т., Болтовская М.А., Логинов С.В., Пахместерова М.В., Терскова Н.С, Харюткина Е.В. Характеристики вихревой активности на Азиатской территории России в конце XX и начале XXI веков	78
Чупина О.С., Воропай Н.Н. Связь микроклиматической изменчивости температуры воздуха и ландшафтных характеристик	79
Шарапова А.А., Кужевская И.В., Соколов К.И. Оценка экстремальности погодных условий Алтайского региона.....	81

Шитов А.В., Кудрявцев Н.Г., Кудин Д.В., Учайкин Е.О. О влиянии сейсмических событий на метеорологические характеристики и объемную активность радона (на примере Горного Алтая)	83
---	----

Секция 2. МОНИТОРИНГ ЭКОСИСТЕМНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Акулов П.А., Ветрова О.В., Маркелова А.Н., Симонова Г.В. Вариации изотопных соотношений $d^{13}C/ d^{12}C$ и $d^{18}O/ d^{16}O$ в древесине сосны обыкновенной за период 1992-2010 гг., произрастающей в деревне Георгиевка Томской области	87
Алексеева М.Н., Дюкарев Е.А., Головацкая Е.А. Исследование динамики продуктивности болотных экосистем по дистанционным и наземным данным	89
Бендер О.Г. Морфологические особенности однолетних сеянцев кедра сибирского северных и южных популяций, выращенных при различной длине дня	91
Бочаров А.Ю., Савчук Д.А. Мониторинг лиственничных древостоев в долине р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай).....	93
Бляхарчук Т.А., Симонова Г.В., Ветрова О.В. Вариабельность отношения стабильных изотопов углерода d^{13} в пыльце лиственных пород древесных видов в зависимости от погодных условий	95
Велисевич С.Н. Болотные формы кедра сибирского.....	98
Ветрова О.В., Калашникова Д.А., Мелков В.Н., Симонова Г.В. Измерение изотопного состава образцов меда для Российского рынка.....	101
Гашкова Л.П. Структура распределения тяжелых металлов в жизненных формах растений Бакчарского болота.....	103
Головацкая Е.А. Интенсивность продуцирования углекислого газа торфами олиготрофного болота.....	105
Головацкая Е.А., Веретенникова Е.Э., Ветрова О.В., Симонова Г.В. Изменчивость изотопов биогенных элементов органического вещества торфа в торфяной залежи грядово-мочажинного комплекса.....	107
Голубятников Л.Л. Эмиссия метана из болот тундровой зоны Западной Сибири	109
Диркс М.Н. Исследование структуры ценопопуляций можжевельника сибирского в лесных сообществах Южно-Чуйского хребта (Горный Алтай).....	111
Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н., Климова Н.В. Цикличность почвообразования в аккумулятивных ландшафтах Обь-Томского междуречья	113
Елисеев А.В., Мохов И.И., Чернокульский А.В. Моделирование природных пожаров при климатических изменениях.....	115
Ефремова Т.Т., Аврова А. Ф., Ефремов С. П., Мелентьева Н. В. Типы моховых подстилок болотных ельников	116
Завалишин Н.Н. Динамические модели реакции биотического круговорота в болотных экосистемах Западной Сибири на изменения климата.....	118
Карпенко Л.В. Погребенные торфяники Восточного Таймыра	120
Климова Н.В., Пологова Н.Н., Чернова Н.А. Фитоценотические особенности кедровых лесов на суглинистых и супесчаных поверхностных отложениях	122

Копысов С.Г., Новиков Д.В. Использование модельных водосборов для организации мониторинга экосистемных изменений	124
Кривец С.А. Принципы организации мониторинга пихтовых лесов Сибири, поврежденных дальневосточным инвайдером – уссурийским полиграфом	126
Курьина И.В., Бляхарчук Т.А., Панченко Е.М. Использование степени гумификации торфа для выделения климатических вариаций в голоцене	128
Курганович К.А., Макаров В.П., Соснина М.А. Оценка влияния лесных пожаров на изменение растительного покрова Цасучейского бора с использованием вегетационных индексов NDVI	130
Мельник М.А., Поздняков А.В. Энергетический подход к анализу механизмов адаптации агроэкосистемы в изменяющихся условиях среды	132
Московченко Д.В., Селиванова Д.А. Особенности водной миграции веществ в ландшафтах приполярного и Северного Урала	134
Ноговицын В.Н., Коновалова Т.И. Проблемы оценки антропогенной трансформации геосистем	136
Николаева С.А., Рудский В. Г. Мониторинг продолжительности вегетации у древесных видов в г. Томске	137
Панченко Е.М. Оценка эколого-хозяйственного баланса Обь-Томского междуречья с учетом антропогенной нагрузки.....	140
Пац Е.Н. Оценка возобновления после апробации временных правил рубок промежуточного пользования в кедровых лесах	142
Пологова Н.Н., Дюкарев А.Г. Температурный режим почв на юге таёжной зоны Западной Сибири	144
Савичев О.Г. Гидроэкологические условия в нижнем течении реки Томь: современное состояние и проблемы использования.....	146
Савчук Д.А., Николаева С.А. Мониторинг пожаров в горно-ледниковом бассейне Актру (Горный Алтай)	148
Сахневич М.Б. Возобновление древесных пород на верхнем пределе распространения в Алтайском заповеднике	150
Седельникова Т.С., Муратова Е.Н., Пименов А.В. Дифференциация кариотипов популяций видов <i>Pinus</i> в болотных и суходольных экосистемах Западной Сибири	152
Синюткина А.А., Бурнашова Е.Н., Беленко А.А., Гашкова Л.П. Оценка потенциальной пожароопасности осушенных болот Томской области	154
Соснина М.А., Курганович К.А. Связь вегетационных индексов NDVI радиометра AVHRR с метеорологическими характеристиками подстилающей поверхности на территории Забайкалья.....	156
Спицына Т.П., Куприянова Т.М., Тасейко О.В. Пространственно-временная динамика содержания фтора в твердых осадках г. Красноярск	158
Спицына Т.П., Тасейко О.В. Трансформация алюминия, марганца и железа в природных средах Восточной Сибири.....	160

Степанова В.А., Косых Н.П., Коронатова Н.Г. Структура запасов химических элементов в экосистемах болотного комплекса «Мухрино» (нижнее Прииртышье Западной Сибири).....	162
Суторихин И.А., Букатый В.И., Акулова О.Б. Пространственное распределение показателя ослабления света в поверхностном слое воды разнотипных озёр Алтайского края	164
Суторихин И.А., Букатый В.И., Фроленков О.М. Фроленков И.М. Сезонные изменения концентрации хлорофилла “а” в разнотипных озерах Алтайского края	166
Тимошок Е.Н., Тимошок Е.Е. Современное состояние мониторинга экосистемных изменений в условиях гор	168
Филимонова Е.О. Мониторинг заселения подроста в экотоне лес-тундра Северо-Чуйского и Южно-Чуйского хребтов (Горный Алтай)	170
Чернова Н.А. Гидроморфная трансформация растительного покрова колков Обь-Томского междуречья	172
Чернова Н.А., Пологова Н.Н. Почвенно-ботанические катены колков Обь-Томского междуречья	174
Шевчук К.Р., Харанжевская Ю.А. Расчет испарения с верховых болот в междуречье рек Бакчар и Икса методом турбулентной диффузии	176

Секция 3. ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ, ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА

Батуева Е.В., Кирбижекова И.И. Оценка растительных ресурсов Байкальского региона по поляриметрическим радарным данным.....	179
Богушевич А.Я. Новое дополнение к информационно-программному обеспечению ультразвуковых метеостанций АМК-03 для их эксплуатации на космодроме Восточный	180
Бородина И.А., Рудиков Д.С., Кижнер Л.И., Богословский Н.Н., Ерин С.И. Сравнение данных по влажности почвы, полученных разными методами	182
Ботыгин И.А., Тартаковский В.А. Программный комплекс для организации и выполнения приложений в распределенной вычислительной среде.....	184
Ветрова О.В., Мелков В.Н., Симонова Г.В., Перспективы использования изотопного масс-спектрометрического комплекса (ТомЦКП СО РАН) при исследовании объектов окружающей среды	186
Волкова Е.С. Алгоритм энергетической оценки возобновляемых природных ресурсов региона в среде ГИС-технологий	188
Зуев С.В., Красненко Н.П., Карташова Е.С. Использование актинометрической информации для параметризации видов облачности.....	190
Игнатов А.В., Чекмарёв А.А., Петкун О.Э. Алгоритм повышения устойчивости выбора оптимального списка предикторов в задаче построения прогностической модели	192
Кальчихин В.В., Кобзев А.А., Корольков В.А., Тихомиров А.А. Оптический датчик атмосферных осадков	194

Карташова Е.С., Красненко Н.П., Зуев С.В. Определение параметров солнечного излучения по данным прямых измерений суммарной радиации при кучевой облачности	196
Клоков А.В., Мироньчев А.С., Дюкарев Е.А., Смирнов С.В. Исследование пространственной вариабельности высоты снежного покрова и толщины торфяной залежи олиготрофного болота с помощью георадара «ОКО-2»	198
Кобранова А.А., Морозов В.Н., Нагорский П.М., Пустовалов К.Н. Моделирование процессов в электродном слое при прохождении конвективной облачности зимой	200
Корольков В.А., Тихомиров А.А., Тельминов А.Е. Измерительно-вычислительная система для мезомасштабного мониторинга атмосферного пограничного слоя	202
Красненко Н.П., Бугаева Д.А., Клименко А.Н., Попова К.Ю., Раков А.С., Раков Д.С. Информационно-измерительная система акустического мониторинга атмосферы на ограниченной территории	205
Кураков С.А. Новые датчики и технические решения в атмосферно-почвенном измерительном комплексе (АПИК)	207
Леженин А.А., Рапута В.Ф., Ярославцева Т.В. Исследование процессов распространения пыли в окрестностях Искитимского цементного завода по данным наземных и спутниковых наблюдений	209
Петров Д.В., Матросов И.И., Тихомиров А.А. Лабораторный СКР-газоанализатор с повышенной чувствительностью «СКР-03»	211
Петухова К.К., Рапута В.Ф. Реконструкция поля аэрозольных выпадений примеси от линейного источника в приземном слое атмосферы	213
Пустовалов К.Н., Кобзев А.А., Нагорский П.М., Яковлева В.С. Электрические процессы в приземном слое атмосферы во время выпадения осадков различной интенсивности	215
Рапута В.Ф., Ярославцева Т.В. Сопряжённые исследования аэрозольного загрязнения атмосферы и снежного покрова в городах юга Западной Сибири	217
Смирнов С.С., Гейко П.П. Многокомпонентный газоанализ атмосферы в УФ области спектра	219
Шаманаева Л.Г., Красненко Н.П. Содарные измерения ветровых и турбулентных характеристик атмосферы	221
Щукова К.Б., Токарева О.С., Мирошниченко Е.А. Информационная система для ведения базы данных геоботанических описаний при изучении ландшафта	223
Яковлева В.С., Макаров Е.О., Нагорский П.М., Фирстов П.П., Черепнев М.С. Радиационный γ/β – трассер опасных явлений	225
Ярославцева Т.В., Рапута В.Ф. Численный анализ полей загрязнения снежного покрова в окрестностях промышленных предприятий по спутниковым снимкам	227

Секция 1.
МОНИТОРИНГ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ
ИЗМЕНЕНИЙ

СИНОПТИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА КОНЦА ИЮЛЯ 2014 ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

Ананова Л.Г.

Западно-Сибирский филиал ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета»
e-mail: larisa_ananova@mail.ru

С 18 по 27 июля 2014 г. в Курае проходил Открытый Чемпионат России 2014 FAI-2 по парапланеризму. Горная изолированность Курайской котловины, близость жаркой Чуйской степи и Монголии создают особо благоприятные погодные условия для полётов на парапланах и дельтапланах. Уникальность района позволяет пилотам достигать в восходящих потоках высот свыше 5000 м над уровнем моря (до 3500 м над долиной) и летать протяжённые дистанции до 100 км, перелетая из Курайской долины в Чуйскую степь [3]. Курайская степь располагается на юго-востоке Республики Алтай, в среднем течении реки Чуи, она представляет собой дно достаточно глубокой межгорной котловины, находящейся на высоте 1500—1600 м над уровнем моря, имеющей до 20 км в поперечнике. Степь окружена с юга Северо-Чуйским хребтом, а с севера — Курайским, высота гор достигает 3400 – 4000 м [2].

26 июля при проведении полётов парапланов в районе населённого пункта Курай Кош-Агачского района Республики Алтай, 4 парапланериста сильным порывом ветра были унесены в район Курайского хребта. К большому сожалению, двое из них погибли [1].

Активная циклоническая деятельность, прохождение контрастных атмосферных фронтов (преимущественно холодных), обусловили неустойчивую погоду с частыми осадками на юго-востоке Западной Сибири в последней декаде июля 2014 г.

Жаркая погода в Республике Алтай наблюдалась в начале третьей декады в теплом секторе циклона, который образовался в Западном Казахстане и постепенно переместился на север Томской области. Ближе всего к месту проведения Чемпионата России по парапланеризму находятся три горные гидрометеостанции (ГМС): Кош-Агач, Ак-Кем и Кара-Тюрек, и две равнинные метеостанции – Катанда и Онгудай. Архив фактической погоды за период с 21 по 27 июля 2014 г. на этих метеостанциях получен с сайта <http://www.pogodaiklimat.ru/> [4]. 21-22 июля температурный максимум на метеорологических станциях Онгудай, Катанда и Кош-Агач достигал 28-33 °С тепла. Горные метеостанции Ак-Кем и Кара-Тюрек отмечали максимум температуры 16-21 °С. В середине декады на юго-востоке Западной Сибири прошел холодный фронт, а в дальнейшем (27-29 июля) – серия волновых циклонов, образовавшихся на волне холодного фронта [5].

Образование и усиление местных циклонов под воздействием температурных условий подстилающей поверхности, как у поверхности земли, так и в тропосфере (приземный и высотный циклогенез) вызвало частые, практически ежедневные грозовые ливни различной интенсивности в течение декады в Алтайском крае и Республике Алтай, кое-где с градом и шквалистым ветром силой до 17 - 24 м/с. В Чемале (Республика Алтай) диаметр выпавшего града достигал 20 мм.

Наиболее интенсивные осадки прошли 23-24 июля в зоне фронтов окклюзии в передней части «казахстанского» циклона, когда за полусутки выпадало от 8-22 до 42-48 мм осадков. 23 июля на метеостанции Тальменка (Алтайский край) зафиксирован новый рекорд суточных осадков данного дня – 42,0 мм, существенно превышающий предыдущий рекорд (16,1 мм), установленный в 1995 году [5].

В районе проведения Чемпионата в период с 22 по 25 июля активно развивались конвективные явления. Равнинные метеостанции Катанда и Онгудай 22 июля отмечали грозы, 23 июля – ливневые осадки, 24 июля – грозы со шквалистыми усилениями ветра до 15 – 17 м/с. На горных метеостанциях Ак-Кем и Кара-Тюрек 23-25 июля отмечалась

конвективная облачность 8-10 баллов Сб сар (кучево-дождевые грозовые), ливневые осадки и сильный ветер со средней скоростью 7 – 12 м/с и порывами до 25 – 27 м/с. Сильный ветер наблюдался на этих метеостанциях в течение двух суток, сохранялся, в том числе, и в ночные часы. 24 – 25 июля температура воздуха на этих метеостанциях понизилась: максимальная температура составила 8 – 12 °С, минимальная 2 – 4 °С [4].

Сильные ливни прошли также 28-29 июля на Алтае в зоне довольно глубокого (давление в центре 988-990 гПа) и подвижного циклона, переместившегося в направлении от Семипалатинска на Красноярск. Интенсивность осадков достигала 30-37 мм за 12 ч., видимость в очагах ливня падала до 1000 м, а сила ветра в Горном Алтае достигала 22-29 м/с. В конце дня 28 июля в Горно-Алтайске и пригородах столицы РА выпал очень сильный град диаметром до 45 мм, который причинил серьезный ущерб городу [5].

Все это свидетельствует о том, что в конце июля 2014 г. погоду в Республике Алтай и Курайской степи обуславливала крайне неустойчивая воздушная масса с ярко выраженным развитием конвективных процессов, которые сопровождались опасными явлениями погоды.

1. Курай, финальный день Чемпионата России-2014 [Электронный ресурс] – URL: <http://paraplan.ru/forum/topic/128596>, свободный.
2. Модина Т.Д. Климаты Республики Алтай. /Т.Д. Модина – Новосибирск. Издательство НПУ. 1997. – 177 с.
3. Парапланеризм – учимся летать! [Электронный ресурс] – URL: <http://www.paraplanerism.ru/>, свободный.
4. Погода и климат [Электронный ресурс] – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/>, свободный (дата обращения: 15.10.2014).
5. Ягудин Р.А. Холодная концовка июля [Электронный ресурс] – URL: <http://www.meteo-nsu.ru/>, свободный.

ФАЗОВАЯ ГРУППИРОВКА КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Волков Ю.В., Тартаковский В.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический 10/3

Основным источником энергии, обуславливающим природно-климатические процессы на Земле, является Солнце. Энергия поступает в виде солнечной радиации несущей свет и тепло, в разных диапазонах длин волн. Земная радиация определяет температурный режим и соответствующие ему циркуляции в атмосфере. Температура является первичным фактором формирования погоды и климата.

В данной работе проведено исследование среднемесячных температур, полученных за 55 лет на 819 метеостанциях. Цель исследования состоит в определении региональных особенностей изменений температуры.

Среднемесячные изменения температуры за исследуемый период, формируют колебательный процесс с квазипериодом в один год.

Частотный спектр температурного колебательного процесса является узкополосным и для большинства метеостанций имеет одну моду, что позволяет использовать условия причинности и ввести фазу колебания, применяя теорию аналитического сигнала [1-3]. Годовая составляющая фазы представляет собой линейную функцию, она удалялась из фазы методом наименьших квадратов на интервале 55 лет. Оставшиеся флуктуации фазы позволяют непротиворечиво исследовать их согласованное поведение или синхронность, применяя в виде меры этой характеристики коэффициент корреляции по Пирсону.

При анализе среднемесячных температур сложность точного вычисления фазы возникает для станций, расположенных вблизи экватора, так как мода в спектре таких сигналов от этих станций имеет низкое значение, что связано с малыми значениями вариации средних температур за год. Для решения данной задачи была проведена спектральная классификация температурных сигналов с разделением на три группы. Для каждой отдельной группы применена процедура фильтрации со специально подобранным спектральным окном. В результате получен массив фазовых функций.

Группировка станций проводилась с использованием алгоритма фазовой группировки, по которому вначале вычислялся попарный коэффициент корреляции для всех сочетаний температурных рядов. Для каждого ряда формировалась группа из тех температурных рядов, которые имели с формирующей группой рядов коэффициенты корреляции выше заданного уровня. Затем для каждой группы рядов вычислялась среднеарифметическая оценка типовой фазы первого уровня. Эти процедуры включались в итерационный процесс, в котором входными данными были типовые фазы предыдущего уровня, а выходными – типовые фазы следующего уровня для каждого температурного ряда и, соответственно, для каждой метеостанции.

Обнаружено, что обозначенный итерационный процесс был сходящимся для используемых температурных рядов. В результате сформировались несколько групп станций, и для каждой группы была вычислена типовая фаза – модель фазовых флуктуаций для данной группы. При этом ряды в каждой группе имели высокую корреляцию с типовой фазой своей группы и небольшую с типовыми фазами других групп.

Выделенные группы расположились достаточно компактно по территории, что можно объяснить наличием определенных климатических зон. Характерно, что погодные изменения в среднемесячном варианте синхронны внутри этих зон.

1. Вакман Д.Е., Вайнштейн Л.А. Амплитуда, фазы частота - основные понятия теории колебаний // Успехи физических наук. 1977. 123. Вып.4. С.657.

2. Vakman D. On the analytic signal, the Teager-Kaiser energy algorithm, and other methods for defining amplitude and frequency // IEEE Trans. Signal processing. 1996. 44. № 4. P.791.

3. Cohen L. Loughlin P. Vakman D. On an ambiguity in the definition of the amplitude and phase of a signal // Signal Processing. 1999. 79. P.301.

ДИНАМИКА ИНДЕКСОВ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ КЛИМАТА В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Волкова М.А.¹, Чередыко Н.Н.², Огурцов Л.А.²

¹Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36,
mvolk@mail.tsu.ru

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
atnik3@rambler.ru

В задаче мониторинга различных экосистем, построения схем адаптации социальных и хозяйственных систем в период изменения климата оценки рисков погодных экстремумов более информативны, чем полученные по средним значениям климатических характеристик, поскольку последние нуждаются в дополнительной интерпретации (учет периода осреднения, оценка дисперсий и т.п.). Значительный рост экстремальных характеристик климата, хотя и связанных с малыми вероятностями, но обладающих большей изменчивостью, даже на фоне малого роста средних величин может усугублять соответствующие риски. Пространственная и временная изменчивость формирования экстремальных явлений погоды крайне высока, поэтому важен анализ экстремальных характеристик в региональных масштабах. В данной работе приводятся результаты анализа согласованности в динамике индексов экстремальности климата на территории Западной Сибири. В данной работе рассматривались индексы экстремальности климата, рекомендованные к анализу объединённой рабочей группой ВМО по обнаружению изменения климата – STARDEX Diagnostic Extremes Indices. В целях обеспечения разумных размеров выборки акцент делается на умеренных экстремальных явлениях, т.е. 90 и 10 перцентили. Также, проведен расчет индексов, сформулированных с учетом климатических особенностей территории: средняя максимальная температура воздуха в случаях, составляющих 10 % самых теплых дней всего года $T_{\max}^{10}$; средняя минимальная температура воздуха в случаях, составляющих 10 % самых холодных дней всего года $T_{\min}^{10}$; число дней с осадками более 15 мм (что примерно соответствует числу сильных дождей) Q^{15} ; число дней с осадками более 5 мм при отрицательной среднесуточной температуре (т.е. число достаточно сильных снегопадов) Q^5 .

Проведена оценка изменения рассчитанных показателей от периода 1951-1980 гг. к 1981-2010 гг. В целом, за последние 30 лет произошло повышение индексов, характеризующих температурные экстремумы, что соответствует зафиксированному в этот период потеплению климата. Отметим, что на части территории исследования изменения незначимы.

В вопросе с изменениями в режиме атмосферных осадков все гораздо сложнее и, часто неочевидно, тогда как в случае с температурным режимом, например, потепление климата напрямую предполагает сдвиг распределения приземной температуры в область более высоких значений. Отчасти по этой причине современными глобальными климатическими моделями пространственно-временные структурные изменения в поле осадков воспроизводятся с большими приближениями. В распределении индексов осадков от одного периода к другому выявлены разнонаправленные тенденции в разных частях территории исследования. Уменьшение индексов осадков характерно для района Обской губы. Юго-запад и юго-восток территории характеризуются ростом индексов экстремальности осадков. В восточной и южной частях региона разные индексы показали разные знаки изменений.

Оценка согласованности в изменениях различных характеристик климата позволяет выявлять ведущие факторы в их изменчивости. То есть, при условии высокой согласованности в динамике рассмотренных показателей по территории можно утверждать, что эти изменения представляют собой отклик на процессы глобальных

масштабов. Для выявления степени согласованности изменения индексов по территории, для каждого критерия был применен компонентный анализ, задача которого состоит в преобразовании исходных характеристик в главные компоненты с дисперсией, равной дисперсии исходного ряда. Компонентный анализ индексов экстремальности температурного режима показал высокую степень согласованности в их динамике на разных станциях и высокую степень связности типового поля с исходными рядами индексов для каждой станции. Первая компонента описывает до 90% изменчивости разных показателей, что отражает преобладающее влияние глобальных климатообразующих факторов на температурный режим региона. Для критериев экстремальности режима осадков исследуемой территории выявлена высокая неоднородность в их изменчивости. Что закономерно можно связать со значительной определяющей ролью местных условий станции на режим осадков, большой протяженностью территории с севера на юг и преобладанием различных форм атмосферной циркуляции над разными ее частями, прежде всего особенностями циклонической активности. Доля объясненной двумя первыми компонентами изменчивости осадков составляет всего 28-35 %.

Полученные результаты позволяют заключить, что изменения в режиме экстремальности температурного режима Западной Сибири большей частью определяются глобальными тенденциями, а изменения в режиме осадков территории исследования лишь на треть определяются глобальными событиями в климате. Для построения моделей поля атмосферных осадков данной территории необходимо усиливать вычислительные технологии, учитывающие местные условия. Районы с синхронным изменением временных рядов экстремальных осадков позволила выявить проведенная классификация, при учете результатов которой доля объясненной дисперсии возросла, но лишь до 40-60 %.

ПОВТОРЯЕМОСТЬ ЗАСУХ И ПЕРИОДОВ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ В ПРЕДБАЙКАЛЬЕ

Воропай Н.Н.^{1,2}, Максютова Е.В.¹

¹ Институт географии им.В.Б.Сочавы СО РАН,
664033, г.Иркутск, ул.Улан-Баторская, 1

² Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г.Томск, Академический пр.,10/3
e-mail: voropay_nn@mail.ru, emaksyutova@irigs.irk.ru

В результате многолетней изменчивости ряда факторов окружающей среды, как природных, так и антропогенных, структурные и функциональные характеристики ландшафтов претерпевают значительные изменения, а при экстремальных ситуациях могут полностью трансформироваться. К экстремальным природным явлениям относятся засухи и периоды переувлажнения территории. Для оценки многолетних изменений гидротермических условий на территории Юга Восточной Сибири рассчитан индекс Д.А.Педя (S_i), представляющий собой соотношение аномалий температуры и осадков по сравнению с климатической нормой. Использованы ряды многолетних наблюдений за май-сентябрь 1961-2010 гг. Метеорологические станции расположены в различных физико-географических условиях: ландшафты равнин и плато (среднетаежные, южнотаежные, островные степи и лесостепи) и ландшафты гор (таежные, тундровые, гольцовые и нивальные). Условия атмосферной засухи или избыточного увлажнения могут наблюдаться в любом месяце вегетационного периода. Наиболее засушливыми для всех ландшафтов являются первые месяцы вегетационного периода, наиболее увлажненными - последние.

Средние значения коэффициентов Педя (S_i) для всех станций в пределах вегетационного периода колеблются около нуля, при среднем квадратическом отклонении 0,95-1,70. Максимальные значения на лесостепных станциях наблюдаются в мае-июне (3,4-4,2), на южнотаежных – в мае, июле, августе (3,9-4,7), на среднетаежных – в июне (4,0) и в августе (4,2-4,8), на станциях, расположенных в таежных, тундровых, гольцовых, нивальных ландшафтах – в мае-августе (3,6-5,6). Амплитуды колебаний составляют 5,5-9,8.

В среднем для территории слабые засухи наблюдаются в 16-17 %, средние – в 6-7 %, сильные – в 2 % случаев; избыточное увлажнение территории слабой интенсивности в 14-16 %, средней – в 5-7 %, сильной – в 2-4 % случаев. При этом повторяемость явлений различной интенсивности равномерно распределяется во всех ландшафтах Предбайкалья, то есть изменение гидротермических условий на территории носит региональный характер.

На территории Предбайкалья средние и сильные засухи одновременно наблюдались в мае в 1990, 1992, 1999 гг., в июне – в 1979, 2000 гг., в июле – в 1993 г., в августе – в 1954, 1998 гг., в сентябре – в 1986 г. Кроме того, в степной и лесостепной зоне сильные и средние засухи фиксировались в мае в 1997, 2000 гг., в июле в 1950, 1956 гг., в августе в 1955, 1974, 2007 гг., в таежной зоне – в мае в 1945, 1947, 1975, 1981 гг., в июне в 1970, 1975, 1984, 1985 гг., в июле в 1962, 1963, 1994 гг., в августе в 1950, 2007 гг., в сентябре 2007 г.

В большинстве случаев непрерывные засушливые периоды имеют продолжительность 2-3 месяца, характеризующиеся различной степенью засухи. На некоторых станциях в отдельные годы отмечаются 2 месяца подряд со средней или сильной засухой. Особого внимания заслуживает 1986 г., когда засуха отмечалась с июля по сентябрь на всех станциях. В мае-июне 2000 г. в степных и лесостепных районах наблюдалась средняя засуха, в то время как на таежных станциях аналогичная ситуация выявлялась только в июне, а в мае условия увлажнения были удовлетворительные. В 2007

году очень засушливой была вторая половина вегетационного периода, когда средние и сильные засухи охватывали в основном август-сентябрь на большей части территории.

На территории Предбайкалья избыточное увлажнение выявляется во все месяцы вегетационного периода. Длительность непрерывного избыточного увлажнения различной интенсивности, в большинстве случаев, 2-3 месяца. Можно выделить 1988 год, когда на половине рассматриваемых станций одновременно отмечалось избыточное увлажнение различной интенсивности.

В отдельные годы могут отмечаться 2 месяца подряд средние и сильные увлажнения лишь на некоторых станциях и не охватывать большую часть территории. В то же время можно выделить годы, когда только в отдельные месяцы во всех ландшафтных зонах на большинстве станций отмечались средние и сильные условия избыточного увлажнения: в июне 1987, августе 1967, сентябре 1946 и 1968 гг.

Избыточное увлажнение средней и сильной интенсивности отмечалось для степной и лесостепной зоны – в мае 1957, июле 1944, 1966 и 1988, сентябре 1968 гг.; для равнинной среднетаежной зоны – в июне 1988, июле 1951, августе 1956, сентябре 1957, 1969 гг., для равнинной южнотаежной зоны – в июне 1961, июле 1944, 1957, 1981, 1988, сентябре 1996 гг., для горной таежной зоны – в мае 1957, июле 1944, 1966, 1988, в сентябре 1992 г.

Положительный тренд S_i указывает на увеличение количества засух, отрицательный – на их уменьшение. Рассматривая тенденции изменения коэффициентов на территории Предбайкалья можно отметить, что вегетационный период становится более засушливым. Наибольшие тренды наблюдаются в мае. При этом в остальные месяцы отмечаются как положительные, так и отрицательные тренды. Максимальными по модулю являются положительные тренды (до 0,4/10 лет).

Анализируя зависимость засушливости от происходящих в настоящее время климатических изменений, в частности глобального и регионального потепления, необходимо учитывать, что основной вклад в повышение средних годовых температур воздуха вносят изменения температур в зимние месяцы. Как показало исследование, тренды температуры и осадков в летние месяцы не оказали существенного влияния на ход коэффициентов засушливости, в течение периода наблюдений фиксировались лишь периодические колебания при отсутствии значимых трендов.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ БИОТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА БИОЦЕНОЗЫ СИБИРИ

Высоцкая Г.С.

Институт вычислительного моделирования СО РАН, 660041, г. Красноярск, Академгородок; Институт биофизики СО РАН, 660041, г. Красноярск, Академгородок e-mail: g_vys@rambler.ru

Анализ изменений климата показывает, что в разных районах Евразии процессы протекают неравномерно. Тренды основных климатических параметров не совпадают для разных сезонов и временных интервалов. Особенности циркуляции атмосферы над ее континентальной частью таковы, что в зависимости от годового хода осадков ее можно разделить на три долготных сектора - западный, переходный и восточный (Алисов, 1956). Кроме того, если в зимний период среднемесячные температуры растут почти на всей территории Сибири, то в период вегетации такого повсеместного потепления нет. Тренды сумм осадков также разнонаправлены. Подобная ситуация осложняет исследования влияния изменений климата на биоценозы.

В соответствии со схемой Холдриджа (Holdridge, 1967) основными климатическими факторами, определяющими тип растительности, являются биотемпература и годовая сумма осадков.

$$t_{\text{био}} = \frac{\sum_{t_{\text{среднемесячная}} > 0} t_{\text{среднемесячная}}}{12}$$

Тренды биотемператур на территории Сибири в основном статистически достоверно положительны, тренды сумм осадков по большей части положительны. При этом открытым остается вопрос компенсирует ли увеличение годовой суммы осадков повышение температуры в конкретном районе, приведет ли понижение годовой суммы осадков при повышении температуры к изменению типа растительности. Например, с 1970 по 2011 гг. на метеостанции Ермаковское биотемпература возросла на 1.5°C, тем не менее даже без учета изменений суммы осадков такой рост не может привести к изменению типа растительности поскольку в 1970 году биотемпература на метеостанции Ермаковское (рис. 1) составляла около 6°C, что является нижней границей для класса "moist forest" по Холдриджу при верхней границе 12°C.



Рисунок. 1. Динамика биотемпературы на метеостанции Ермаковское

В данной работе использованы данные по среднемесячным температурам и осадкам с сайта meteo.ru за период с 1936 по 2012 гг и среднемесячные температуры Северного полушария по данным Climatic Research Unit с разрешением 0.5°×0.5° за период с 1936 по 2003 гг. Были вычислены средние значения биотемператур и сумм осадков за 12 лет в

скользящем режиме, поскольку кратковременные флуктуации явно не могут привести к смене типа биоценоза. Для исследования была выбрана область между 40° и 140° в.д. ограниченная с юга 50°с.ш. и для каждого долготного сегмента шириной 0.5° вычислена доля площади с климатическими условиями, соответствующими классам по схеме Холдриджа, с учетом различной площади элементов сетки на разных широтах. Основными типами биоценозов для данного региона являются различные типы тундр, влажный и мокрый лес, а также степь.

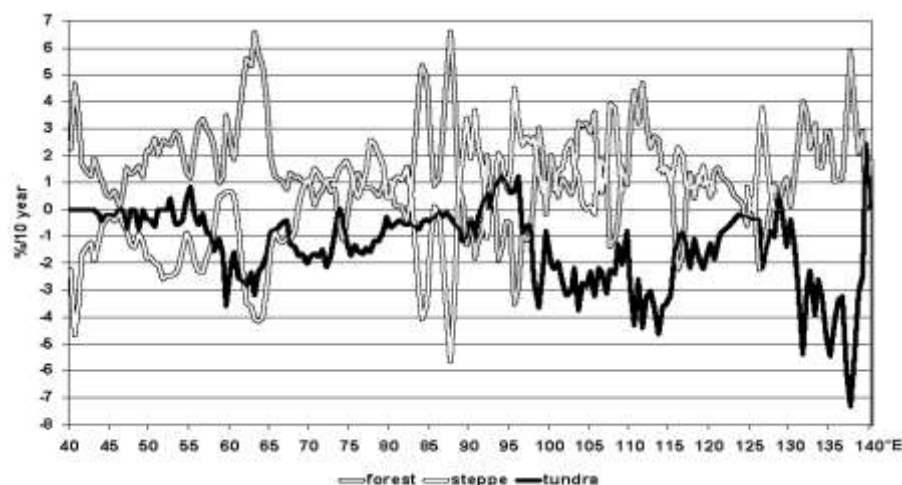


Рисунок 2. Тренды изменений соотношения площадей основных климатических классов по Холдриджу на долготных сегментах между 40° и 140° в.д. за период с 1970 по 2012 гг.

На приведенном выше рисунке 2 различные типы тундры и разновидности леса объединены в единые классы и за период с 1970 по 2012 гг. вычислены тренды, показывающие как менялось соотношение площадей климатических классов, соответствующих данным биоценозам, а также степи. На Европейской части России и на Урале в этот период происходили изменения климата способствующие сокращению площади степей и увеличению площади лесов при этом в Европейской части России сокращения площадей тундры не происходило, тогда как на Урале такое сокращение произошло. На территории Западной Сибири произошло увеличение площади степей и леса при уменьшении площади тундры, при этом в ее восточной части увеличилась доля площадей с климатическими условиями подходящими для произрастания леса и соответственно уменьшилась зона степей. В Восточной Сибири сокращалась доля площади с климатическими условиями соответствующим различным разновидностям тундры и возрастала доля площади, пригодной для существования леса и степей.

В результате можно сделать вывод, что наблюдаемые изменения климата не оказывают однозначно негативного или позитивного влияния на биоценозы.

1. Алисов Б.П. Климат СССР - М. - Высшая школа. – 1956. - С104.
2. Holdridge, L.R. (1947) Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 105, 367—368.

КОЛЕБАНИЯ ЛЕДНИКА РОДЗЕВИЧА (ГОРНЫЙ УЗЕЛ БЕЛУХИ)

Галахов В.П.^{1,3}, Мардасова Е.В.³, Шереметов Р.Т.², Самойлова С.Ю.¹

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН; г. Барнаул, ул. Молодежная, 1,
e-mail: galahov@iwer.ru.

²Институт экологии человека СО РАН, г. Кемерово, пр-т Ленинградский, 10

³Алтайский государственный университет, г. Барнаул, пр-т Ленина, 61

Ледник Родзевича залегает на северном склоне горного узла Белухи (Центральный Алтай) в бассейне реки Аккем. Его площадь в соответствии с «Каталогом ледников» (1978) составляет 10,4 км², длина – 7,8 км, высота фирновой границы – 3000 м. Площадь языка ледника равна 7,4 км², фирнового бассейна – 3 км².

Наиболее длиннорядной метеостанцией на территории Алтайского края является метеостанция Барнаул. В период с 1838 по август 1964 г. метеостанция находилась в черте г. Барнаула. С 1950 г. работает метеостанция Барнаул агро, которая расположена в Научном городке: 20 км 3-С-3 прежнего местоположения. Материалы по метеостанции Барнаул агро были приведены к метеостанции Барнаул (рис. 1, 2).

Используя материалы топогеодезических съемок ледника в 1960 и 1970 гг., расчеты составляющих ледового баланса ледника (Галахов, Мухаметов, 1999), материалы наблюдений по метеостанции Барнаул и материалы Ледниковой экспедиции 1933 г. (Труды ..., 1936) было рассчитано изменение средней толщины ледника Родзевича за период с 1838 по 2008 гг. (рис. 3).

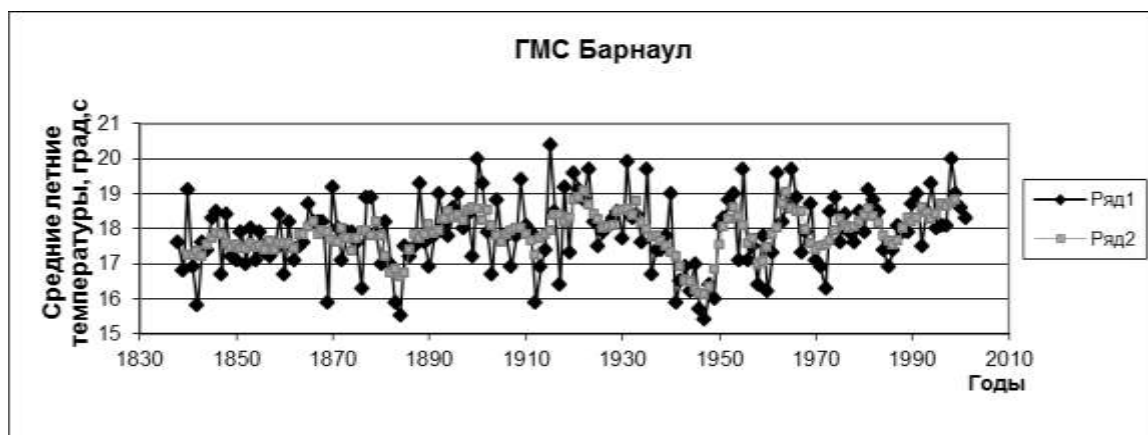


Рисунок 1. Изменение средней летней (июнь – август) температуры воздуха на юге Западной Сибири по метеостанции Барнаул с 1838 по 2001 гг.
(ряд 1 – ежегодные данные, ряд 2 – осредненные по пятилетиям)

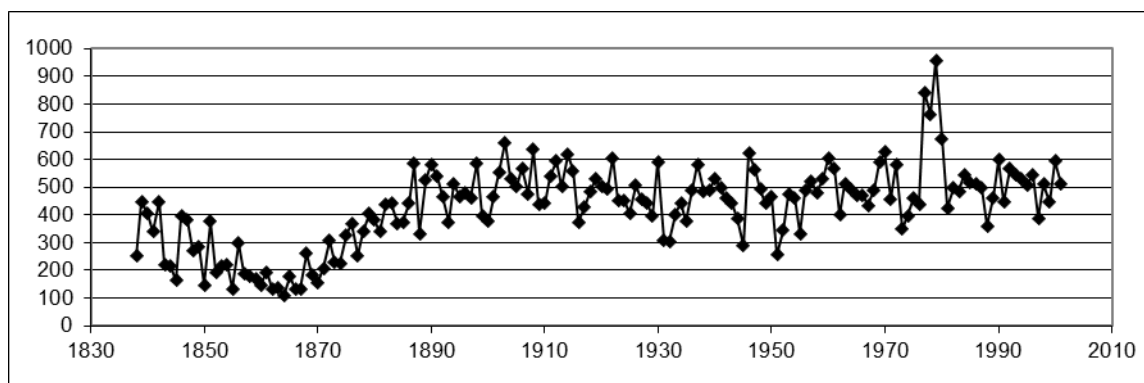


Рисунок 2. Колебание увлажнения (годовая сумма осадков) на юге Западной Сибири по метеостанции Барнаул с 1838 по 2001 гг.

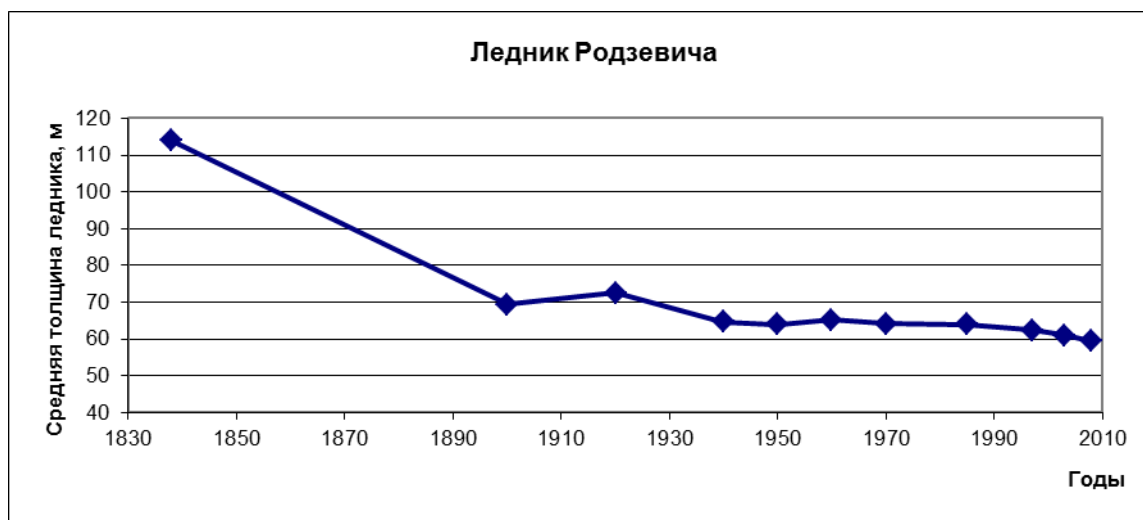


Рисунок 3. Изменение средней толщины ледника Родзевича за период с конца Малого ледникового периода по современное время

Полученные материалы по изменению средней толщины ледника Родзевича с окончания Малого ледникового периода по современное время и сравнение их с материалами по изменению объема ледника Фернагтфернер (Восточные Альпы) (Hagedorn, 2004) показало их полную синхронность.

При палеогляциологических реконструкциях специалисты в основном оперируют изменением летних температур. Как показывают расчеты по леднику Родзевича, осадки играют, по крайней мере, не меньшую роль, чем таяние.

1. Галахов В.П., Мухаметов Р.М. Ледники Алтая. Новосибирск: Наука, 1999, 136 с.
2. Труды ледниковых экспедиций. Вып. VI. Алтай, Хантенгри, Истоки Зеравшана. Редакционно- издательский отдел ЦУЕГМС. Ленинград-Москва, 1936, 192 с.
3. Hagedorn H. Eiszeit, Klimaänderung und Menschenheit. Akademia Aktuel. 02, Dezember 2004, S. 8-13.

ВЛИЯНИЕ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ НА ОЛЕДЕНЕНИЕ ЛЕДНИКА ТУЙЫКСУ

Ерисковская Л.А.

050010, Казахстан, Алматы, код 727, ТОО «Институт географии» ул. Кабанбай
батыра/Пушкина 67/99, ingeo@mail.kz

Горный климат влияет на изменение климата в целом на Земном шаре и может оказывать воздействие на экономику многих стран мира. В настоящее время внимание ученых все более и более сосредоточивается на высокогорных районах, так как горный климат влияет на изменение климата в целом на Земном шаре. Но еще больший научно-практический интерес проявляется к ледникам, так как ледники являются хранилищами запасов пресной воды. Для рассмотрения этого вопроса взят репрезентативный ледник Туйыксу (Туюксу).

Исследования ледника представляют большой интерес с точки зрения изучения глобального потепления климата. Бассейн ледника является наиболее доступным и хорошо изученным в Илейском (Заилийском) Алатау. С 1972 года на гляциологическом стационаре Института географии на высоте 3450м ведутся круглогодичные наблюдения. Данные по режиму ледника публикуются в бюллетенях Мировой службы мониторинга ледников (WGMS).

Особенно большой интерес представляют метеопроцессы при экстремальных значениях годового баланса массы ледников. **Положительный баланс** массы ледника Туйыксу за период 1972...2014 гг. был в 1981, 1993, 2003, 2004, 2009, 2010 гг. – это благоприятные для оледенения годы (бл/г), когда **снеговая линия** (граница питания) ледника была ниже средней многолетней, и на долю области питания приходилась большая часть площади ледника. Во все остальные годы указанного периода преобладал **отрицательный баланс**, особенно резко выраженный в 1978, 1991, 1997, 2008, 2012, 2014 гг. - неблагоприятные для оледенения годы (нбл/г) с максимально высоким положением границы питания ледника. В бл/г сумма атмосферных осадков и число суток с их выпадением за летний период больше, а средняя месячная температура воздуха, снеговая линия значительно ниже, чем в нбл/г (табл.1). За период с июня по август даже незначительные изменения температуры воздуха оказывают влияния на таяние ледника. Это сказывается на летнем балансе и в итоге на годовом [2].

Таблица 1. Метеорологические элементы за летний период на станции Туйыксу.

Неблагоприятные годы				Благоприятные годы			
Атмосферные осадки		Температура воздуха в °С	Снеговая линия в м	Атмосферные осадки		Температура воздуха в °С	Снеговая линия в м
Число суток	Сумма осадков в мм			Число суток	Сумма осадков в мм		
269	1932,6	5,6	3896	338	2940,1	4,6	3735

Большое влияние на все метеоэлементы оказывают синоптические процессы. При исследовании синоптических процессов использовался материал с сайта <http://www.atmospheric-circulation.ru>. На его основе определялось среднее число суток с выпадением атмосферных осадков за бл/г 1980/81, 1992/93, 2002/03, 2003/04, 2008/09, 2009/10 и за нбл/г 1977/78, 1990/91, 1996/97, 2007/08, 2011/2012 (табл.2). Для такого анализа использовалась типизация макроциркуляционных процессов, разработанная Б.Л.Дзердзеевским для Северного Полушария [1]. В отдельную группу им выделена меридиональная южная циркуляция (тип 13) – необычное состояние атмосферы с циклонической циркуляцией на полюсе, отсутствием блокирующих процессов на

полушарии и тремя-четырьмя одновременными выходами южных циклонов в разных секторах полушария. Именно с этой группой с начала 1980-х годов (максимум приходится на 1989 г.) и в настоящее время связано большинство метеорологических экстремумов [4]. Рост повторяемости южных циклонов, имеющих малые радиусы действия, большие скорости перемещения и резкие контрасты температур на фронтах вызвали увеличение амплитуды колебаний температуры воздуха в разных регионах, в частности, в горных районах в тёплое время года [3]. В конце 20-го века число суток с ЭЦМ (элементарные циркуляционные механизмы) *13л* на леднике стало уменьшаться, но влияние данного типа циркуляции еще велико, стали возрастать другие ЭЦМ, в основном *12* тип [2]. При *12* происходит три или четыре блокирующих процесса, три или четыре прорыва южных циклонов. Этот тип формируется при хорошо развитом арктическом антициклоне. Арктические вторжения происходят в тылу циклонических серий одновременно по нескольким направлениям. Это и обусловило деление типа на несколько ЭЦМ. При ЭЦМ *12бл* и *12вл* средиземноморские циклоны выходят на Казахстан. Рост суммарной продолжительности ЭЦМ *12*-го типа и чередование их с ЭЦМ *13*-го создали наилучшие условия для обострения атмосферных фронтов, резких контрастов температуры воздуха в горных районах [3]. Число суток с выпадением атмосферных осадков в бл/г преобладало при ЭЦМ *13л*, *12л*. Существенно добавляется 9 тип, который за последние годы возрастает (два или три блокирующих процесса, три прорыва южных циклонов) [2, 4]. В нбл/г число суток с выпадением осадков также преобладало при типе *13л*, 9, но значительно меньше, чем в бл/г (табл.2).

Таблица 2. Среднее число суток с выпадением атмосферных осадков за летний период на леднике Туйыксу при различных ЭЦМ.

ЭЦМ	нбл/г	бл/г	ЭЦМ	нбл/г	бл/г
2	6,2	1,8	8г	0,2	1,8
3	3,4	0,8	8гз	-	0,3
4	1,4	3,8	9	6,8	7,7
6	1,6	2,2	10	3,6	4,2
7л	2,6	0,2	11	0,4	0,2
8а	1,4	0,8	12а	2,0	5,3
8б	0,2	2,0	12л	0,4	6,7
8в	-	1,3	13л	15,4	17,2

Таким образом, за исследуемый период, главным фактором, влияющим на оледенение, остаётся изменение температуры воздуха и выпадение атмосферных осадков в летний период, на которые влияют синоптические процессы. Число суток с выпадением атмосферных осадков, как в нбл/г, так и в бл/г преобладало при ЭЦМ *13л*, 9. В бл/г существенно добавляется ЭЦМ *12л*. В бл/г температура воздуха, снеговая линия намного ниже, сумма атмосферных осадков и число суток с их выпадением больше, чем в нбл/г.

1. Дзердзеевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. М., 1975. 285с.
2. Ерисковская Л.А. Климатические условия ледника Туйыксу. Характеристика и анализ метеорологических данных. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2014. 76 с.
3. Кононова Н.К. Исследование многолетних колебаний циркуляции атмосферы Северного полушария и их применение в гляциологии.//МГИ. 2003. Вып. 95. С. 45-65.
4. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому /Отв. ред. А.Б. Шмакин; Ин-т географии РАН – М.: 2009. – 372с.

ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ СОВРЕМЕННОГО ПОТЕПЛЕНИЯ: УМЕНЬШЕНИЕ АЛЬБЕДО, ВЫЗВАННОЕ СМЕЩЕНИЕМ СОЛНЦА ОТ БАРИЦЕНТРА

Завалишин Н. Н.

ФГБУ «Сибирский научно-исследовательский гидрометеорологический институт»,
630099, Новосибирск, 99, ул. Советская, 30, СибНИГМИ. znn@sibnigmi.ru

Радиационный дисбаланс Земли D есть

$$D = \bar{A} * \frac{I_{TSI}}{4} - I_{OLR} \quad (1)$$

где I_{TSI} – интенсивность интегрального потока солнечной радиации на орбите Земли;
 I_{OLR} – интенсивность уходящей длинноволновой радиации Земли; $\bar{A}=1-A$ - коальбеда (антиальбеда).

$$\frac{I_{TSI}}{4} = 341,5 \pm 0,1 \text{ Вт/м}^2 \quad (2)$$

Современное потепление, вызвано радиационным дисбалансом (1) около $+2 \text{ Вт/м}^2$, что на порядок больше колебаний (2), поэтому годовые колебания солнечной постоянной можно не учитывать. Логически остаётся только 3 варианта: либо причиной дисбаланса является изменения альбеда, либо изменения OLR (в чём почти на 100% уверены сторонники антропогенного потепления), либо их совместное воздействие.

Изменения альбеда составили $0,01$ за 1986-2000 г.г. (рис.1), то есть приходящий поток увеличился на $3,4 \text{ Вт/м}^2$ (в среднем за 15 лет на $1,7 \text{ Вт/м}^2$).

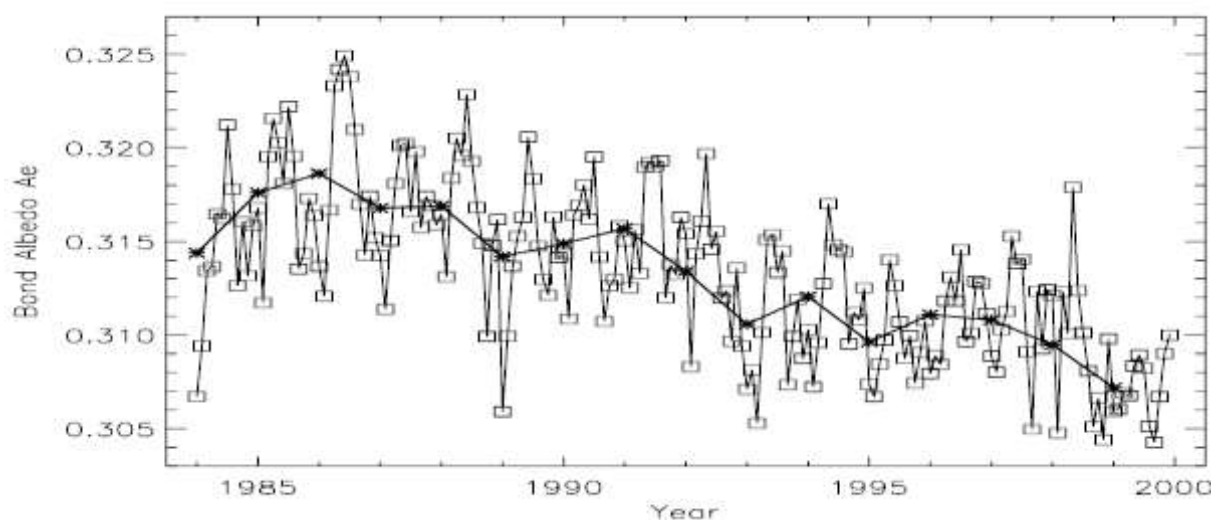


Рисунок 1. Многолетние изменения сферического альбеда Земли [1].

Из (1), (2) и рис.1 следует, что для объяснения современного потепления вполне достаточно зафиксированных изменений альбеда, и нет никакой необходимости привлекать антропогенный фактор.

Изменения альбеда зависят от множества причин: и космических, и земных. Чтобы распутать этот клубок, необходимы многолетние данные об изменениях альбеда. Пока что имеется ряд с 1984 года, что, конечно, недостаточно. Поэтому была предпринята попытка реконструировать значения альбеда Земли [2]. Такой подход позволил в разы увеличить длину многолетнего ряда альбеда Земли. Появилась возможность верификаций моделей изменения альбеда, и в перспективе открывается путь к прогнозу многолетних колебаний приходящего потока солнечной радиации.

Оставим пока в стороне земные причины. Из внешних причин в Солнечной системе меняются только конфигурации планет, которые смещают Солнце от центра масс Солнечной системы (барицентра) до 1,4 млн. км., что больше диаметра Солнца. В [3] роль смещения была проверена по следующему алгоритму: были взяты данные зимней температуры приземной атмосферы по 810 ГМС Земли из архива ВНИИГМИ-МЦД за 1881-1977 г.г. с наблюдениями не менее 30 лет. Для каждой ГМС была вычислена разница средних по годам температур, когда проекция смещения Солнца на перигелий орбиты Земли была больше 0,5 млн. км или меньше -0,5 млн.км. Результаты, усредненные по синоптическим районам, представлены на рис.2. Существует статистически значимая (по Стьуденту на 5% уровне) разность средних зимних температур тропосферы, зависящая от значительных смещений Солнца.

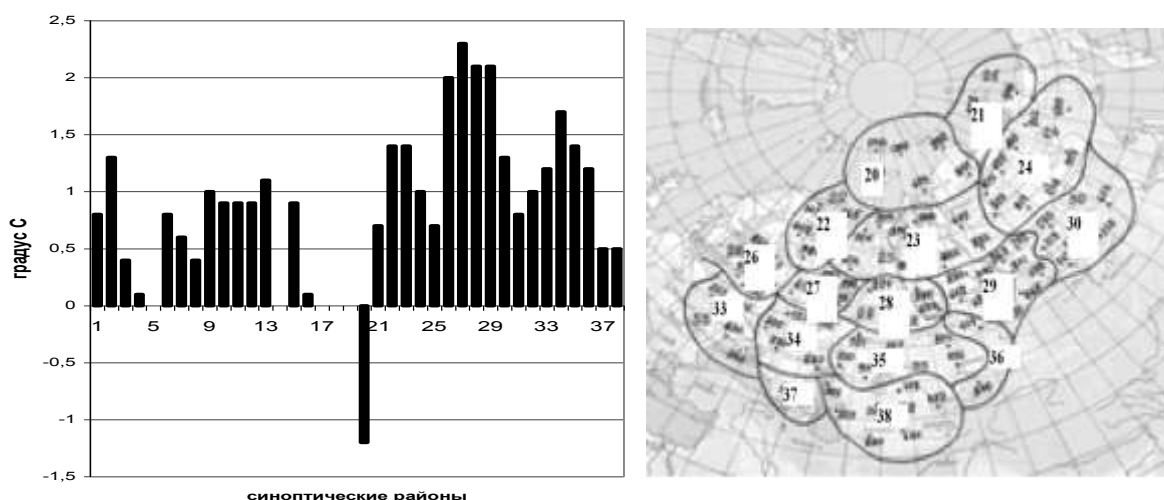


Рисунок 2. Разность средних зимних температур приземного воздуха по синоптическим районам в зависимости от смещения Солнца.

Возник вопрос, каким будет поле температуры приземной атмосферы, если дисбаланс станет положительным? По модели Е.П.Борисенкова, при увеличении солнечной постоянной на 5% в январе месяце (что, конечно, нереально), температура изменится, в основном, в средних и высоких широтах Евразии на 4-10 °С, а в остальных регионах только до 2 °С, что согласуется с рис.1 и в целом с нашей оценкой [3].

Важно! Дисбаланс можно создать, не меняя солнечную постоянную: достаточно изменить антиальбедо в (1) на те же 5%, чтобы получить тот же результат (фактически альбедо изменилось на 1%). Следовательно, фактором, связывающим смещение Солнца с температурой атмосферы, может быть только альбедо. В докладе рассматриваются возможные механизмы изменений альбедо, вызванные космическими факторами.

1. Goode P.R., Palle E., Yurchyshyn V., et al. Sunshine, earthshine and climate change: II. Solar origins of variations in the Earth's albedo. J. Korean Astron. Soc. 2002. 35: 1~7.
2. Завалишин Н.Н. О проблеме реконструкции среднегодовых значений альбедо Земли. //Оптика атмосферы и океана. 2014. №1.
3. Завалишин Н.Н., Виноградова Г.М. О связи аномалий месячных температур воздуха с циклом Хейла и динамикой расстояния Солнце-Земля. //Труды ЗапСибРНИГМИ. 1990. Вып. 93.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК СУБТРОПИЧЕСКИХ СТРУЙНЫХ ТЕЧЕНИЙ СЕВЕРНОГО И ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЙ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 65 ЛЕТ

Золотов С.Ю., Ипполитов И.И., Логинов С.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, пр.
Академический, 10/3, Sergey-Zo@yandex.ru

По определению Всемирной метеорологической организации струйным называется такое течение, в котором формируется сильный узкий поток с почти горизонтальной осью в верхней тропосфере или нижней стратосфере, характеризующийся большими вертикальными и горизонтальными сдвигами ветра и одним или более максимумами скорости.

Условно за нижний предел скорости струйного течения принимается скорость 30 м/с. Линия максимального ветра внутри течения называется осью струйного течения. Максимальные скорости на оси струйного течения могут достигать 70-100 м/с.

В зависимости от типов воздушных масс, разделяемых фронтами, в тропосфере различают полярные струйные течения, течения умеренных широт и субтропические струйные течения. Последние являются наиболее стабильными и мощными струйными течениями по сравнению с первыми двумя, поэтому они являются объектами нашего исследования. Субтропические струйные течения располагаются симметрично относительно экватора в обоих полушариях нашей планеты, что дает возможность к проведению отдельного анализа северного и южного субтропических струйных течений и их взаимосвязи.

Для исследования были использованы массивы полей ветра и температуры воздуха из реанализа NCEP-NCAR за 1948–2013 гг. Для анализа параметров струи использовался уровень 200 гПа, а для расчетов температурных характеристик проводилось усреднение значений по уровням 200, 250 и 300 гПа. Для некоторых расчетов отдельно рассматриваются восточные части (0–180 гр. в.д.) струйных течений обоих полушарий.

В докладе представлено: 1) как меняется динамика скорости ветра вдоль оси струйных течений; 2) о тенденциях изменения положений осей обоих течений (северного и южного полушарий).

Тренд скорости ветра струйного течения северного полушария за период 1948–2013 гг. составил $0,26 \pm 0,07$ м/с за 10 лет по среднегодовым значениям, $0,41 \pm 0,16$ м/с за 10 лет по средним зимним значениям и $0,36 \pm 0,08$ м/с за 10 лет по средним летним значениям. Основной вклад в положительную динамику этих трендов внес период похолодания 1948–1975 гг. Период потепления 1975–2000 гг. не имеет значимых трендов скорости ветра по среднегодовым и средним зимним значениям, а тренд средних летних значений является отрицательным и равен $-0,38 \pm 0,32$ м/с за 10 лет. В период 2000–2013 гг. все тренды скорости ветра струйного течения северного полушария являются незначимыми.

Тренд скорости ветра струйного течения южного полушария за период 1948–2013 гг. составил $-0,47 \pm 0,09$ м/с за 10 лет по среднегодовым значениям, $-0,35 \pm 0,14$ м/с за 10 лет по средним зимним значениям и $-1,01 \pm 0,10$ м/с за 10 лет по средним летним значениям. Основной вклад в отрицательную динамику этих трендов внес период похолодания 1948–1975 гг. Период потепления 1975–2000 гг. не имеет значимых трендов скорости ветра. В период 2000–2013 гг. только тренд среднегодовых значений скорости ветра СТ южного полушария являются значимым и равен $-1,09 \pm 0,86$ м/с за 10 лет.

Тренд изменения положения оси струйного течения северного полушария за период 1948–2013 гг. составил $0,15 \pm 0,13$ гр. широты за 10 лет по среднегодовым значениям, $0,31 \pm 0,13$ гр. широты за 10 лет по средним зимним значениям и $0,00 \pm 0,11$ гр. широты за 10 лет по средним летним значениям.

Тренд изменения положения оси струйного течения южного полушария за период 1948–2013 гг. составил $0,87 \pm 0,08$ гр. широты за 10 лет по среднегодовым значениям, $0,74 \pm 0,22$ гр. широты за 10 лет по средним зимним значениям и $0,63 \pm 0,17$ гр. широты за 10 лет по средним летним значениям. Значимыми также являются значения трендов среднегодовых значений в период 1948–1975 гг.; значения в зимний сезон периода 1975–2000 гг. и значения в летний сезон периода 2000–2013 гг.

Также была определена значимая связь между рядами скорости струйных течений и дельтой между температурными зонами 0-30 и 30-60 градусов широты. Для зимнего периода данные коэффициенты корреляции равны 0,38 (значимый) в северном полушарии и 0,73 (значимый) для южного полушария. Для летнего периода коэффициенты корреляции равны 0,46 (значимый) в северном полушарии и 0,92 (значимый) для южного полушария.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ ВОДОСБОРА НА БЕССТОЧНОМ ОЗЕРЕ В ПЕРИОД ПОЛОВОДЬЯ

Зуев В.В.¹, Суторихин И.А.², Янковская У.И.¹, Кураков С.А.¹

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск,
Россия, post@imces.ru

² Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия, iwer@iwer.ru

Интенсивность поступления талых вод с водосборов озер и рек является важнейшим фактором, определяющим объем стока и уровни весеннего половодья. В данной работе приведен анализ сопоставления результатов гидрофизических и метеорологических параметров в весенний период 2014 и 2015 годов, полученных на бессточном озере в Алтайском крае. Отмеченные годы можно отнести к аномальным в том плане, что установление снежного покрова в 2013 году было довольно поздним, а сход снежного покрова весной 2014 года ранним. Осенью 2014 года устойчивый снежный покров установился довольно рано, а процесс снеготаяния весной 2015 года завершился поздно. Уровни снегонакопления в зимы указанных годов также существенно отличались - зимой 2014-2015 года снега выпало в два раза больше, чем в 2013-2014 гг.

Озеро Красиловское находится в 60 км от краевого центра [1]. Оно занимает эрозионную котловину, которая первоначально была создана водотоками, а впоследствии расширена в результате активации суффозионных процессов, происходящих в верхней части долины этого водотока [2]. Питание водоёма происходит за счёт поверхностных и грунтовых вод. Озеро является бессточным с площадью зеркала - 0,8 км² и площадью водосбора – 46,11 км². Максимальная глубина озера равна 6 м.

Измерение таких параметров, как температура и уровень воды в озере, температура грунта и воздуха, влажность воздуха, уровень снега и уровень жидких осадков были проведены с использованием цифровых датчиков автоматического измерительного многопараметрического комплекса «АПИК», созданного в ИМКЭС СО РАН и установленного на берегу озера.

Для уточнения характеристик снежного покрова в первой декаде февраля 2015 года была проведена снегомерная съемка по трем линейным трансектам соответствующим наиболее характерным ландшафтам водосборного бассейна таким как - акватория озера -1, лес -2 и поле -3. Отдельно пробы снега отбирались на площадке измерительного комплекса «АПИК». Результаты снегомерной съемки приведены в таблице.

Таблица. Данные снегомерной съемки

№ трансект	Средняя высота снежного покрова, см.	Средняя плотность снежного покрова, г/см ³ .	Запас воды в снеге, мм.
1	24	0,24	61
2	95	0,30	285
3	70	0,30	213
АПИК	67	0,27	181

Одной из метеорологических характеристик, существенно влияющих на условия таяния снега является температура воздуха [3]. Положительная среднесуточная температура воздуха по данным наших измерений весной 2014 года установилась после 14.03, а положительная среднесуточная температура грунта на глубинах до 0,05 метра - после 25.03. Следует отметить, что из-за позднего установления снежного покрова зимой 2013-2014 годов и низких температур воздуха (-22° С) в бесснежный период, температура поверхностного слоя грунта опускалась до -14 -18°С и сохраняла отрицательное значение после выпадения снега на уровне -0,5 -0,3°С вплоть до 28.03.2014. Анализ результатов

весны 2015 года показывает, что положительная среднесуточная температура воздуха установилась после 05.04, а для поверхностного слоя грунта положительная среднесуточная температура сохранялась на протяжении всей зимы под снегом на уровне $+0,2 - +0,3^{\circ}\text{C}$

В период весеннего половодья на водосборе бессточного озера уровень воды повышается и этот процесс представлен на рисунке 1.

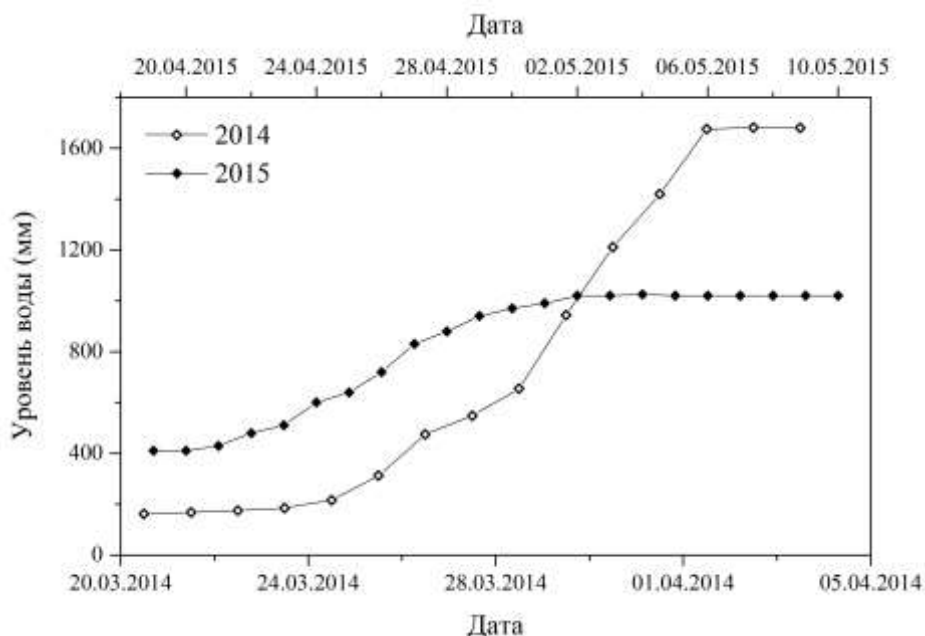


Рисунок 1. Динамика уровня воды в озере (весенний период 2014 г. и 2015 г.)

Полученный результат показывает, что наполняемость бессточного озера в период весеннего половодья в меньшей степени зависит от уровня накопления снега на водосборном бассейне в зимний период, а более существенно связан с величиной промерзания поверхностного слоя грунта. Таким образом, на основании полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что эффективная площадь водосбора для бессточного озера в период весеннего половодья в разные годы может существенно изменяться и в итоге определяется величиной промерзания грунта и гидро-геологической структурой района.

Авторы выражают благодарность инженеру А.А. Коломейцеву за помощь в проведении снегомерной съемки.

1. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель // Равнинные районы Алтайского края и Южная часть Новосибирской области. — Л.: Гидрометеиздат, 1962. — Вып. 6. — С. 380–410.
2. Лузгин Б.Н. Происхождение Красиловского озера. //Известия АлтГУ. Сер.Химия, география, биология.- 1998.- №4(9).- С.113-116.
3. Котляков В., Поповнин В., Цветков Д. Некоторые предложения по оптимизации представления масс-балансовых данных в изданиях Всемирной Службы Мониторинга Ледников // Материалы гляциологических исследований. — 1992. — № 73. — С. 161–167

ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ОСНОВЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕДУР КЛАССИФИКАЦИИ И ИНТЕРПОЛЯЦИИ

Катаев С.Г.¹, Катаева С.С.¹, Иванова Э.В.²

¹Томский государственный педагогический университет (ТГПУ),
634061, г. Томск, ул. Киевская, 62а,

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3, e-mail: ehllai@rambler.ru

В настоящее время пространственную интерполяцию рассматривают в контексте пространственного анализа, т.е. не только как средство получения новых данных и их визуализацию, но и как процедуру для расширения существующей, или получения новой информации на основе существующей [1]. Анализ и последующее моделирование пространственных данных требует применения комплексного подхода и различных методов, характеризующих ту или иную особенность явления [2]. В этой области разработано достаточно много методов разной степени эффективности для решения той или иной задачи [3-5]. Эти методы можно разбить на три основных направления:

- 1) детерминистические модели (интерполяторы) – линейная интерполяция на основе триангуляции, метод обратных расстояний, мульти-квадратичные уравнения и т. п.;
- 2) геостатистика – модели, базирующиеся на статистической интерпретации данных;
- 3) алгоритмы, основанные на обучении: искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы [2].

Естественно, что имеются и ограничения на применение того или иного метода в конкретной задаче. Так, методы, использующие для аппроксимации геофизического поля полиномы разной степени, требуют достаточно гладкого поведения исследуемой величины.

В климатологии и метеорологии, в различных геофизических исследованиях пространственная информация практически всегда основана на данных измерения в отдельных точках. Поэтому в этой области особую роль играют методы, трансформирующие информацию из точек на поверхность. На практике обычно используются достаточно простые методы пространственной интерполяции (метод обратных расстояний, метод квадратов обратных расстояний и т.д.), в которых отбираются и далее учитываются из всех пунктов окружения наиболее близкие к целевой точке пункты с весами, пропорциональными степени их близости к интерполируемой точке. При этом предполагается, что исследуемое геофизическое поле обладает свойством изотропности, т.е. не принимается во внимание тот факт, что пространственно близкие к рассматриваемой точке пункты не обязательно должны иметь схожее поведение изучаемого параметра с интерполируемой точкой. Отбор влияющих станций – это одна из главных проблем пространственной интерполяции геофизических данных. И методы, использующие пространственный корреляционный анализ, который является важнейшей составляющей современной геостатистики, позволяют сделать выводы о статистической природе данных и частично решают проблему отбора точек для интерполяции [2,3]. Так, метод оптимальной интерполяции Гандина [6] косвенным образом учитывает специфику поля исследуемого параметра посредством учета корреляций между данными на разных пунктах, однако при этом в набор влияющих все же попадают (пусть и с небольшим весом) станции, обладающие иным поведением геофизического параметра, нежели на интерполируемой территории.

В [7,8] было показано, что процедуры классификации и интерполяции при исследовании метеорологических полей очень хорошо дополняют друг друга. Классификация позволяет выявить структуру поля метеопараметра, однако при этом

неизбежно возникает проблема нахождения границ каждого класса. Эту проблему можно решать двумя способами. Первый – полное покрытие всей исследуемой территории классами. В этом случае надо уметь проводить границу между классами. Второй путь предполагает нахождение минимального ареала, относящегося к данному классу, и в этом случае возникает задача проведения внешней границы каждого класса. При этом образуются межклассовые пространства, т.е. территории, не принадлежащие ни одному из классов. Эти проблемы можно обойти, если увеличить количество точек путем их генерации с помощью процедуры пространственной интерполяции. В этом случае при достаточной плотности виртуальных пунктов проблема проведения межклассовых границ отпадет. Но, как было показано в [7,8], качество пространственной интерполяции метеорологического параметра улучшается, если при выборе влияющих станций учитывать принадлежность точки тому или иному классу. А для этого опять же надо знать границы классов.

Данные проблемы и способы их решения рассматриваются в данной работе.

1. Tveito O.E., Schöner W. Applications of spatial interpolation of climatological and meteorological elements by the use of geographical information systems (GIS), Report no. 1/WG2 Spatialisation / COST-719, 2001, DNMI report 28/02 KLIMA, Oslo, Norway.
2. Демьянов В. В. Геоestatистика: теория и практика / В. В. Демьянов, Е. А. Савельева; под ред. Р. В. Арутюняна; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. — М. : Наука, 2010. — 327 с.
3. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. — М.: Мир, 1968. — 407 с.
4. Akima H. A New method of interpolation and smooth curve fitting based on local procedures // Journal of Association for Computing Machinery. - vol. 17.-№ 4. 1970- P. 589-602.
5. Cressie N. Statistic for spatial data - New York : Wiley, 1991.-900 p.
6. Гандин Л.С., Каган Л.С. Статистические методы интерпретации метеорологических данных.— Л. : Гидрометеоиздат, 1963. — 287 с.
7. Катаев, С.Г., Катаева С.С., Кусков, А.И. Использование классификации в задаче пространственной интерполяции. Изв. Вузов «Физика», 2013, Т.56, №9/2, 235-238
8. Катаев, С.Г., Катаева С.С., Кусков, А.И. Структурирование поля метеопараметров для решения задачи пространственной интерполяции. Материалы десятой Российской конференции с международным участием. (9-11 июня пос. Катунь, Алтай) – Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2014, с. 18
9. Катаев С.Г., Кусков А.И. Исследование озоновых полей над территорией России и сопредельных государств. II. Классификация составляющих полей: озона // Вестник ТГПУ. Сер.: Естественные и точные науки. - 1998. - Вып. 5. - С. 10-17
10. Катаев С.Г. Математический формализм и алгоритм структурирования многомерных данных / С.Г. Катаев, М.Ю. Катаев // Ползуновский вестник. – 2012. – № 2/1. – С.99-103.

ДИНАМИКА ПРОМЕРЗАНИЯ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Киселев М.В.^{1,2}, Дюкарев Е.А.², Воронай Н.Н.^{2,3}

¹ Томский государственный университет, г. Томск, пр. Ленина, д. 36

² Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г.Томск, Академический пр.,10/3

³ Институт географии им.В.Б.Сочавы СО РАН,
664033, г.Иркутск, ул.Улан-Баторская, 1

e-mail: xplutox@yandex.ru, voronay_nn@mail.ru

Температура почвы является ключевым фактором, контролирующим многие биотические и абиотические процессы, протекающие в почвах. Тенденция изменений температуры почвы не всегда повторяет динамику температуры воздуха. Исследование связей между характеристиками сезонно-мерзлого слоя и состоянием окружающей среды является важной задачей. На промерзание и оттаивание торфяной почвы, а также на продолжительность этого периода влияет множество факторов, таких как, температура воздуха, наличие и высота снежного покрова, количество выпавших осадков, уровень грунтовых вод, растительность на различных участках болотных экосистем и др.[1].

Исследование сезонно-мерзлого слоя торфяной почвы проводилось на территории геофизического стационара «Васюганье» (56°58'с.ш. 82°36'в.д.) Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН на Бакчарском болоте (площадью около 1400 км²), расположенном в междуречье рек Икса и Бакчар в Бакчарском районе Томской области [2]. В период с 11.09.2011 по 24.09.2014 при помощи автономных измерителей профиля температуры [3] были полученные данные по температуре торфяной почвы на глубинах до 240 см на 5 площадках, расположенных в различных типах болотных экосистем: открытой топи, грядово-мочажинном комплексе (ГМК) (гряда и мочажина), низком и высоком ряме.

Переход температуры торфяной почвы через 0 °С и начало ее промерзания приходится на осенний период (табл.1). Самый ранний переход через 0 °С на поверхности почвы наблюдался 11.10.2012 г. в высоком ряме, самый поздний – 23.11.2013 г. на открытой топи. С увеличением глубины дата перехода температуры почвы через 0 °С смещается на более поздние сроки. На глубине 10 см это запаздывание составляет от 1 до 42 дней, а на глубине 20 см – от 14 до 83 дней. Следует отметить, что в отдельные годы устойчивый переход температуры почвы через 0 °С в слоях 2-10 см регистрируется позже, чем в вышележащих слоях, что объясняется кратковременным, но не менее 5 дней, оттаиванием почвы у поверхности. До глубины 40 см в 2011-2012 гг. промерзали только топь, гряда ГМК и высокий рям, а в 2012 г и низкий рям. Отрицательные температуры здесь наблюдались в конце января – начале марта. В 2014 г. вследствие мягкой зимы, до 40 см не промерзла ни одна исследуемая площадка (см.табл.1).

Таблица 1. Даты устойчивого перехода через 0 °С.

Площадка	Год	Глубина, см									
		0	2	5	10	15	20	30	40	60	80
Т<0 – Промерзание											
Высокий рям	2011-2012	25.10	07.11	07.11	08.11	08.11	23.11	25.12	31.01	13.02	15.05
	2012-2013	11.10	06.11	06.11	07.11	29.11	11.12	24.12	19.02		
	2013-2014	07.11	11.12	11.12	25.12	23.01	29.01	11.02			
Низкий рям	2011-2012	08.11	08.11	08.11	09.11	25.11	13.12	20.01			
	2012-2013	01.11	02.11	05.11	06.11	07.11	27.11	22.12	06.02		
	2013-2014	20.11	21.11	09.12	10.12	18.12	27.01				

Гряда ГМК	2011-2012	07.11	07.11	07.11	08.11	09.11	21.11	19.12	30.01		
	2012-2013	06.11	06.11	08.11	24.11	28.11	01.12	24.12	07.03		
	2013-2014	07.11	26.11	07.11	07.11	20.11	05.01				
Мочажина ГМК	2011-2012	07.11	07.11	08.11	19.11	04.12	26.12	09.02			
	2012-2013	01.11	08.11	28.11	11.12	21.12	09.01				
	2013-2014	07.11	07.11	08.11	08.11	02.01	02.01				
Открытая топь	2011-2012	07.11	07.11	08.11	23.11	04.12	17.12	28.01	29.02		
	2012-2013	06.11	31.01	01.11	05.11	06.11	27.11	31.12	07.03		
	2013-2014	23.11	07.11	07.11	07.11	10.11	27.11	06.02			
T>0 – Оттаивание											
Высокий рям	2012	04.04	03.04	14.04	15.04	03.05	12.05	15.05	15.05	25.05	20.05
	2013	25.04	24.04	25.04	25.04	24.04	24.04	26.04	25.04		
	2014	17.04	13.04	17.04	18.04	18.04	16.04	17.04			
Низкий рям	2012	06.04	06.04	06.04	07.04	30.04	11.05	28.05			
	2013	18.04	18.04	18.04	18.04	28.04	26.04	29.04	30.04		
	2014	19.03	19.03	14.03	21.03	06.04	27.03				
Гряда ГМК	2012	02.04	02.04	03.04	02.04	03.04	30.04	11.05	28.05		
	2013	18.04	18.04	18.04	09.04	21.04	24.04	28.04	15.04		
	2014	30.03	14.03	14.04	07.04	06.04	24.03				
Мочажина ГМК	2012	03.04	02.04	02.04	03.04	03.04	04.04	08.04			
	2013	10.04	22.04	28.04	21.04	30.04	25.04				
	2014	30.03	15.04	16.04	17.04	16.04	16.04				
Открытая топь	2012	03.04	03.04	05.04	05.04	10.04	10.04	16.04	16.04		
	2013	21.04	18.04	18.04	21.04	22.04	22.04	25.04	20.04		
	2014	05.04	05.04	06.04	08.04	14.04	15.04	13.04			

Максимальная глубина промерзания почвы за зиму достигается в конце февраля – начале или, за редким исключением, конце апреля. Наибольшая глубина промерзания за зиму наблюдалась в высоком рьяме (от 80 см 24.04.2012 г. до 35 см 02.03.2014 г.), где мощность торфяной залежи минимальна (90-100 см). В ГМК в середине марта 2012 г. глубина промерзания достигала 34 см на мочажине и 49 см на гряде. Максимальная глубина промерзания зимой 2014 г. не превышала 26 см, как на гряде, так и на мочажине. Наибольшая мощность мерзлого слоя в низком рьяме и на открытой топи имеет близкие значения – около 40-44 см в 2012-2013 гг. и 32-35 см в 2014 г. Однако в низком рьяме максимальные значения промерзания наблюдаются на несколько (до 28) дней позже.

В зависимости от типа болотной экосистемы и погодных условий (температуры воздуха, наличия/отсутствия снежного покрова и его высоты) изменяется как максимальная глубина промерзания, так и динамика оттаивания торфяной почвы. Начинается процесс оттаивания на поверхности в марте – апреле и заканчивается на глубинах 15 – 80 см в мае. Процесс оттаивания происходит значительно быстрее, чем промерзание и занимает от 4 до 30 дней.

Продолжительность периода существования сезонно-мерзлого слоя на разных глубинах и площадках разная. Например, в 2011-2012 гг. на поверхности продолжительность периода с отрицательными температурами 148-151 дней во всех экосистемах, за исключением высокого рьяма (163 дня). На глубине 30 см эта продолжительность уменьшается, составляя от 145 дней в гряде ГМК, до 80 и 59 дней на топи и мочажине ГМК.

В 2012-2013 гг. на поверхности наименьший период отрицательных температур на мочажине ГМК (161 день), наибольший – в высоком рьяме (197 дней), а в остальных

экосистемах он составляет 164-169 дней. На глубине 20 см существование мерзлого слоя длилось 145 дней в гряде ГМК, 149 дней на топи, 135 и 151 дней в высоком и низком ряме и 107 дней на мочажине ГМК.

В 2013-2014 гг. на глубине 20 см мерзлота наблюдалась 60 и 78 дней в низком и высоком ряме, 79 дней в гряде ГМК. На мочажине ГМК и открытой топи продолжительность существования мерзлого слоя гораздо дольше – 105 и 140 день, соответственно.

За период с 11.09.2011 по 24.09.2014 по данным метеорологической станции Бакчар максимальная декадная высота снежного покрова в марте 2012 г. составляла 31 см, в марте 2013 г. – 97 см и в марте 2014 г. – 73 см. В результате в 2011-2012 гг., в самую малоснежную зиму за период наблюдений, на площадке «высокий рям» торфяная залежь промерзла до 80 см, в другие годы до 30 см.

1. Печкурова А. Ф., Каплан М. А. Промерзание и оттаивание торфяных болот // Почвоведение. 1937. №5.
2. Головацкая Е.А., Дюкарев Е.А., Ипполитов И.И., Кабанов М.В. Влияние ландшафтных и гидрометеорологических условий на эмиссию CO₂ в торфоболотных экосистемах // Доклады Академии Наук. 2008. №4. С. 1-4.
3. Кураков С.А., Крутиков В.А., Ушаков В.Г. Автономный измеритель профиля температуры АИПТ / Приборы и техника эксперимента. - Москва, 2008. - № 5. - с. 166-167.

ВАРИАЦИИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВО ВРЕМЯ ЗИМНИХ ТУМАНОВ

Козлов В.И.¹, Муллаяров В.А.¹, Нагорский П.М.², Пустовалов К.Н.², Торопов А.А.¹

¹Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафара
СО РАН, г. Якутск, Россия

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г.Томск, Академический пр.,10/3

При антициклоническом режиме погоды, застой холодного воздуха и низкой температуре образуются длительные морозные (ледяные) туманы. Такая ситуация свойственна Западной и Восточной Сибири, например, центральной Якутии и, особенно, г. Якутску. Зимние туманы возникают в населенных пунктах из-за дополнительного поступления в атмосферу влаги в результате сжигания топлива автомобилями и отопительными системами. Ледяные туманы возникают в утренние часы в низинах при более низких температурах вне населенных пунктов. Туман характеризуется, как опасное гидрометеорологическое явление при дальности видимости менее 50 м.

Представлены исследования вариаций атмосферного электростатического поля во время зимних туманов в гг. Якутске и Томске в 2007-2014 гг. Наличие тумана подтверждалось данными Гидрометеослужбы [1] и визуальными наблюдениями. В г. Якутске годовое число дней с туманом по долговременным наблюдениям колеблется в пределах 40-90. Максимум появления туманов приходится на декабрь-январь [2]. На территории Западной Сибири (г. Томск) число дней с туманами значительно меньше. Атмосферное электричество влияет на оптические свойства атмосферы через диффузионный механизм заряда микродисперсного аэрозоля при городском зимнем смоге [3]. Летние туманы вызывают некоторое увеличение напряженности поля (по абсолютной величине) [4], а зимние туманы (смог) вызывают как уменьшение, так и увеличение напряженности поля [3]. Отличие от летних туманов, которые образуются постепенно, заключается в том, что зимний (ледяной туман) возникает более быстро.

При отсутствии ледяного тумана спектр периодов колебаний электростатического поля атмосферы можно разделить по периодам (частотам) на три участка: горизонтальный участок спектра (верхняя граница периодов не превосходит десятков секунд); участок линейного роста амплитуд спектральных составляющих, обусловленный турбулентным перемешиванием (его характерные периоды ограничены внутренним и внешним масштабами турбулентности), и участок, связанный с насыщением, нижний граничный период которого, как правило, равен или превосходит 30 минут. Это иллюстрируется рис. 1а, на котором серыми точками представлен исходный спектр за 12 часов, а отрезками – аппроксимации выделенных участков спектра.

Во время ледяных туманов верхняя граница диапазона электростатических шумов, представляющих собой белый шум, возрастает более чем на порядок и составляет не менее 10-60 минут. Нижний граничный период участка спектра, связанного с насыщением, также возрастает до сотен минут (рис. 1б). Увеличение внутреннего масштаба турбулентности во время зимних туманов можно объяснить увеличением размеров заряженных аэрозольных частиц и соответствующим увеличением вязкости среды более чем на порядок.

Спектры электростатических шумов в инерционном интервале с ростом периода возрастают значительно медленнее. Кроме того, в этом интервале наблюдаются отдельные короткие отрезки периодов, на которых спектр можно считать линейным, а сами отрезки разделены ступеньками [5]. Следовательно, в формирующейся турбулентности перекачка энергии по спектру незначительна, а вихри являются слабо размытыми.

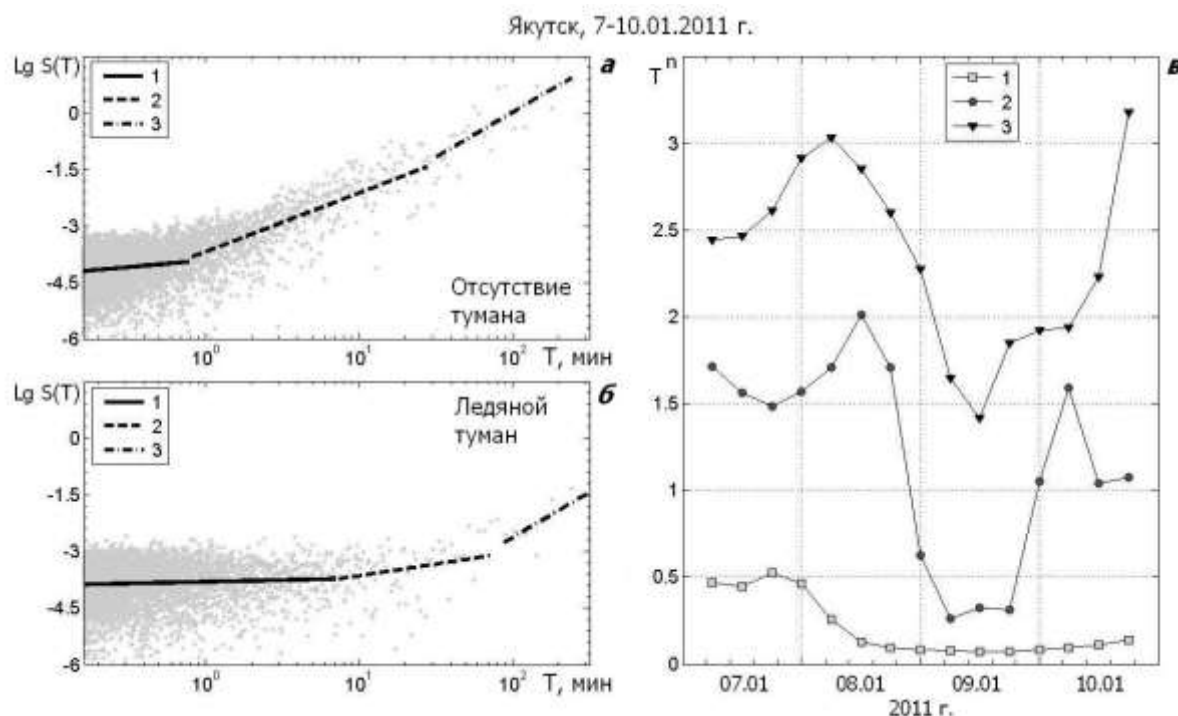


Рис. 1. Спектры флуктуаций электрического поля в г. Якутске зимой (а, б) и динамика изменения наклона выделенных участков спектра во время появления и существования ледяного тумана (в). При проведении скользящего спектрального анализа обрабатывался 12-ти часовой интервал, сдвиг вдоль реализации составил 6 часов (в)

Уровень низкочастотных составляющих спектра колебаний во время ледяного тумана существенно уменьшается. В то же время уровень высокочастотных составляющих остается постоянным или слабо возрастает.

1. Расписание погоды. rp5.ru. Архив погоды на метеостанции [Электронный ресурс] – URL:<http://rp5.ru>.
2. Абанников В.Н. Характеристики туманов в городской среде и их микроклиматическое районирование: автореферат дис. ... кандидата географических наук: 11.00.09 / Санкт-Петербург. гос. ун-т. Санкт-Петербург, 1998 - 18 с.
3. Пхалагов Ю.А., Ужегов В.Н., Полькин В.В. и др. Исследования изменчивости и взаимосвязи оптических и электрических характеристик приземной атмосферы в зимних условиях // Оптика атмосферы и океана. 2011. Т. 24. № 04. С. 269-274.
4. Анисимов С.В., Мареев Е.А., Шихова Н.М., Дмитриев Э.М. Механизмы формирования спектра пульсаций электрического поля приземной атмосферы // Известия вузов. Радиофизика. 2001. Т. 44. № 7. С. 562-576.
5. Носов В.В., Григорьев В.М., Ковалдо П.Г. и др. Когерентные структуры в турбулентной атмосфере. Эксперимент и теория // Солнечно-земная физика. Вып. 14 (2009). С. 97–113.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ КЛИМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ НИЖНЕЙ СЛОИСТООБРАЗНОЙ ОБЛАЧНОСТИ НАД СИБИРСКИМ РЕГИОНОМ

Комаров В.С., Ломакина Н.Я, Ильин С.Н., Лавриненко А.В.

Институт оптики атмосферы им.В.Е. Зуева СО РАН
634021, г.Томск, пл. Академика Зуева, 1, lnya@iao.ru, gfm@iao.ru

Одной из проблем современной климатологии является проблема глобального и регионального изменения климата, где важную роль играет облачность, в том числе нижнего яруса. Как и климат, режим облачного покрова подвержен долговременному изменению. В последние годы данному вопросу уделялось большое внимание [1–5]. Тем не менее, до сих пор еще не сложилось единого мнения о современных (вторая половина XX в. – начало XXI в.) тенденциях долговременного изменения количества облаков нижнего яруса над территорией Сибирского региона.

Первые результаты наших исследований рассмотрены в [6]. Однако, они получены по данным наблюдений ограниченного числа (всего 25) метеорологических станций, что не позволило описать с требуемой достоверностью и детализацией особенности пространственного распределения линейных трендов такого изменения по территории Сибири. Кроме того, вопрос долговременных изменений высоты нижней границы слоистообразных облаков нижнего яруса до настоящего времени в литературе вообще не рассматривался.

Основным исходным материалом для оценки долговременных изменений характеристик нижней слоистообразной облачности послужили многолетние (1969–2013 гг.) данные 8-срочных наблюдений за количеством и высотой нижней границы облаков нижнего яруса (Sc , St , Ns) 60-ти метеорологических станций Сибирского региона (<http://www.ncdc/noaa.gov>). При этом для статистического анализа были использованы кривые межгодового хода и линейные тренды долговременного изменения среднесезонных значений количества и высоты нижней границы слоистообразных облаков нижнего яруса, а также величины их интенсивности (соответственно, баллы/10 лет и км/10 лет).

Анализ долговременных изменений количества слоистообразной облачности нижнего яруса (рис.1) показал, что в полярных районах Сибири в рассматриваемый период во все сезоны, кроме летнего, преобладала явная тенденция к увеличению среднесезонного количества нижней слоистообразной облачности, над Западной Сибирью наблюдались слабые отрицательные тренды с интенсивностью менее 0,10 балла/10 лет, а над большей частью Восточной Сибири отмечалась тенденция к росту среднесезонного количества нижней облачности (до 0,30–0,40 балла/10 лет). Летом полярную зону Сибири и большую часть Западной Сибири охватывает область отрицательных трендов, а юго-восток Восточной Сибири – область положительных трендов с максимальной интенсивностью, превышающей 0,43 балла/10 лет.

Исследование долговременных изменений высоты нижней границы облаков нижнего яруса на территории Сибири в течение последних 45 лет показало, что они зависят от географического положения и характеризуются малыми величинами интенсивности полученных трендов, которые повсеместно и независимо от сезона варьируют главным образом от -0,10 до 0,05 км/10 лет.

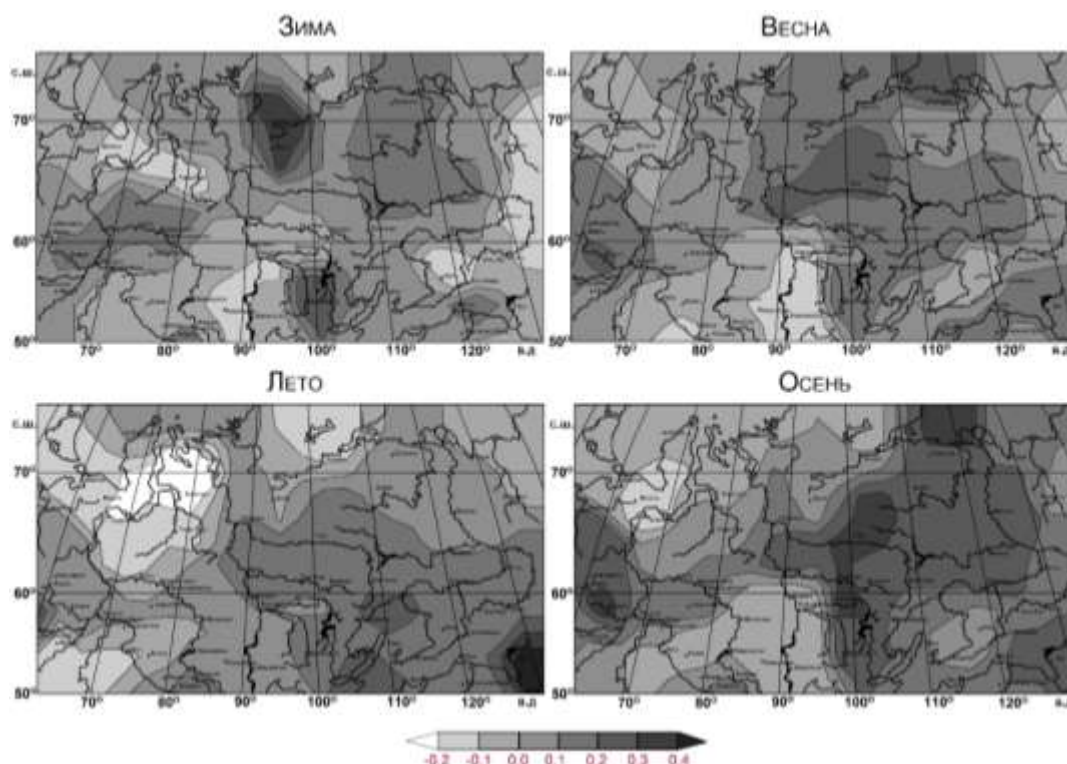


Рисунок 1. Пространственное распределение по территории Сибири интенсивностей линейных трендов долговременного изменения среднесезонного количества слоистообразных облаков нижнего яруса (баллы/10 лет).

Таким образом, поскольку рассмотренные результаты получены по данным 45-ти летнего ряда (1969–2013 гг.) (он сопоставим с масштабами климатических изменений) большого числа (60-ти) метеорологических станций, то они, безусловно, имеют высокую достоверность и будут полезны при решении различных задач климатологии.

1. Жеребцов Г.А., Коваленко В.А., Молодых С.И. Радиационный баланс атмосферы и климатические проявления солнечной переменности. // Оптика атмосферы и океана, 2004. Т.17. №12. С.1003-1012.
2. Хлебникова Е.И., Салль К.А. Особенности климатических изменений облачного покрова над территорией России. // Метеорология и гидрология. 2009. №7. С.5-13.
3. Складнева Т.К., Журавлева Т.Б. Повторяемость основных форм облачности над г.Томском: данные наблюдений 1993-2004 гг. // Оптика атмосферы и океана, 2008. Т.21. №1. С.65-68.
4. Байкова И.М., Ефимова Н.А., Строкина Л.А. Современное изменение облачного покрова над территорией России. // Метеорология и гидрология. 2002. №9. С.52-61.
5. Журавлева Т.Б., Рассказчикова Т.М., Складнева Т.К., Смирнов С.А. Статистика облачности над г.Томском: данные наземных наблюдений 1993-2004 гг. // Оптика атмосферы и океана, 2006. Т.19. №10. С.880-886.
6. Комаров В.С., Ильин С.Н., Лавриненко А.В., Ломакина Н.Я., Горев Е.В., Нахтигалова Д.П. Климатический режим нижней облачности над территорией Сибири и его современные изменения. Часть 2. Изменения режима нижней облачности. // Оптика атмосферы и океана, 2013. Т.26. №7. С.584-589.

КЛИМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ НИЖНЕЙ СЛОИСТООБРАЗНОЙ ОБЛАЧНОСТИ НАД СИБИРСКИМ РЕГИОНОМ

Комаров В.С., Ломакина Н.Я, Ильин С.Н., Лавриненко А.В.

Институт оптики атмосферы им.В.Е. Зуева СО РАН

634021, г.Томск, пл. Академика Зуева, 1, lnya@iao.ru, gfm@iao.ru

Сведения о статистической структуре основных характеристик нижней слоистообразной облачности, а именно, ее количества и высоты нижней границы, необходимы при решении многих фундаментальных задач климатологии, связанных с анализом чувствительности климата к характеристикам облачности, численным моделированием климата, оценкой его колебаний и долгопериодных изменений и т.п. В связи с актуальностью данной проблемы и отсутствием публикаций по статистике нижней облачности для Сибирского региона (она рассмотрена в [1, 2] на примере лишь г.Томска), авторами были начаты исследования по ее реализации. Первые результаты этих исследований даются [3, 4], однако они носят предварительный характер, поскольку получены по данным ограниченного числа (всего 25) метеорологических станций, что явно недостаточно для такого значительного по площади региона, как Сибирь.

Основными исходными данными для настоящего исследования послужили 45-летние (1969–2013 гг.) ряды 8-срочных наблюдений за количеством и высотой нижней границы слоистообразных облаков нижнего яруса (*Sc*, *St*, *Ns*), полученные для 60-ти метеорологических станций Сибири из архива NOAA (<http://www.ncdc.noaa.gov/>). При этом выбор временного ряда с 1969 г. (а не с 1966 г. – начала перехода метеорологической сети России на восьмисрочные наблюдения) связан с более поздним переходом на эти сроки большого числа сибирских станций.

Исследование проводилось посезонно с помощью следующих статистических параметров. При анализе количества нижней слоистообразной облачности использованы его среднее значение (баллы) и повторяемость (%) по пяти градациям: 0, 1–3, 4–6, 7–9, 10 баллов, а при анализе высот нижней границы этого типа облачности – среднее значение (км) и повторяемость (%) по шести градациям высоты нижней границы: 0,05–0,2; 0,2–0,4; 0,4–0,8; 0,8–1,2; 1,2–1,6; 1,6–2,0 км, дополненных градацией «облаков нет» (0).

Проведенный анализ статистической структуры слоистообразной облачности нижнего яруса показал, что пространственное распределение ее среднесезонного количества по территории Сибири имеет сложный характер и явную зависимость от географического положения. Так, над территорией Западной Сибири независимо от сезона количество таких облаков максимально (5–7 баллов), а над Восточной Сибирью – минимально (не более 1,5–2 балла), особенно зимой в районах Якутии и Забайкалья.

Что касается пространственного распределения высоты нижней границы облаков нижнего яруса (рис.1), то зимой над территорией Сибири преобладают пониженные (0,10–0,40 км) значения с двумя очагами максимумов (0,60–0,80 км) вдоль 90 меридиана, не выявленные ранее [3, 4]. Летом отмечается самое высокое положение нижней границы облаков нижнего яруса и хорошо выражен широтный ход с минимумом 0,30–0,40 км в полярных районах и максимумом 1,00–1,34 км на юге Сибири (в Забайкалье). Весной и осенью пониженные значения (0,20–0,40 и 0,40–0,60 км, соответственно) высоты нижней границы такой облачности наблюдаются в Западной Сибири, а над Восточной Сибирью – повышенные (0,60–0,98 км).

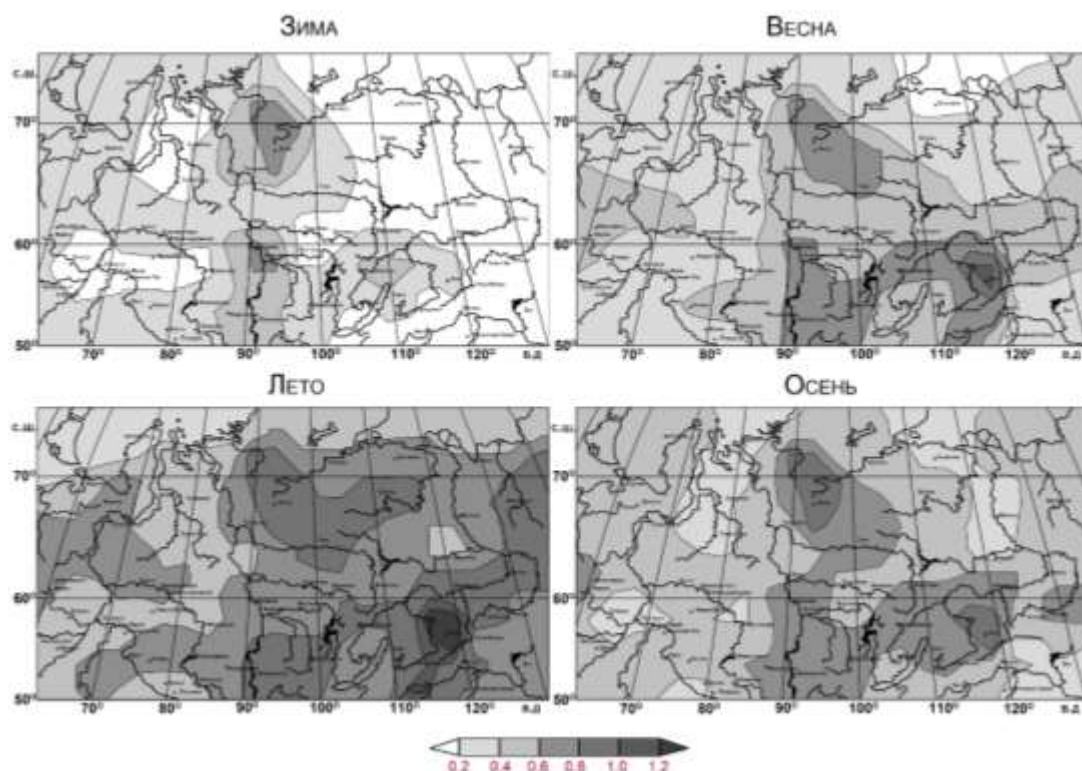


Рисунок 1. Пространственное распределение по территории Сибири среднесезонных значений высоты (км) нижней границы слоистообразных облаков нижнего яруса.

Наряду со среднесезонными значениями количества облаков нижнего яруса, была рассмотрена повторяемость их количества по градациям (0, 1–3, 4–6, 7–9, 10 баллов). Кроме того, был проведен анализ повторяемостей (%) по шести градациям высоты нижней границы облаков нижнего яруса: 0,05–0,2; 0,2–0,4; 0,4–0,8; 0,8–1,2; 1,2–1,6; 1,6–2,0 км, дополненных градацией «облаков нет» (0).

Таким образом, исследования статистической структуры нижней слоистообразной облачности, проведенные по данным 45-ти летнего ряда (1969–2013 гг.) и большого количества (60) метеорологических станций, существенно уточняют результаты [3, 4], полученные по данным ограниченного числа станций.

1. Журавлева Т.Б., Рассказчикова Т.М., Складнева Т.К., Смирнов С.В. Статистика облачности над Томском: данные наземных наблюдений 1993–2004 гг. // Оптика атмосферы и океана, 2006. Т.19. №10. С.880–886.
2. Складнева Т.К., Журавлева Т.Б. Повторяемость основных форм облачности над г.Томском: данные наземных наблюдений 1993–2004 гг. // Оптика атмосферы и океана, 2008. Т.21. №1. С.65–68.
3. Комаров В.С., Ильин С.Н., Лавриненко А.В., Ломакина Н.Я., Горев Е.В., Нахтигалова Д.П. Климатический режим нижней облачности над территорией Сибири и его современные изменения. Часть 1. Особенности режима нижней облачности // Оптика атмосферы и океана, 2013. Т.26. №7. С.579–583.
4. Нахтигалова Д.П., Комаров В.С., Ильин С.Н., Лавриненко А.В., Ломакина Н.Я., Горев Е.В. Особенности климатического режима нижней облачности над территорией Сибири и его современные изменения // X Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу. г.Томск, 14–17 октября 2013. С.172–185.

КОЛЕБАНИЯ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И НАВОДНЕНИЕ НА АЛТАЕ В 2014 ГОДУ

Кононова Н.К.

Институт географии РАН, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29,
e-mail NinaKononova@yandex.ru

В современный период (начиная с 1998 г.) возросла повторяемость опасных природных процессов, что прежде всего связано с изменением характера циркуляции атмосферы. Для анализа многолетних колебаний и выявления особенностей циркуляции атмосферы на юге Западной Сибири в современный период была использована типизация циркуляции атмосферы Северного полушария, разработанная Б.Л. Дзердзеевским, В.М. Курганской и З.М. Витвицкой [1] и продолжаемая по сей день [3].

По суточным данным 13 метеостанций Алтай был определён вклад каждого элементарного циркуляционного механизма (ЭЦМ) в годовую сумму осадков [4]. Осадкообразующими для региона оказались ЭЦМ 13л (24,6 %), 12а (8,3 %), 13з (8,3 %), 9а (6,0 %), что составляет 47,2% годовой суммы осадков в этом регионе. Их суммарная продолжительность с 1963 г. устойчиво превышает среднюю многолетнюю (80 дней в году), а с 1988 г. – 150 дней (рис. 1).

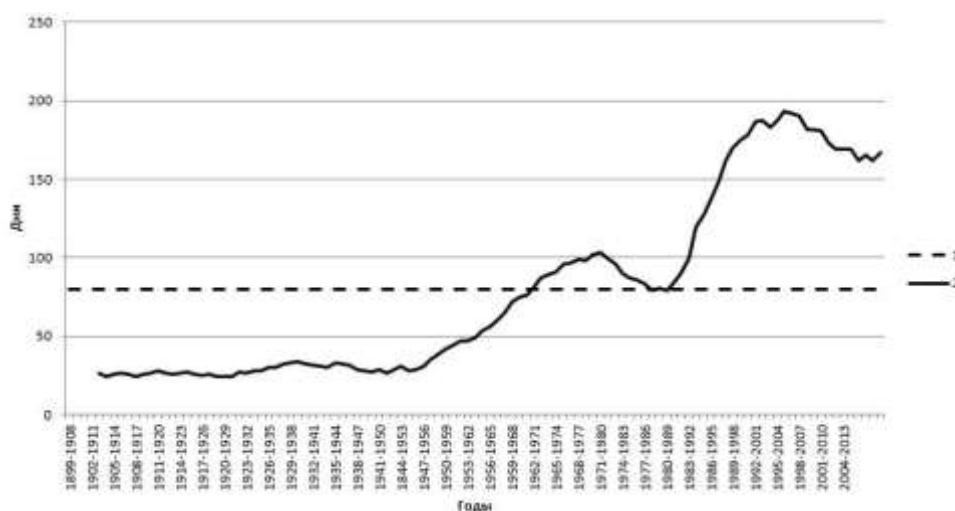


Рисунок 1. Суммарная годовая продолжительность осадкообразующих ЭЦМ на Алтае (10-летние скользящие средние): 1 – средняя за 1899-2014 гг.; 2 – средняя 10-летняя по 2005-2014 гг.

Наводнение 2014 г. на Алтае было самым сильным за весь период наблюдений. Предыдущие катастрофические, но менее сильные, были в 1906 и 1969 гг., т. е. тоже в периоды роста межширотного обмена в атмосфере Северного полушария [2].

Первые две декады мая 2014 г. на Алтае стояла солнечная антициклоническая погода с положительными отклонениями температуры воздуха от средней [5], что способствовало таянию снега и ледников в горах. Уровень воды в верхнем течении Оби и её притоках постепенно повышался. Дожди пошли в третьей декаде. В результате формирования высотного циклона над югом Сибири (ЭЦМ 12а) 25 мая в Барнауле за сутки выпали рекордные 17,5 мм осадков [5], в горах, как правило, осадков выпадает больше. Предыдущий суточный максимум (17 мм) отмечался в мае 1972 г. 27 мая в республике Алтай выпало до 23 мм осадков. Температура воздуха в Алтайском крае и республике Алтай под влиянием циклонов понизилась до заморозков в ночные часы. 30 мая в горах республики Алтай прошли снегопады, выпало до 27 мм осадков. Так на Алтае началось наводнение, которое продолжалось и в июне. В результате высоких

снегодождевых паводков сразу на пяти реках бассейна Верхней Оби (Республика Алтай и Алтайский край) произошло частичное затопление населенных пунктов, расположенных в пойме рек, повреждены автодороги, мосты. На реке Обь в районе Барнаула под водой оказался ряд селений. Из-за продолжительных дождей даже 22 июня, по данным МЧС [6], под водой оставалось ещё несколько населённых пунктов. Всего в результате наводнения пострадало 33000 жителей, 4000 домов, мосты, дороги.

Не последнюю роль в трагедии сыграл и человеческий фактор.

В России существует Водный кодекс, по которому расстояние от воды до ближайшего дома должно быть не менее 300 м, но он не соблюдается. Не случайно затоплены селения, построенные в пойме рек.

В Барнауле есть городской район, Затон, расположенный на Оби, на острове. Полые воды заливают его каждую весну. Жители получают компенсацию, восстанавливают жильё на прежнем месте и живут до следующего паводка.

На притоке Оби, р. Чарыш, было построено 8 плотин. Вероятно, их состоянию не уделялось должного внимания. В самом начале наводнения, при подъёме воды из-за таяния снега и ледников в горах, одна из плотин не выдержала напора воды и прорвалась. Река проложила новое русло через село Чарышское, снесла мост, затопила и разрушила дома и дворовые постройки, размыва улицы. Пострадали и другие сёла, оказавшиеся на пути реки.

Как показывают результаты анализа современного характера циркуляции атмосферы на фоне её многолетних колебаний [2], суммарная годовая продолжительность атмосферных процессов, способствующих резкой смене температуры и выпадению обильных осадков, сейчас наибольшая за весь период наблюдений, потому и вероятность возникновения метеорологически обусловленных опасных природных процессов сейчас наибольшая, а это требует повышенного внимания к мерам безопасности.

1. Дзерdzeевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов. // Тр. н.-и. учреждений Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология; Вып. 21. Центральный институт прогнозов. М., Л., Гидрометиздат, 1946, 80 с.
2. Кононова Н.К. Особенности циркуляции атмосферы Северного полушария в конце XX – начале XXI века и их отражение в климате. // Междисциплинарный научный журнал «Сложные системы», ISSN 2220-8569, Москва, МГУ, 2014, № 2 (11), с. 13-41.
3. Кононова Н.К. Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX-начале XXI века www.atmospheric-circulation.ru
4. Малыгина Н.С., Зяблицкая А.Г., Барляева Т.В., Кононова Н.К., Останин О.В., Папина Т.С. Макроциркуляционные процессы и атмосферные осадки в Алтайском регионе. // Известия Алтайского Государственного Университета, 2014, № 3-1 (83), с. 151-155.
5. Новости погоды <http://www.meteonovosti.ru>
6. Чрезвычайные ситуации в России <http://meteo.ru/climate/chs.php>

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ВЕРХНЕГО СЛОЯ МЁРЗЛЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Коронатова Н.Г., Степанова В.А., Косых Н.П.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, г.Новосибирск,
пр. Ак. Лаврентьева, 8/2, coronat@mail.ru

В северной тайге и лесотундре Западной Сибири исследовали температурный режим верхнего слоя мёрзлых плоскобугристо-мочажинных болотных комплексов. Мёрзлые бугры характеризовались кустарничково-мохово-лишайниковым составом фитоценоза, а мочажины – травяно-сфагновым сообществом. В северной тайге ключевой участок «Тету-Мамонтотай» расположен возле г. Ноябрьск (63,22° с.ш., 75,71° в.д.), в лесотундре ключевой участок «Пангоды» находится возле одноимённого посёлка (65,87° с.ш., 74,95° в.д.). На буграх и в мочажинах устанавливали автономные измерители температуры (Кураков и др., 2008), которые фиксировали её показания с временным шагом 1 час на глубинах 0, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 см от поверхности мохового покрова, а в мочажинах, которые протаивают глубже, – ещё и на глубине 80 и 120 см. Запись данных температуры велась в течение года с июня 2013 г. по июнь 2014 г. В мочажине болота «Тету-Мамонтотай» оборудование было повреждено, и в нашем распоряжении оказались данные только за первые четыре месяца.

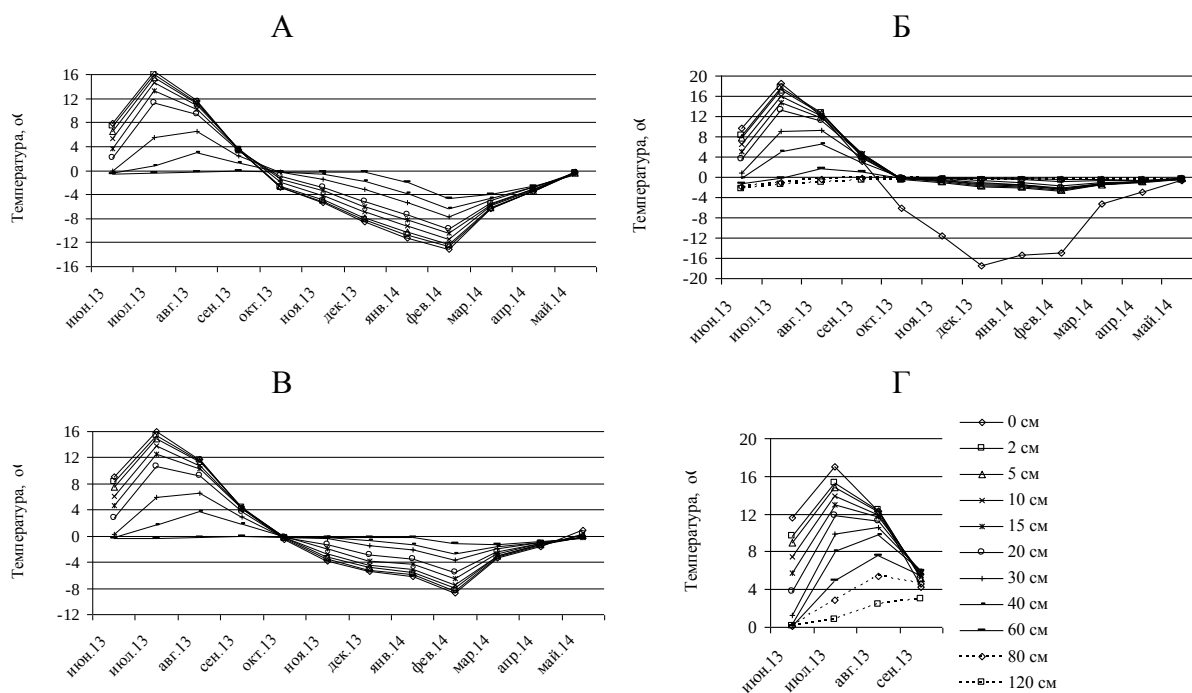


Рисунок. Годовой и сезонный ход среднемесячной температуры на разных глубинах торфяной залежи болот: А – Пангоды, бугор; Б – Пангоды, мочажина; В – Тету-Мамонтотай, бугор; Г – Тету-Мамонтотай, мочажина.

На буграх северной тайги и лесотундры годовой ход среднемесячной температуры был схож, летом верхняя 40-см толща болота прогревалась до положительных значений, на глубине 60 см температура оставалась отрицательной в течение всего года (рис.). В верхнем 20-см слое максимальная температура установилась в июле, в то время как в слое 30-40 см максимум был достигнут в августе. С сентября по октябрь в слое 0-40 см температура опускалась ниже 0°C, период отрицательных температур длился с октября по май. Самые низкие среднемесячные значения наблюдались в феврале, а в марте начиналось прогревание верхнего слоя болот. Разница в температурных данных,

полученных на буграх в северной тайге и лесотундре, была несущественна для тёплого периода. В холодный период среднемесячные значения были ниже в лесотундре на в среднем на 4°C.

В мочажинах северной тайги и лесотундры ход среднемесячной температуры в тёплый период был также схож (см. рис.). Максимальные средние температуры наблюдались в слое 0-20 см в июле и в слое 30-60 см в августе. В северотаёжной мочажине слой торфа на глубине 80-120 см прогревался до положительных температур, и в наибольшей степени – в августе-сентябре. В лесотундре этот же слой оставался в зоне влияния многолетней мерзлоты, и только на глубине 60 см торф оставался протаявшим в течение двух месяцев. В холодный период года поверхность болота промерзала до средних температур -15...-17°C, которые сохранялись с декабря по февраль, а уже с глубины 2 см и ниже температура залежи не опускалась ниже -3°C.

На изученных болотах температурные максимумы были отмечены на поверхности болот в июле: на болоте Тету-Мамонтотай 26 июля на бугре отмечено 23,9°C, 18 июля в мочажине – 27,6°C; на болоте Пангоды 22 июля поверхностный слой на бугре прогрелся до 29,7°C, в мочажине – до 34,9°C. Температурные минимумы были зафиксированы на поверхности болот в разное время: 7 ноября на бугре Тету-Мамонтотай было -15,9°C, 22 февраля на бугре Пангоды – -18,2°C, 21 декабря в мочажине Пангоды – -35,9°C. Крайние значения температуры отмечены в мочажинах.

Суточный ход температур был сглажен на протяжении большей части года. Суточная амплитуда от нескольких до двух десятков градусов наблюдалась с июня по сентябрь на поверхности болот, причём в мочажинах она была больше, чем на буграх. На глубине 30 см суточная амплитуда составила около 1°C.

На мёрзлых буграх наибольшая месячная амплитуда была в поверхностном слое в июне, в среднем 24°C, и снижалась с глубиной, достигая в слое 35 см почти 0°C. С июля по сентябрь амплитуда уменьшалась, а глубина её распространения опускалась до 45-55 см. В октябре, когда происходит переход через 0°C, месячная амплитуда резко упала до 3°C в северной тайге и 9°C в лесотундре, и была менее 1°C уже на глубине 10 см в северной тайге и 35 см в лесотундре. В ноябре амплитуда возросла до 16 и 18°C в северной тайге и лесотундре, соответственно. В дальнейшем месячная амплитуда вновь уменьшалась в течение холодного периода и была минимальной в апреле в северной тайге (4°C) и в марте в лесотундре (6°C). Глубина, где амплитуда отсутствовала, понижалась, начиная с ноября, и в феврале-марте оказалась ниже 60 см.

В мочажинах максимальная месячная амплитуда в поверхностном слое была в июне в северной тайге (26°C) и в июле (31°C) в лесотундре и также снижалась с глубиной почти до 0°C в слое торфа на уровне 80 см. В течение холодного периода, начиная с октября, амплитуда была минимальной во всей торфяной толще и только в поверхностном слое мха составила от 7 до 36°C.

Среднесуточные температуры выше 10°C наблюдались с июня по сентябрь, а в северной тайге – иногда ещё и в мае. В поверхностном слое, где сосредоточены головки живого мха, годовая сумма среднесуточных температур больше 10°C была в лесотундре на бугре 900°C, в мочажине – 1064°C, в северной тайге на бугре – 963°C, в мочажине – 1136°C. Более 99% среднесуточных температур выше 5°C наблюдались с июня по сентябрь, сумма среднесуточных температур больше 5°C была следующей: в лесотундре – на бугре 1152°C, в мочажине 1283°C; в северной тайге – на бугре 1218°C, в мочажине 1343°C.

В целом, мочажинам свойственны большие температурные перепады по сравнению с буграми. Теплообеспеченность мочажин выше, чем бугров, причём мочажины в лесотундре получают больше тепла, чем бугры в северной тайге.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛИМАТА АЗИАТСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В КОНЦЕ XX И НАЧАЛЕ XXI СТОЛЕТИЙ

Логинов С.В., Инполитов И.И., Харюткина Е.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3, e-mail: ceo@imces.ru

Наблюдения за изменением климата выявили, что с начала XXI века существенно замедлился рост глобальной температуры поверхностного воздуха и глобальной температуры поверхности океана. Перерыв в глобальном потеплении происходит на фоне продолжающегося возрастания концентрации парниковых газов в атмосфере, обеспечивающих положительный (0,5-1,0 Вт/м²) радиационный баланс на верхней границе атмосферы. Одно из возможных объяснений заключается в том, что, значительная часть этого дополнительного тепла («missing heat») накапливается в глубоких слоях океана.

Рядом исследователей установлено, что основной вклад в ослабление глобального потепления вносят внетропические широты Северного полушария, в которых, в зимний сезон тренды температуры становятся отрицательными в период 1999-2010 гг. и может быть связано (согласно модельным расчетам) с уменьшением концентрации льда в арктических морях; это уменьшение изменяет меридиональный температурный градиент и, следовательно, крупномасштабный атмосферный поток в Северном полушарии. Кроме того, уменьшение концентрации морского льда в Баренцевом и Карском морях может приводить к появлению антициклонических образований на северных границах Евразии, обеспечивающих повышенную адвекцию холодных воздушных масс с северо-востока.

Поэтому целью работы было оценить сезонную изменчивость климата азиатской территории России в конце XX и начале XXI столетий и оценить ее связь с циркуляционными процессами в атмосфере.

По данным наблюдений за 1975–2012 гг. проанализировано формирование полей температуры воздуха и атмосферного давления на азиатской территории России. Получены оценки тенденций климатических изменений в конце XX – начале XXI в. на рассматриваемой территории в целом, а также для отдельных ее регионов. Проведено сравнение показателей изменчивости температуры и давления для двух временных интервалов: 1975–2005 и 1982–2012 гг. Показано, что, климатические изменения, происходящие на территории АТР в период 1982–2012 гг. по-прежнему проявляются в повышении среднегодовой температуры приземного воздуха, однако процесс потепления протекает менее интенсивно по сравнению с периодом 1975–2005 гг. Большую роль в уменьшении темпов роста температуры играют зимние месяцы, в которые происходит смена процесса потепления процессом похолодания. К тому же во втором временном интервале наметилась тенденция к росту давления. Для зимних месяцев тренды температур отрицательные, при этом с февраля по октябрь наблюдается опережение роста максимальных температур относительно минимальных.

Одним из основных факторов, определяющих природную изменчивость климата, является изменчивость в атмосферной и океанической циркуляции, выравнивающей температурные градиенты между низкими и высокими широтами и приводит к снижению интенсивности зональной циркуляции в средних широтах, что выражается в переходе индексов Арктической циркуляции в отрицательную фазу. Это ослабление сопровождается ростом меридиональной циркуляции и, в частности, учащением вторжений холодного арктического воздуха на Евразийский континент. Возрастание в последние годы частоты процессов блокирования западного переноса мезомасштабными барическими системами (вихрями и гребнями в Северной Атлантике), выраженное переходом индекса SCAND в положительную фазу, сыграло свою роль в процессе

замедления потепления на АТР. Для этой территории отмечается также существенный вклад в изменение меридиональной циркуляции процессов блокирования над Уралом.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-5969.2015.5.

РОЛЬ АДВЕКТИВНЫХ ПОТОКОВ ТЕПЛА В ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Логинов С.В., Харюткина Е.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3, e-mail: ceo@imces.ru

Одним из основных факторов, определяющих природную изменчивость климата, является изменчивость в атмосферной и океанической циркуляции, выравнивающей температурные градиенты между низкими и высокими широтами. Целью работы было оценить роль адвективных потоков тепла в изменении температуры Западной Сибири.

По данным реанализа JRA55 были рассчитаны адвективные потоки тепла, приходящие на территорию Западной Сибири (50° - 70° с.ш., 60° - 90° в.д.) в течение зимнего периода. В расчетах оценивались суммарные потоки через западную, северную, восточную и южную границы в столбе тропосферы от поверхности земли до уровня 300гПа. Для поверхностного слоя проведено сравнение оценок, полученных по данным реанализа JRA55 и данных проекта CERES. В конце XX и начале XXI веков величина притока тепла уменьшилась с $1,1 \cdot 10^{14}$ Вт до $7,9 \cdot 10^{13}$ Вт (рис.), что эквивалентно уменьшению температуры на $5,8^{\circ}\text{C}$, тогда как фактическое изменение составило $0,6^{\circ}\text{C}$.

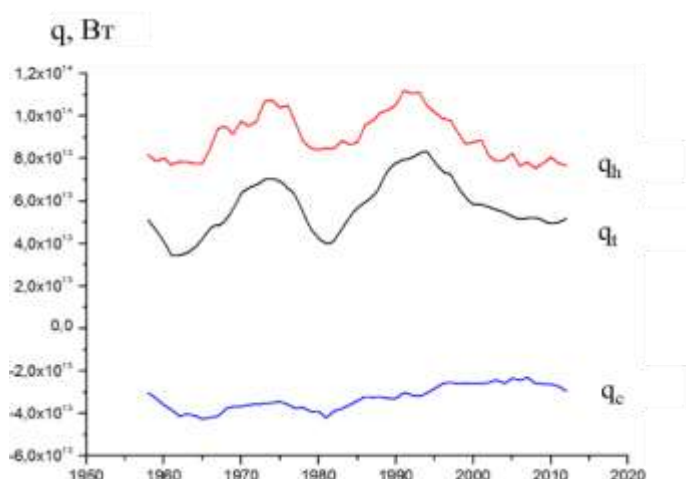


Рисунок 1. Адвекции воздушных масс в тропосфере Западной Сибири: “теплых” q_h , “холодных” q_c и суммарного q_t

Начиная с 2002 года, поток тепла через южную границу уменьшился, а заток холодных воздушных масс q_c через северную границу Западной Сибири увеличился в 2 раза. Исследование динамики зависимости изменения температуры вследствие адвективных потоков, показало, что, для территории Западной Сибири, в целом, в период 2002-2011 гг. характерно увеличение связи между температурой и переносом холодных воздушных масс до $r = -0,62$.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЦИРКУЛЯЦИОННО-СИНОПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА И СТРАТОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ НАД ТОМСКОМ

Макеев А.П.¹, Харюткина Е.В.²

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,
634055, г. Томск, площадь Академика Зуева, 1, e-mail: map@iao.ru

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, Академический пр. 10/3, e-mail: kh_ev@imces.ru

В рамках данной работы проводился мониторинг и оценка изменчивости общего содержания озона (ОСО) и стратосферного аэрозоля в зависимости от циркуляционно-синоптических процессов.

Измерения ОСО ведутся на Сибирской лидарной станции (СЛС) (Томск: 56,5°с.ш.; 85,0°в.д.) с помощью озонметра М-124 с 1993 г. Для сравнения данных использовались данные спутниковых измерения ОСО аппаратурой TOMS, восстановленные с помощью двух алгоритмов: OMI-TOMS и OMI-DOAS [1].

В межгодовой изменчивости ОСО можно выделить следующие особенности: в период с 1989 по 1995 гг. наблюдается его сокращение, а с 1996 г. по настоящее время - рост. В 2011 г. рост ОСО замедлился (оценки тренда изменились от 1,09 е.Д./год до 0,26 е.Д./год, а в 2012 г. вновь возобновился до 0,44 е.Д./год). Согласно спутниковым данным, величина тренда ОСО в 2012 г. стала меньше, относительно значения, достигнутого в 2010 г. Таким образом, весенняя аномалия 2011 г. существенно повлияла на ход восстановления озонового слоя.

Наблюдаемые изменения ОСО могли быть связаны с изменчивостью процессов атмосферной циркуляции. Поэтому для г. Томск был проведен анализ синоптических ситуаций для конкретных событий изменения озона с использованием приземных и высотных синоптических карт. Описание синоптической обстановки проводилось для трех разных ситуаций: 1. аномалия ОСО (апрель-май 2011 г.); 2. возмущенное поле ОСО (июль 2011 г.); 3. фоновое ОСО (октябрь 2014 г.)

Было выявлено, что в апреле-мае 2011 г. наблюдалась быстрая смена синоптических процессов и барических образований, которые формировались под влиянием очень подвижного барического поля на всей территории Западной Сибири. Такая ситуация сохранялась до высоты 5 км, что говорит о значительном перемешивании воздуха в нижней тропосфере, которое, вероятно, способствовало перераспределению/увеличению ОСО в эти месяцы. В других рассмотренных примерах (возмущенное и фоновое состояние ОСО) барическое поле было, как правило, стационарным, то есть смена синоптических ситуаций происходила редко, а метеорологические параметры практически не менялись со временем.

Совместный анализ полученных обратных траекторий, пространственного распределения ОСО и синоптических карт показал, что наблюдается зависимость ОСО от циркуляционных процессов, ответственных за перемешивание воздушных масс (циклоны и антициклоны). В переносе озона главную роль играют адвективные факторы; для некоторых областей характерны также и восходящие движения, но, достигая верхней границы тропосферы, скорости частиц ослабевают, так как влияние на их перемещение оказывает струйное течение, которое препятствует дальнейшему их распространению по вертикали.

Анализируются и приводятся результаты лидарных измерений на СЛС оптических характеристик стратосферного аэрозольного слоя (САС). Представлен временной ход интегрального коэффициента обратного аэрозольного рассеяния на длине волны зондирования 532 нм в высотном диапазоне 15-30 км. Приведены восстановленные выборочные профили вертикального распределения аэрозоля над Томском в период 2011-

2015 гг. Выявлено, что в период фонового состояния атмосферы, отношение рассеяния, а, следовательно, и количество аэрозоля над Томском чуть больше в период осень-зима, в отличие от периода весна-лето. Это объясняется усилением потоков воздушных масс к полюсам и в средние широты.

1.Верлайн Я.А., Тимофеев Ю.М., Поберовский А.В. Сравнение спутниковых и наземных методов измерений общего содержания озона //Исследование земли из космоса. 2013. №4. С 83-91.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОДВОДНОЙ МЕРЗЛОТЫ НА ШЕЛЬФЕ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ: ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ СОЛЕПЕРЕНОСА

Малахова В.В.

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6
E-mail: malax@sscc.ru

Особенностью арктических акваторий является наличие субаквальной криолитозоны в пределах мелководных шельфов. Субаквальные мерзлые породы имеются под всеми морями Арктики, при этом наибольшая мощность и площадь распространения мерзлоты характерна для Восточно-Сибирского шельфа [1]. Изучение происхождения, состояния и дальнейшей динамики подводной мерзлоты представляет интерес, в связи с возможным промышленным освоением месторождений нефти и газа на шельфе, а также может иметь важное климатическое значение.

В последние годы активно обсуждается вопрос о возможности относительно быстрого разрушения многолетнемерзлых пород на Восточно-Сибирском шельфе ввиду существенного повышения летней температуры придонного слоя воды [2]. Пресные промерзшие донные отложения при отрицательной температуре должны оставаться в мерзлом состоянии. Но данные, полученные при бурении скважин на арктическом шельфе, свидетельствуют о том, что пресные многолетнемерзлые грунты суши при переходе в субаквальное состояние вследствие затопления шельфа подвергаются глубокому засолению морской водой и протаивают при отрицательных температурах [3].

В работе проведено математическое моделирование динамики толщи субаквальных мерзлых пород на Восточно-Сибирском шельфе с помощью математической модели, которая описывает перераспределение тепла в системе атмосфера - океан - осадочный слой морского дна. Проведенные сценарные расчеты показали возможность существования субаквальных мерзлых пород в донных отложениях по всей области шельфа моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. Мощность мерзлого слоя под дном зависит от глубины моря и может составить порядка 200-440 м при заданном тепловом потоке 60 мВт/м².

Расчет с учетом климатических изменений до 2012 года показал, что температура придонного слоя морской воды является важным фактором, влияющим на современное состояние субаквальной мерзлоты. Однако большая глубина протаивания мерзлых донных отложений обусловлена их засолением вследствие миграции солей в поровое пространство после затопления шельфа соленой морской водой. Субаквальная мерзлота в верхнем слое деградирует и при отрицательных температурах донных отложений под воздействием солей в поровых водах. Учет солености имеет существенное значение в темпах деградации верхнего слоя мерзлых пород на шельфе и может быть доминирующим фактором.

Проведенные модельные расчеты показали, что современного потепления недостаточно для полной дестабилизации подводной мерзлоты на шельфе морей восточной Арктики. Опускание верхней границы (кровли) мерзлых осадков к 2012 году составило порядка 0-22 м в зависимости от области шельфа. В связи с неравномерностью засоления шельфа кровля мерзлоты понижается в направлении от берега. Скорость деградации мерзлого слоя 0-7 см в год согласуется с имеющимися фактическими данными измерений для данного региона. Увеличение глубины протаивания может приводить к усилению процессов метаногенеза в осадочном слое и вовлечению в современный биогеохимический цикл древней органики из талого слоя мерзлоты.

Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ № 14-05-00730А, № 15-05-02457А

1. Romanovskii N. N., Hubberten H.W., Gavrilov A. V., Eliseeva A. A., Tipenko G. S. Offshore permafrost and gas hydrate stability zone on the shelf of East Siberian Seas // *Geo Mar. Lett.* 2005. V. 25. P. 167–182, doi:10.1007/s00367-004-0198-6.
2. Шахова Н.Е., Никольский Д.Ю., Семилетов И.П. О современном состоянии подводной мерзлоты на Восточно-Сибирском шельфе: тестирование результатов моделирования данными натурных измерений // *Докл. РАН* 2009. Т. 429. № 4. С. 541–544.
3. Арэ Ф. Э. Теплофизические аспекты принципа Цытовича о равновесном состоянии воды и льда в мерзлых грунтах // *Криосфера Земли*. 2014. Т. XVIII. № 1. С. 47–56.

РАЗНОНАПРАВЛЕННОЕ ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ

Маркелова А.Н., Тартаковский В.А., Николаева С.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3

В последнее время уделяется большое внимание проблемам, связанным с влиянием солнечной активности (СА) на природно-климатические процессы. Временные ряды инструментально измеренных физико-химических параметров, описывающих эти процессы, имеют относительно короткую историю, поэтому актуальным остается использование косвенных источников информации. Для биоиндикации и биомониторинга природно-климатических изменений связанных с вариациями СА наиболее часто используют ширину годичных колец. Этот параметр наиболее прост в измерении, что позволяет накапливать большие массивы данных и изучать пространственно-временные особенности влияния СА на рост древесной растительности, а через него и на другие природно-климатические процессы.

В научной литературе приведено множество подтверждений наличия связей между радиальным ростом деревьев и уровнем СА, полученных с помощью методов математической статистики. Однако применение методов статистического анализа для исследования этих связей ограничено, так как линейными их можно считать лишь условно и на определенных временных интервалах. Известно, что устанавливаемые корреляционные связи между шириной годичных колец деревьев и СА носят региональный характер и непостоянны во времени, меняется не только сила связей, но и знак. В некоторых регионах влияние СА на ширину годичного кольца вообще не обнаружено [1]. Такая нелинейность реакции деревьев, выраженная в величине радиального прироста, объясняется, опосредованным влиянием СА через многие факторы, в первую очередь гидротермический режим (температура, осадки, уровень грунтовых вод), изменение градиента потенциала электрического поля, изменение интенсивности приземного ультрафиолетового излучения с длиной волны 290-320 нм и др. К тому же отклик деревьев на каждый из этих факторов может быть нелинейным, даже там где один из них является лимитирующим [2].

Мы полагаем, что, действуя опосредованно через многие факторы, вариации СА могут оказывать на радиальный прирост деревьев одновременно и положительное, и отрицательное влияние. Следовательно, в древесно-кольцевых хронологиях могут быть обнаружены две разнонаправленные составляющие, противоположно связанные с уровнем СА. Для проверки нашей гипотезы мы применили феноменологический подход. Данный подход основан на предположении о том, что внешнее вынуждающее воздействие проявляется в некотором сходстве элементарных процессов, которое состоит в совпадении существенных признаков. Определив существенные признаки можно предложить алгоритм, выполняющий разложение исходных временных рядов на составляющие с совпадающими и несовпадающими существенными признаками [3]. Разложению были подвергнуты ряды среднегодовых, средних за вегетационный период и среднемесячных (с мая по август) значений чисел Вольфа и 23 обобщенные древесно-кольцевые хронологии сосны обыкновенной из южно-таежной подзоны Западно-Сибирской равнины (далее просто хронологии). В качестве существенного признака, на основе которого осуществлялось разложение, был выбран знак коэффициентов Фурье. Разложение выполнялось с помощью алгоритма попарной фильтрации. Согласно данному алгоритму после вычисления спектров Фурье для хронологий и рядов чисел Вольфа, пара временных рядов: дендрохронология - ряд Вольфа подвергались фильтрации. В первом случае в спектрах оставались гармонические составляющие одной частоты, с

одинаковыми знаками при коэффициентах, в результате были получены CS-составляющие. Во втором случае, оставались гармонические составляющие одной частоты с разными знаками коэффициентов, так были получены NS составляющие. CS и NS составляющие ортогональны относительно друг друга.

Одноименные составляющие хронологий связаны между собой сильнее, чем исходные временные ряды. 90% коэффициентов корреляции являются статистически значимыми с доверительной вероятностью 95 %. Между одноименными составляющими хронологий и рядов среднегодовых, средних за сезон и среднемесячных значений чисел Вольфа также обнаружена значимая корреляция. В то время как большинство коэффициентов корреляции исходных рядов не являются статистически значимыми.

Особенный интерес представляет изменение чувствительности дендрохронологий к СА в течение сезона роста, т.е. изменение коэффициентов корреляции между одноименными составляющими хронологий и среднемесячных значений чисел Вольфа. Для дальнейшей работы мы ввели обобщенный показатель, который учитывает изменения отклика обеих составляющих хронологий на СА. Он представляет собой произведение коэффициентов корреляции CS и NS каждого месяца деленное на аналогичное произведение за май. В 16 случаях из 23 этот показатель возрастает к концу сезона роста.

Мы предполагаем, что усиление чувствительности дендрохронологий может быть связано с годовым вращением Земли по орбите. В мае-июне Земля располагается напротив солнечного экватора, где активные области, в которых происходит образование солнечных пятен, обычно не наблюдаются. Следовательно, процессы, которые протекают в этих зонах, должны оказывать меньшее влияние на рост деревьев. Активные области обычно формируются на Солнце выше 4 - 5 градусов в его южном и северном полушариях. В течение вегетационного периода влияние СА на рост деревьев должно усиливаться, так как Земля постепенно передвигается в область влияния солнечного излучения, приходящего с более высоких гелиоширот. Осенью (точнее в сентябре) Земля достигает максимального положения относительно солнечного экватора и находится напротив гелиоширот 7,2 град.

Другие процессы также обнаруживают некоторые сезонные особенности солнечно-земных связей. В частности, о возможном усилении/ослаблении влияния СА на биосферу в связи с особенностями годового движения Земли по орбите писал и академик С.М. Шугрин [4]. В данных наземных измерений интенсивности космических лучей, геомагнитных бурь также обнаружены годовые и полугодовые вариации, связанные с расположением Земли относительно гелиоактивных широт [4, 5].

1. Сидякин В.Г. Космическая экология / В.Г. Сидякин, Н.А. Темурьянц, В.Б. Макеев, Б.М. Владимирский. Киев: Наукова думка, 1985. 176 с.
2. D'Arrigo, R. On the 'Divergence problem' in Northern forests: A review of the tree-ring evidence and possible causes / R. D'Arrigo, R. Wilson, B. Liepert, P. Cherubini // *Global and Planetary Change*. – 2008. – V. 60. – P. 289–305
3. Тартаковский В.А. Синхронный анализ рядов чисел Вольфа и температуры с метеостанций Северного полушария Земли / В.А. Тартаковский // *Оптика атмосферы и океана*. - 2015. - Т. 28. - №2. - С. 182-188.
4. Шугрин С.М. Космическая организованность биосферы и ноосферы / С.М. Шугрин. Новосибирск: Наука. - 1999. - 496 с.
5. Топтыгин, И.Н. Космические лучи в межпланетных магнитных полях / И.Н. Топтыгин - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. - 1983. - 304 с.

АНАЛИЗ СВЯЗИ МЕЖДУ ТЕПЛОВЫМИ ПОТОКАМИ В СУБПОЛЯРНОМ КРУГОВОРОТЕ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА И ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ В СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ ЗА ПЕРИОД 1975 ÷ 2013

Морару Е.И., Логинов С.В., Ипполитов И.И.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, Академический пр., 10/3, janey@sibmail.com

Теплообмен в системе океан-атмосфера-суша формирует аномалии атмосферной циркуляции, существенно влияет на циклоническую активность в атмосфере и определяет экстремальные погодные и климатические условия на континентах.

Целью работы является изучение пространственно-временной изменчивости тепловых потоков в Северной части Тихого океана, а также оценка их связи с температурным режимом в Северной Евразии за период 1975 ÷ 2013 гг.

В качестве районов исследования были выбраны субполярный круговорот Северной части Тихого океана, а также Северо-Восток Сибири (включая часть Восточной Сибири, Чукотку и Камчатку). Такой выбор объясняется близостью расположения районов друг относительно друга и особенностью циркуляции.

Анализ межгодовой изменчивости потоков явного (S) и скрытого (LE) тепла в субполярном круговороте Северной части Тихого океана за период 1975 ÷ 2013 гг. проводился по данным судовых наблюдений ICOADS [<http://icoads.noaa.gov/data.icoads.html>], а также по данным реанализа OAFLUX [<http://oafux.whoi.edu/>]. По данным метеорологических станций Климатического диагностического центра NOAA [<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/gsod/>] проводился анализ межгодовой изменчивости температуры воздуха ($T_{\text{возд}}$) над Северо-Востоком Сибири. Анализовались 2 сезона года: зима (декабрь, январь, февраль) и лето (июнь, июль, август).

Показано, что поток явного тепла S в субполярном круговороте отрицателен в тёплый период года, что связано с отрицательной разностью температур поверхности океана и атмосферы в тёплый период года в северных широтах. Временную изменчивость LE в Тихом океане также можно объяснить изменением разности влажности у поверхности океана и воздуха.

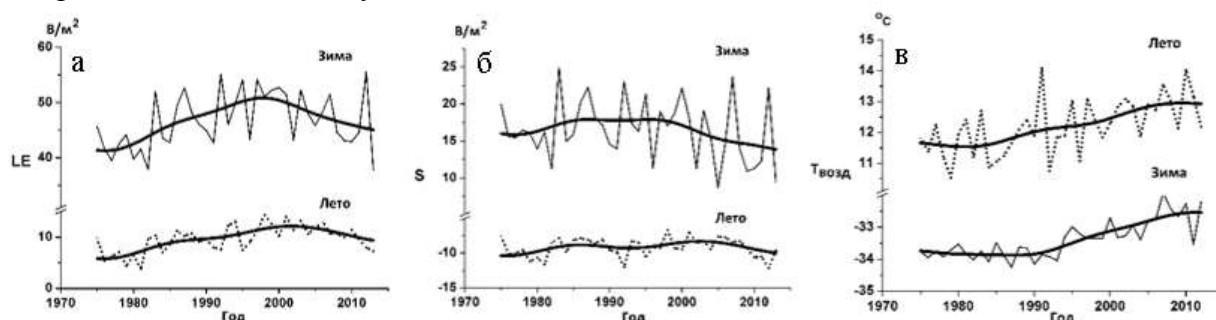


Рис. 1 - Межгодовая изменчивость потоков скрытого (а) и явного (б) тепла в субполярном круговороте Северной части Тихого океана и температуры воздуха (в) над Северо-Востоком Сибири за период 1975 ÷ 2013 гг. Жирная линия - результат сглаживания с помощью прямоугольного окна, шириной 10 лет.

При анализе сглаженных временных рядов (рис. 1) было показано, что для интервала 1975 ÷ 1998 гг. зимой характерен практически линейный рост LE от 42 Вт/м² до 50 Вт/м². Летом данный рост продолжался до 2002 гг. от 6 Вт/м² до 12 Вт/м². На этом фоне

выделяется период 1998 ÷ 2013 гг. зимой (2002 ÷ 2013 гг. летом), в течение которого поток скрытого тепла начал уменьшаться. Временной ход S в целом повторяет изменения LE . Зимой в период 1975 ÷ 1998 гг., и летом до 2004 гг. наблюдался медленный рост потока явного тепла от 15 Вт/м² до 17 Вт/м² зимой и от -10 Вт/м² до -8 Вт/м² летом. Однако затем до 2013 гг. поток S начал уменьшаться.

Также было установлено, что в интервале 1975 ÷ 2006 гг. летом наблюдался практически линейный рост $T_{\text{возд}}$ над Северо-Востоком Сибири от 11,5 °С до 12,5 °С, затем рост температуры воздуха прекратился. Зимой для интервала 1975 ÷ 1990 гг. характерно медленное похолодание, при котором температура воздуха менялась в диапазоне от -33,6 °С до -33,8 °С. Затем в период 1990 ÷ 2008 гг. наблюдался линейный рост $T_{\text{возд}}$ до -32,7 °С. Однако период с 2008 по 2013 гг. характеризуется замедлением потепления в зимние месяцы.

Анализ связей между $T_{\text{возд}}$ над Северо-Востоком Сибири и временными рядами LE и S в субполярном круговороте Северной части Тихого океана (табл. 1) показал невысокие корреляционные связи (-0,36 зимой и 0,32 летом). Кроме того, оценивались величины связей между квазидекадными периодичностями исследуемых величин, которые выделялись с помощью нуль-фазного селективного фильтра. При этом выявлено увеличение корреляционной связи между $T_{\text{возд}}$ и потоками тепла как в зимний (до -0,46), так и в летний период (до -0,39). Опираясь на отрицательные значения коэффициентов можно утверждать о влиянии перемещений воздушных масс с материка на акваторию океана и, следовательно, на тепловые потоки.

Таблица 1. Коэффициент корреляции между $T_{\text{возд}}$ над Северо-Востоком Сибири и SST, LE и S в субполярном круговороте Северной части Тихого океана. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции.

	Исходные временные ряды		Временные ряды с квазидекадной периодичностью	
	Зима	Лето	Зима	Лето
$R_{(Temp, SST)}$	0,12	0,32	0,22	0,21
$R_{(Temp, LE)}$	-0,36	0,19	-0,39	-0,33
$R_{(Temp, S)}$	-0,17	-0,14	-0,46	-0,39

В результате было установлено, что в период 1975 ÷ 2013 гг. среднесезонные тепловые потоки на севере Тихого океана возрастали в конце 20го столетия и уменьшались в начале 21го столетия. Среднесезонная температура воздуха над Северо-Востоком Сибири росла до 2006 г., затем этот рост прекратился. Корреляции исходных временных рядов низкие, однако между колебаниями с квазидекадными периодичностями они значимы и составили -0,46 зимой и -0,39 летом, что можно связать с режимами перемещений воздушных масс между материком и акваторией океана.

МОЩНЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ КАК ФАКТОР ПЕРЕСТРОЙКИ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

*Нагорский П.М.¹, Ипполитов И.И.¹, Кабанов М.В.¹,
Пустовалов К.Н.¹, Смирнов С.В.¹, Яковлева В.С.²*

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, Академический пр., 10/3

²Томский политехнический университет, г. Томск

В проблеме влияния аэрозоля на климатические системы особое значение имеют ситуации ограничения видимости во время лесных и торфяных пожаров, регулярно возникающих в различных регионах земного шара и выбрасывающих в атмосферу большое количество дымового аэрозоля, газовых примесей и паров воды [1, 2].

Регистрация вариаций атмосферно-электрических и метеорологических величин, а также естественной радиоактивности и радиации проводилась в рамках комплексного мониторинга ИМКЭС СО РАН и НИ ТПУ во время лесных пожаров 2012 г. на территории Сибири. Определявшее погоду Западной и Восточной Сибири основное ядро антициклона располагалось на юго-западе Якутии. Одновременно произошла активизация гавайского максимума и распространение его гребня в северо-западном, западном направлениях. В результате возник один длинноволновый высотный гребень, в области которого над Сибирью образовался блокирующий антициклон [3].

Метеорологическая дальность видимости (S_m) в периоды максимального задымления уменьшалась до сотни метров. В результате впервые обнаружен эффект суточных инверсий напряженности электрического поля с колебаниями от 300 и более В/м в дневных условиях до -300 В/м ночью [2]. Причиной образования инверсии является то, что пограничный слой тропосферы становится активным аккумулятором водяного пара из-за форсированного поглощения солнечного излучения смоговым аэрозолем. Выявленные суточные вариации напряженности поля кардинальным образом отличаются от суточных вариаций напряженности поля над океанами и от вариаций поля E в средних широтах летом.

Интенсивное задымление, и связанное с ним уменьшение S_m , приводит к соответствующему падению потока солнечного излучения в видимом и УФ-диапазонах. Падение S_m приводит к согласованному уменьшению уровня α -фона. Для β - и γ -фона зарегистрировано плавное нарастание уровня на интервале интенсивного задымления. Выявлено формирование над территорией Западной Сибири мезомасштабного циклонического вихря при практически полном отсутствии облачного покрова, характерного для циклонов.

В целом полученные результаты свидетельствуют об очень сильном влиянии лесных пожаров на ход электрофизических и метеорологических величин в тропосфере.

Выполнено при поддержке ФЦП № 14.575.21.0105.

1. Ситнов С.А., Мохов И.И. Содержание водяного пара в атмосфере над европейской частью России в период летних пожаров 2010 г. // Изв. РАН Физика атмосферы и океана. 2013. Т. 49. № 4. С. 414–429.
2. Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Нагорский П.М. и др. Суточные вариации напряженности электрического поля в дымах от лесных пожаров // ДАН, 2013. Т. 453. № 2. С. 207–210.
3. Барашкова Н.К., Кужевская И.В., Поляков Д.В. Экстремальный режим погоды летом 2012 г. на территории Томской области как отражение современных глобальных климатических тенденций // Вестник ТГУ. 2013. Т. № 372. С. 173–179.

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОПРЕДЕЛЁННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УВЛАЖНЕНИЯ КАК ИНДИКАТОРА ИЗМЕНЕНИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО КЛИМАТА (ДЛЯ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Немировская Л.Г.

ФГБУ «Сибирский региональный научно-исследовательский
гидрометеорологический институт», г. Новосибирск, ул. Советская, д. 30,
e-mail: nemirov@sibnigmi.ru, morozova@sibnigmi.ru

В исследованиях глобального потепления климата указано на неоднородность его проявлений в междуполушарном, широтно-долготном и региональном масштабах. Ввиду значительной протяженности территории России, разнообразия природных условий, экономического развития, целесообразно изучение указанных проявлений на примере конкретных регионов. Выполняющаяся в СибНИГМИ с 2011 г. оценка указанных проявлений [1], основана (напомним) на таких концептуальных положениях: 1) условия увлажнения – важнейший показатель и индикатор как глобального так и регионального климата; 2) выбор в качестве параметра увлажнения редко используемого показателя – непрерывных периодов наличия и отсутствия осадков как весьма информативного в плане предпосылок к неблагоприятным гидрометусловиям, 3) применение нескольких критериев явления – а) близких к «стандартам» климсправочника (так наз. «обобщённый», нижний предел осадков – 0,1 мм, б) рекомендованных МГЭИК. Исследования выполнены по данным 4-х областей ЗСУГМС, с 2014 г. выполняется под названием «Специализированные базы климатических данных для исследования изменений климата ... и оценки режима увлажнения для юго-востока Западной Сибири» по дополненным (по 2013-2014 г.г.) климатическим рядам и макетам для периодов разных значений длительности, в том числе и экстремальных. Создание банков данных имеет значение: а) самостоятельное – для обеспечения полноты информации о региональных проявлениях климатической системы и для исследований, б) прикладное – для информации пользователей [1].

Основные аспекты исследования: а) вероятностно-статистическая оценка возможного наличия изучаемых периодов (для уточнения обеспечения региона влагоресурсами), б) изучения региональных особенностей изменчивости климата. В рамках первого направления на основе рассчитанных статистических параметров и показателей пространственно-временной изменчивости создан «Атлас карт повторяемости, изучаемых периодов ... и графиков её изменчивости по месяцам», выявляющий территориальные особенности распределения повторяемости периодов в природных зонах региона – от таёжной до горной, в разные сезоны изучаемой тёплой части года, вклад периодов разной длительности в общую повторяемость бездождий и дождливых периодов и дополняющий известные закономерности режима увлажнения региона данными о вероятностно-климатологической оценке возможного наличия изучаемых периодов, что имеет прикладное значение.

Рассмотрены тенденции межгодовых изменений характеристик периодов для изучения региональных особенностей изменения климата, по нескольким индикаторным параметрам, суммарным за каждый год – по станциям и осреднённо по частям территории региона, за весь период наблюдений и за последнее тридцатилетие, для периодов (в первую очередь, определённых по «обобщённому» критерию). В целом по региону и по административным его частям тенденции межгодовой изменчивости суммарного числа дней (в тёплой части года) характеризуются: в бездождных периодах положительным трендом, в дождливых – отрицательным (для периодов ≥ 2 дня) (рис.1). Для периодов более существенных градаций длительности степень выраженности знака тенденций может иметь особенности в разных частях региона. Для оценки

экстремальности климатических процессов рассчитаны, по специально разработанным алгоритмам и каталогам, характеристики одновременного охвата территории изучаемыми периодами в процентах, создан соответствующий каталог, имеющий значение для исследования условий формирования изучаемых периодов и др. Анализ тенденций их межгодовой изменчивости иллюстрирует положительный тренд числа периодов бездождий, и отрицательный – дождливых, охватывающих одновременно значительную площадь территории (рис. 2).

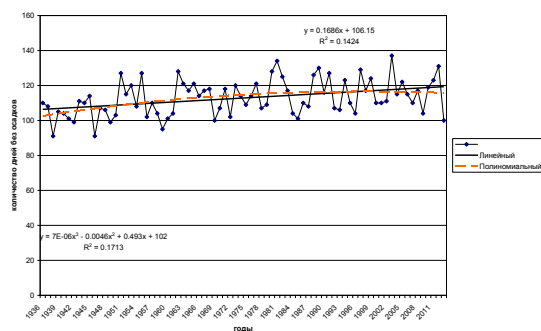


Рис. 1 Межгодовая изменчивость суммарного числа дней в году в периодах отсутствия осадков (продолжительностью ≥ 2 дня) осреднённых для территории ЗСУГМС (1936-2013 г.г.)

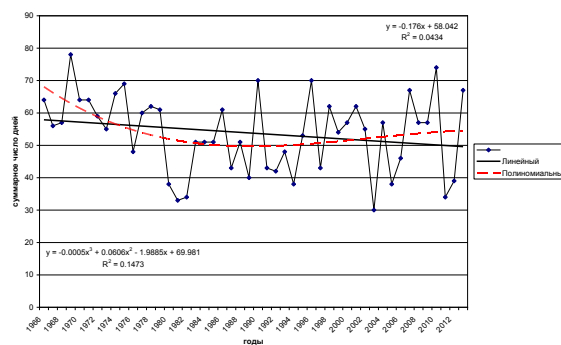


Рис. 2 Межгодовая изменчивость суммарного числа в периодах наличия осадков всех градаций длительности с охватом территории $\geq 75\%$ для Томской области

При применении индексов экстремальности, рекомендованных МГЭИК – (индекса CDD – максимальная за год продолжительность «сухих» периодов при нижнем пределе осадков – 1 мм) и индекса интенсивных осадков R10 – число дней в каждом году с осадками не менее 10 мм) по созданным их банкам данных рассчитаны показатели пространственно-временной изменчивости разного масштаба осреднения, выявляющие очаги локализации недостаточного и экстремально избыточного увлажнения, уточняющие известные закономерности значениями указанных индексов в разных зонах региона. Тенденции их межгодовой изменчивости иллюстрируют: для индекса CDD, в основном нулевой и слабо отрицательный тренд в целом по региону и его частям (в сравнении с периодами, определёнными по «обобщённому» критерию). Межгодовая изменчивость индекса R10 для юго-востока Западной Сибири характеризуется слабовыраженным положительным трендом.

Таким образом, анализ тенденций изменчивости определённых характеристик увлажнения уточняет региональные особенности проявлений изменения климата. Расчеты особенностей пространственно-временной изменчивости изучаемых характеристик уточняют оценку обеспеченности водными ресурсами, то есть важны для улучшения гидрометеобеспечения экономики.

1. Немировская Л.Г. Мониторинг изменчивости определённых параметров увлажнения (непрерывные периоды наличия и отсутствия осадков и др.) как показателей и индикаторы для оценки особенностей регионального климата юго-востока Западной Сибири // Ежемесячный научный журнал «Научные перспективы нового столетия». № 3/ 2014, часть 7, с.13-17.

МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ЗАБАЙКАЛЬЕ

Обязов В.А.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН
672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16а, obviaf@mail.ru

Межгодовые изменения осредненных по территории Забайкалья годовых сумм атмосферных осадков в 1951-2010 гг. не имеют значимых однонаправленных тенденций. В их многолетнем ходе хорошо прослеживается чередование периодов повышенного или пониженного их количества, что определяет знак и величину тенденций. В зависимости от того, какие по увлажненности годы преобладают в конце ряда, тренд периодически может менять свой знак. Ранее автором был сделан вывод о значимом увеличении атмосферных осадков в Юго-Восточном Забайкалье [3, 4], что было справедливо до 1990-х гг. Аналогичный вывод содержится также в работе [1]. Однако последовавший затем период пониженной увлажненности привел к смене знака тренда.

В разных районах Забайкалья тенденции многолетних изменений годовых сумм атмосферных осадков имеют свои особенности, отличаясь как по величине, так и по знаку. В южных и юго-восточных районах количество осадков уменьшилось. В северо-восточных районах оно, наоборот, возросло. Некоторое увеличение осадков отмечается на юго-западе региона, однако в районах, прилегающих к Байкалу, тренды имеют как слабо положительные, так и слабо отрицательные величины. На большей части Забайкалья тренды статистически недостоверны. Достоверность подтверждается у отрицательных трендов в рядах всего четырех пунктов наблюдений, находящихся на юге и юго-востоке региона. Достоверный положительный тренд обнаружен в ряду всего одной станции, расположенной в северных районах.

Межгодовые изменения осадков имеют слабую пространственную согласованность. В связи с этим для дальнейшего анализа их многолетних колебаний исследуемый регион разделен на четыре района: юго-восточный, юго-западный, северо-восточный, северо-западный. Районирование осуществлялось с помощью корреляционного анализа по методике, изложенной в работе [5].

Между рядами осредненных по районам годовых сумм осадков корреляция имеет хотя и малые по величине, но статистически значимые коэффициенты. Наиболее согласованы изменения осадков юго-востока с их изменениями на юго-западе и северо-востоке. Наименьшая их согласованность отмечается между северо-западом и северо-востоком.

Многолетним изменениям годовых сумм атмосферных осадков присущ циклический характер. На территории Юго-Восточного Забайкалья наиболее четко выражена внутривековая цикличность, наличие которой было отмечено автором ранее в работе [2]. Спектральный анализ показал наличие в колебаниях годовых сумм осадков в юго-восточном районе внутривековых ритмов продолжительностью около 30 лет, имеющих 95%-ную доверительную вероятность. Результаты вейвлет-анализа также указывают на присутствие квазитридцатилетних колебаний атмосферных осадков в этом районе.

В юго-западном районе, как с помощью спектрального анализа, так и вейвлет-анализа выявляется квазитридцатилетний ритм. Спектральная плотность на этой частоте выходит за пределы 90%-ного доверительного интервала. Этот ритм выявляются и при вейвлет-анализе. Причем фазы квазитридцатилетних циклов приходятся приблизительно на одни и те же временные интервалы, что и в юго-восточном районе, но со смещением на более поздние годы.

Квазитридцатилетние колебания также присутствуют в северо-восточном районе, но их амплитуда и вклад в общую дисперсию существенно меньше, чем в юго-восточном и юго-западном районах. Спектральная плотность на этой частоте не выходит за пределы

90%-ного доверительного интервала. В северо-западном районе квазитридцатилетние циклы не проявились совсем. В этих двух районах статистически значимыми являются соответственно 6-7-летние и 4-5-летние ритмы

Оценка вклада различных составляющих в многолетние изменения годовых сумм атмосферных осадков показала, что основной вклад в дисперсию ряда вносит цикличность, а доля дисперсии, объясняемая линейным трендом, значительно меньше (рис.).

Таким образом, основной вклад в межгодовую изменчивость годовых сумм атмосферных осадков вносит цикличность. Наибольшую значимость на большей части территории Забайкалья имеют ритмы, продолжительностью около 30 лет. Тренды, как правило, статистически недостоверны и характеризуются как временной, так и пространственной неустойчивостью.

Работа выполнена по материалам, полученным в рамках партнерского интеграционного проекта СО РАН – ДВО РАН – УрРАН № 23

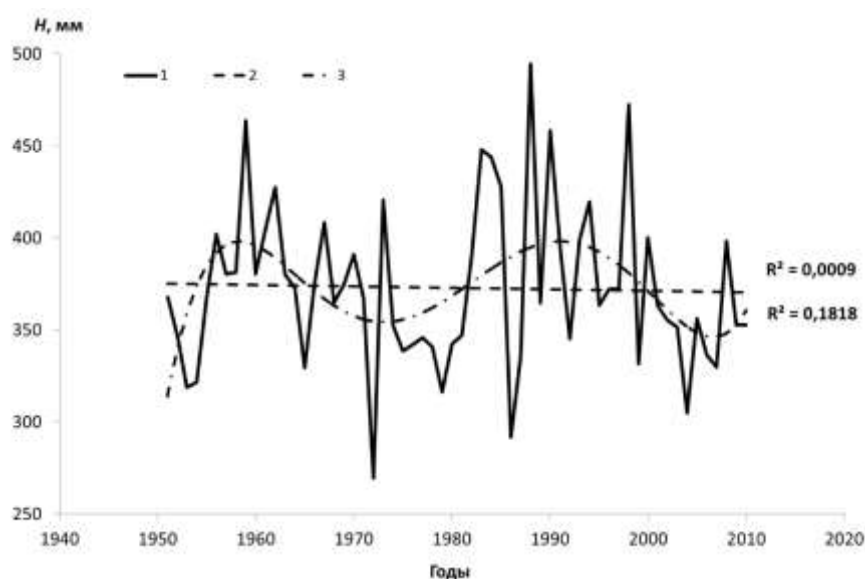


Рисунок. Многолетние изменения годовых сумм атмосферных осадков, осредненных по территории Забайкалья

1 – исходный ряд; 2 – линейный тренд; 3 – полиномиальный тренд 5-го порядка

1. Баженова О.И., Мартыанова Г.Н. Реакция степных морфодинамических систем на современные изменения климата // География и природные ресурсы. 2000. № 4. С. 23-32.
2. Обязов В.А. Пространственно-временная изменчивость атмосферных осадков в Юго-Восточном Забайкалье // Известия РГО. 1996. Вып. 2. С. 73–80.
3. Обязов В.А. Вековые тенденции изменений климата на юго-востоке Забайкалья и в сопредельных районах Китая и Монголии // Метеорология и гидрология. 1999. № 10. С. 33–40.
4. Обязов В.А. Изменение увлажненности бассейна верхнего Амура в XX веке // Доклады Академии наук. 1999. Т. 366. № 4. С. 547–548.
5. Шерстюков Б.Г., Салугашвили Р.С. Районы однотипных колебаний климата на территории России // Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Вып. 176. 2012. С. 40–52.

ВЛИЯНИЕ МАКРОЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПЕРЕНОС МОРСКОГО АЭРОЗОЛЯ ВО ВНУТРЕННИЕ РАЙОНЫ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ

Осипова О.П.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
г. Иркутск, Улан-Баторская 1, oliosip@yandex.ru

Циркуляция атмосферы в Антарктике тесно связана с общей планетарной атмосферной циркуляцией и является частью циркуляции южного полушария. Характерные черты циркуляции атмосферы в Антарктике в конце XX и начале XXI веков достаточно подробно рассмотрены в работе [4]. Антарктическая циркуляция состоит из трех основных тесно взаимосвязанных барических и циркуляционных систем: субтропического пояса высокого давления, кольца низкого давления вокруг Антарктического материка и системы циркуляции над ледниковым покровом Антарктиды [1]. Почти все барические образования эволюционируют здесь над океанской поверхностью. В течение круглого года в Антарктиде происходит активный межширотный обмен воздуха, захватывающий и центральные районы материка. Одним из показателей интенсивности атмосферной циркуляции во внутриконтинентальных районах Антарктиды является интенсивность переноса аэрозолей морского происхождения. Наиболее надежными маркерами поступления морского аэрозоля является содержание морских ионов – натрия и хлора – в антарктическом снеге [6]. Считается, что основным источником морских ионов является открытая акватория океана.

Концентрация ионов натрия в антарктическом снеге исследовалась по профилю Прогресс-Восток в ходе проведения 53-й Российской Антарктической экспедиции в 2008 г. в неглубоких шурфах и скважинах [2]. В результате были получены профили концентрации натрия на разном удалении от побережья. Наибольшие концентрации натрия наблюдаются в прибрежной зоне (до 200 мкг/дм³), наименьшие – в центральных частях Восточной Антарктиды (до 25 мкг/дм³). В данной работе была сделана попытка определить связь между содержанием морского иона (Na⁺) в снеге Восточной Антарктиды на максимальном удалении от станции Прогресс (1276 км) – т.е. в районе станции Восток [2] и атмосферной циркуляцией за последние 30 лет. Станция Восток расположена в центральной части Восточной Антарктиды в точке с координатами 78° 27' ю.ш. и 106° 52' в.д., на высоте 3490 м над уровнем моря. Средняя годовая температура здесь равна –55°С, скорость аккумуляции составляет около 2,2 г/см² [5]. На станции Восток с 60-х годов проводятся советскими, а ныне российскими антарктическими экспедициями бурения глубоких скважин с отбором керна для получения долговременных данных. По данным [2] выраженный пик неморского сульфата на глубине около 120-140 см (на 1276 км) соответствует извержению низкоширотного вулкана Пинатубо (1991 г.) и может служить возрастным маркером снежного разреза. С использованием данных по современной скорости аккумуляции снега [5] было проведено условное датирование снежного разреза. При анализе атмосферной циркуляции была использована типизация макроциркуляционных процессов, предложенная Б.Л. Дзердзеевским [3].

Исследовав распределение концентрации натрия в снежном покрове, были выявлены периоды увеличения и уменьшения ионов натрия. Максимальные концентрации натрия наблюдались в 1977-1980, 1988-1998, 2004-2005 годах, а минимальные за 1981-1987, 1999-2003, 2006-2008 годы. С целью выявления макропроцессов, способствующих увеличению или уменьшению переноса ионов натрия в район станции Восток, проанализирована суммарная годовая продолжительность всех групп циркуляции по Б.Л. Дзердзеевскому [3] применительно к восточно-антарктическому сектору Южного полушария в годы с максимальным и минимальным содержанием натрия в снеге.

Анализ суммарной годовой продолжительности каждого элементарного циркуляционного механизма (ЭЦМ) в годы с максимальным и минимальным содержанием ионов натрия в снеге позволил выявить ЭЦМ, в наибольшей степени влияющие на перенос морских аэрозолей в центральные районы Антарктиды.

Наиболее часто встречается ЭЦМ 12а – 4 блокирующих процесса, над Тихим и Атлантическим океанами и над Южной Америкой и Восточной Антарктидой, сопровождающиеся выходом циклонов из низких широт в высокие также в четырёх секторах. Этот ЭЦМ может наблюдаться весь год и преобладает в переходные сезоны. Наибольшая турбулентность над всеми внетропическими широтами Южного полушария обеспечивает максимальное поступление морских ионов. Следующим по значимости является ЭЦМ 9а с двумя блокирующими процессами над Тихим и Атлантическим океанами. ЭЦМ 9а встречается с марта по октябрь. При этих процессах также происходит выход циклонов из низких широт в высокие: вдоль западных берегов Южной Америки и Австралии, что, вероятно, и способствует насыщению воздуха морскими ионами. В наибольшей степени увеличению морского иона (Na^+) в снеге Восточной Антарктиды способствует меридиональная группа циркуляции. Это макропроцессы с формированием мощных антарктических антициклонов и соединением их полосами повышенного давления, проходящими через восточно-антарктический сектор, с океаническими антициклонами (группы IV и VI). Значительный вклад вносит также группа II, при которой блокирующий процесс в рассматриваемом секторе сопровождается выходом циклонов из низких в высокие широты. Уменьшение потока ионов натрия происходит при широтной циркуляции над исследуемым сектором. При двух таких группах (III и V), хотя и отмечается увеличение продолжительности в годы с повышенным содержанием натрия, но оно соизмеримо с продолжительностью группы в одном году, а различия в сумме лет с повышенным и пониженным содержанием натрия как раз и равны одному году, поэтому эти различия признаны несущественными. Возможно, что уменьшение содержания натрия в снеге связано и с ослаблением циклонической деятельности по мере удаления от основного источника – океана.

1. Аверьянов В.Г. Гляциоклиматология Антарктиды // Л.: Гидрометеиздат. 1990. 198 с.
2. Голобокова Л.П., Ходжер Т.В., Шибает Ю.А., Липенков В.Я., Petit J.-R. Изменение химического состава приповерхностного снега в Восточной Антарктиде по мере удаления от побережья // Лёд и снег, 2012, №4, с. 129-137.
3. Дзердзеевский Б.Л. Избранные труды. Общая циркуляция атмосферы и климат. Москва, "Наука", 1975, 288 с.
4. Кононова Н.К., О.В. Луценко, М.Е. Макарова, И.А. Орлов. Циркуляция атмосферы в Антарктике в конце XX - начале XXI веков // Материалы гляциологических исследований, 103, 2007, с. 142-147.
5. Ekaykin, A.A., Lipenkov, V.Ya., Kuzmina, I.N., Petit, J.R., Masson-Delmotte, V., and Johnsen, S.J.: The changes in isotope composition and accumulation of snow at Vostok station, East Antarctica, over the past 200 years, *Ann. Glaciol.*, 39, 569-575, 2004.
6. Legrand, M. R., Lorius, C., Barkov, N. I., and Petrov, V. N.: Vostok (Antarctica) ice core: Atmospheric chemistry changes over the last climatic cycle (160,000 years), *Atmospheric Environment*, 22, 317-331, 1988.

СВЯЗЬ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИКЛОНОВ И АНТИЦИКЛОНОВ С ИЗМЕНЕНИЯМИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД НАД СИБИРЬЮ

Поднебесных Н.В., Ипполитов И.И.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия,
Томск, пр. Академический, 10/3, e-mail: podnebesnykhnv@inbox.ru

Основные погодно-климатические черты территории в зимний период определяются влиянием Азиатского антициклона, развитием циклонической деятельности на арктическом фронте, разнообразием воздушных масс в связи с открытостью территории с юга и с севера и интенсивностью процессов цикло- и антициклогенеза.

В работе исследуется связь характеристик циклонов и антициклонов с изменениями температуры в зимний период (декабрь, январь, февраль) на территории Сибири (50-70°с.ш. и 60-110°в.д.) для климатически значимого временного интервала 1976-2011 гг.. В качестве исходной базы данных использовались срочные синоптические карты АТ₁₀₀₀ (00, 06, 12, 18 сгв) с последующей ручной обработкой (мануальным трекингом). Для вычисления полей температуры использовались ежесуточные данные наблюдений на 169 станциях, расположенных в выбранном районе (центр распределения данных NOAA, <ftp://ftp.cdc.noaa>) за 1976-2011 гг.

Число циклонов, выявленных в зимний период на исследуемой территории за 1976-2011 гг. составило 416 (24% от общего числа циклонов), а число антициклонов 300 (21% от общего числа антициклонов) соответственно. В зимний период числа циклонов превышает число антициклонов в 1,4 раза.

Оценки трендов изменчивости числа циклонов и антициклонов в зимний период не показала наличия статистически значимых изменений. Тенденции отрицательные как для циклонов (-0,02 циклона/год), так и для антициклонов (-0,001 антициклона/год), однако они статистически незначимы.

Наибольшее число циклонов в зимний период пришло на территорию Сибири с северо-запада (138 из 416), наименьшее число с юга (21 из 416). Наибольшее число антициклонов в зимний период пришло с юго-востока (120 из 300), наименьшее число с северо-запада (19 из 300).

Среднее давление в центрах циклонов в зимний период над исследуемой территорией составляет 997,9 гПа, а в центрах антициклонов 1043,0 гПа.

Оценка трендов изменчивости давления в центрах барических образований в зимний период не выявила статистически значимых изменений. Тенденции положительные как для циклонов (0,02 циклона/год), так и для антициклонов (0,03 антициклона/год), однако они статистически незначимы.

За исследуемый период наиболее глубокими в зимний период были северо-западные циклоны со средним давлением в центре 989,2 гПа, а наименее глубокими – местные циклоны со средним давлением в центре 1019,6 гПа. Из анализа антициклонов было получено, что над Сибирью в зимний период наиболее высокими были юго-западные антициклоны со средним давлением в центрах 1046,7 гПа, а наименее высокими – северные циклоны со средним давлением в центрах 1035,5 гПа.

Характеристики циклонов и антициклонов мы сопоставили с изменчивостью среднегодовой температуры приземного воздуха. В [1] установлено, что тренды потепления и похолодания в Северном полушарии связаны с ростом и уменьшением количества как циклонов, так и антициклонов.

Для исследуемой территории были определены корреляции между числом зимних циклонов и антициклонов (n_c , n_a), давлением в их центрах в зимний период (P_c , P_a) и температурой (T) в зимний период. Из расчётов было получено, что существует положительная корреляция между числом среднеширотных циклонов и антициклонов и

температурой (0,29 для циклонов и 0,13 для антициклонов), связь является значимой для циклонов.

Для связи между давлением в центрах циклонов и температурой выявлена отрицательная значимая корреляция (-0,60), т.е. с ростом температуры давление в центрах циклонов понижается и они становятся более глубокими. Подобный знак корреляции между температурой и интенсивностью циклонов для среднеширотной Евразии выявлен и в [2]. Корреляция между давлением в центрах антициклонов и температурой является незначимой и положительной (0,01) на всём временном интервале.

Таким образом, анализ показал, что в зимний период наиболее активными являлись северо-западные циклоны, смещающиеся из районов Кольского п-ова, севера европейской территории России и Северного Урала в направлении Омска, их число максимально, а среднее давление в центре минимально. Наиболее часто повторяющимися в зимний период являлись юго-восточные антициклоны с центром над Тувой, Алтаем, Монголией, смещающиеся с юго-востока на северо-запад России (Сибирский (Азиатский) антициклон), а наиболее высокими являются юго-западные антициклоны образующиеся в районе Черного и Каспийского морей и перемещающиеся с юго-запада на северо-восток.

Связь между давлением в центрах циклонов и температурой показала, что с ростом температуры давление в центрах циклонов понижается и они становятся более глубокими.

1. Agee E.M. Trends in cyclone and anticyclone frequency and comparison with periods of warming and cooling over Northern Hemisphere // J. Climate, 1991, v.4, №2, pp.263-267.
2. McCabe G.J., Clark M.P., Serreze M.C. Trends in Northern Hemisphere surface cyclone frequency and intensity // J. Climate, 2001, v.14, №6, pp.2763-2768.

СУТОЧНЫЙ ХОД МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЗЕМНОГО АЭРОЗОЛЯ В ДВУХТОЧЕЧНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ В 2014 ГОДУ

Полькин В.В.¹, Сакерин С.М.¹, Поддубный В.А.², Маркелов Ю.И.²,
Лужецкая А.П.², Дубинкина Е.С.²

¹ Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1;
victor@iao.ru, sms@iao.ru

² Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской,
20а, vassily.poddubny@gmail.com

Для оценки антропогенного влияния города на физико-химический состав атмосферы летом 2014 г. (с 7 июля по 8 августа) проведён комплексный эксперимент на Среднем Урале. Измерения оптических, микрофизических характеристик и химического состава аэрозоля выполнялись параллельно в двух пунктах: в г. Екатеринбурге (на крыше ИПЭ УрО РАН) и в фоновом районе – на территории Коуровской астрономической обсерватории (КАО), расположенной в ~65 км северо-западнее города [1]. В работе приводятся результаты микрофизических исследований.

В эксперименте использовались два комплекта однотипных приборов: фотоэлектрические счетчики частиц АЗ-10 [2], аэталометры МДА-02 [3]. По результатам измерений этих приборов определялись: счетная N_A и массовая M_A концентрация частиц с диаметрами $0,3 \div 5$ мкм, массовая концентрация в субмикронном аэрозоле поглощающего вещества («сажи») M_{BC} . Дополнительно рассматривались концентрации субмикронного N_f ($r = 0,15 \div 0,5$ мкм) и грубодисперсного N_c ($r > 0,5$ мкм) аэрозоля.

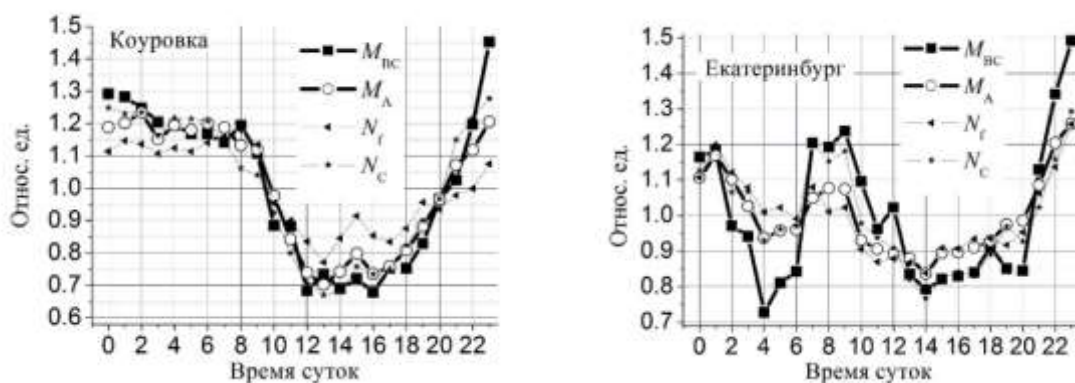


Рисунок 1. Нормированный средний суточный ход параметров N_f , N_c , M_A и M_{BC} в фоновом районе (Коуровка) и Екатеринбурге

В относительной (рис.1) суточной изменчивости параметров аэрозоля (с нормировкой на их среднесуточные значения) в двух районах общим и типичным для континентальных условий являются низкие дневные значения концентраций под влиянием турбулентного выноса аэрозоля с поверхности и повышенные значения в ночное время – за счет оседания аэрозоля и высокой относительной влажности воздуха. Отличительной особенностью суточного хода параметров аэрозоля в Екатеринбурге является минимум концентраций в середине ночи (~4 час) наиболее выраженный в содержании «сажи» и крупных частиц. В фоновом районе ночной минимум отсутствует – все параметры аэрозоля сохраняются на одном уровне.

Похожая картина наблюдается и в суточном ходе абсолютных значений параметров аэрозоля N_f , N_c , M_A и M_{BC} (рис. 2).

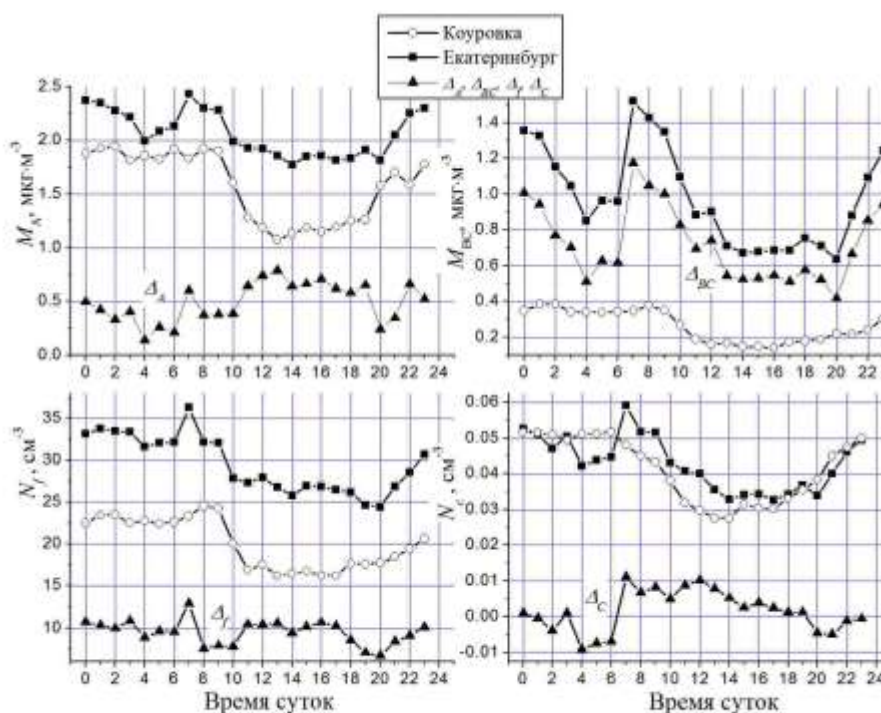


Рисунок 2. Средний суточный ход абсолютных значений параметров аэрозоля в двух районах и антропогенных составляющих Δ_A , Δ_{BC} , Δ_f , Δ_c .

В городе, самые большие концентрации аэрозоля и «сажи» наблюдаются в 7 час и в полночь. Однако, наряду с дневным минимумом концентраций, хорошо проявляется локальный минимум около 4 час. В фоновом районе суточная изменчивость содержания «сажи» существенно меньше и более простая: низкий уровень дневных значений M_{BC} ($\sim 0,2 \text{ мкг/м}^3$) меняется на более высокий ($\sim 0,36 \text{ мкг/м}^3$) – в ночное время.

Амплитуда среднего суточного хода антропогенной составляющей «сажи» $\Delta_{BC} = M_{BC}(\text{город}) - M_{BC}(\text{фон})$ самая большая – максимальные значения $\Delta_{BC} > 1,0 \text{ мкг}\cdot\text{м}^{-3}$ наблюдаются в начале утра и ночи (рис.2). Но в любое время $\Delta_{BC} > M_{BC}(\text{фон}) > 0$, то есть, дополнительное содержание *городской* «сажи» существенно больше её фоновых значений.

Поведение Δ_f свидетельствует о том, что *городская* добавка мелкодисперсного аэрозоля составляет заметную величину – около 10 см^{-1} (50%) относительно фоновых значений и практически не меняется в течение суток (небольшие отклонения не превышают 25%). Существенно меньше различается содержание грубодисперсного аэрозоля в двух районах: $\pm 0,01 \text{ мкг}\cdot\text{м}^{-3}$ при среднем значении около $0,04 \text{ мкг}\cdot\text{м}^{-3}$. С 4 до 6 час наблюдаются отрицательные значения Δ_c и в дневной период – положительные значения. Двухполярный характер суточного хода Δ_c можно объяснить включением (выключением) дополнительного источника грубодисперсного аэрозоля в городской зоне в сочетании с немного меньшим средним значением N_c в фоновом районе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Партнерского интеграционного проекта СО РАН №25, проекта фундаментальных исследований ИПЭ УрО РАН №15-ИПЭ-03 и проекта фундаментальных и поисковых научных исследований, выполняемых в рамках соглашения о сотрудничестве УрФУ и УрО РАН "Моделирование процессов переноса атмосферного аэрозоля".

1. Лужецкая А.П., Поддубный В.А., Маркелов Ю.И., Дубинкина Е.С., Полькин В.В., Сакерин С.М., Кабанов Д.М. Предварительные результаты двухточечных «город-фон» измерений оптических и микрофизических параметров аэрозоля на Среднем Урале

- летом 2014 г.. XXI Рабочая группа «Аэрозоли Сибири». Тезисы докладов. Томск: Изд-е ИОА СО РАН, 2014.С. 98
2. Счетчик аэрозольных частиц АЗ-10. Руководство по эксплуатации. ЭКИТ 7.830.000 РЭ. Москва. 2010. 13 с.
3. Козлов В.С., Шмаргунов В.П., Полькин В.В. Спектрофотометры для исследования характеристик поглощения света аэрозольными частицами // Приборы и техника эксперимента. 2008. №5. 155-157.

ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА КАК ФАКТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Селегей Т.С., Филоненко Н.Н., Ленковская Т.Н.

ФГБУ «Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт» (ФГБУ «СибНИГМИ»)

630099, г. Новосибирск, ул. Советская, 30; e-mail: selegey@sibnigmi.ru

Для выявления зависимости концентраций загрязняющих веществ от температуры воздуха в условиях Западной Сибири были найдены парные коэффициенты корреляции между среднегодовыми значениями температуры воздуха и среднегодовыми значениями концентраций загрязняющих веществ. Было выбрано 8 ингредиентов: взвешенные вещества (ВВ), сернистый ангидрид (SO_2), оксид углерода (CO), диоксид азота (NO_2), оксид азота (NO), сажа, формальдегид (CH_2O) и бензапирен (б/п), наблюдения за которыми осуществлялись в 18 городах региона. Для исключения влияния эмиссий на тесноту связей между концентрациями загрязняющих веществ и температурой воздуха был выбран 5-летний период наблюдений с 2006 по 2010 гг, когда произошла некоторая стабилизация выбросов в атмосферу после резкого спада в предыдущие года (кроме Новокузнецка, где продолжалось падение эмиссий).

Как видно из табл.1, зависимость между среднегодовыми температурами воздуха и среднегодовыми концентрациями примесей для большинства городов Западной Сибири просматривается на достаточно хорошем уровне, подтверждая, в основном, прямую или обратную связь между этими величинами. Отсутствие значимых связей с коэффициентами корреляции $r < 0,5$ в тех или иных городах региона по отдельным примесям объясняется наложением многочисленных локальных особенностей формирования загрязнения АВ, к числу которых относятся малочисленность пунктов наблюдений, недостоверность информации, влияние адвективных факторов и т.д.

Если анализировать зависимость отдельных примесей от температуры воздуха, то наилучшая картина по результатам охвата городов со значимыми связями ($r \geq 0,5$) получилась для диоксида азота (72%), сажи и бензапирена (64%), формальдегида (62%), взвешенных веществ (58%) и оксида углерода (56%). Для сернистого ангидрида и окислов азота количество городов, фиксирующих зависимости этих ингредиентов от температуры воздуха, оказалось незначительным.

Тем не менее, даже по этим результатам можно проанализировать поведение отдельных примесей в зависимости от температуры воздуха. Для таких веществ как диоксид азота, оксид азота, оксид углерода, сернистый ангидрид и бензапирен с увеличением температуры воздуха происходит, как правило, уменьшение среднегодовых концентраций. Эти вещества нами были условно объединены в один класс. Все они относятся к классу основных примесей, выбрасываемых в атмосферу в большом количестве от продуктов сгорания любого вида топлива. Для этих веществ максимальные концентрации наблюдаются зимой и связаны с отопительным периодом и периодом наибольшей повторяемости неблагоприятных условий для их рассеивания. В этот перечень попал и бензапирен, который в большом количестве поступает в атмосферу от сгорания топлива. При поступлении эмиссии бензапирена от других видов источников (от производства алюминиевой промышленности и пр.) картина его зависимости от температуры воздуха не искажается, т.к. летом под влиянием высокой температуры воздуха и интенсивной солнечной радиации он разлагается и его концентрации становятся минимальными.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между среднегодовой температурой воздуха и среднегодовыми концентрациями примесей, 2006-2010 гг.

Город	1 класс					2 класс		3 класс
	NO ₂	CO	SO ₂	NO	б/п	ВВ	сажа	CH ₂ O
Кемерово				-0,91	-0,93	-0,97	-0,61	0,73
Новокузнецк	-0,69			-0,92		0,76		0,87
Искитим		-0,71	-0,69		-0,64		-0,75	
Томск					0,64			0,68
Новосибирск О	0,57	-0,72	-0,73		-0,89		0,79	
Новосибирск У	0,59	-0,70	-0,76		-0,90		0,80	0,51
Заринск	-0,76	-0,76	-0,90			-0,78		
Барнаул						0,63		
Бийск	-0,64	-0,97	-0,75			-0,66	-0,85	
Прокопьевск	-0,70		-0,77			0,78		
Ханты-Мансийск	-0,54	-0,99		-0,71		0,69	0,71	0,92
Нефтеюганск	-0,76	-0,58		-0,74		0,56	0,77	-0,88
Нижневартовск	-0,75			-0,76		0,63		
Тобольск	-0,61	0,62						
Тюмень					0,77			0,98
Омск	-0,81	0,91	-0,54			0,81		-0,91
Салехард					-0,52			
Берёзово	-0,51	0,94		-0,96		0,58	0,64	0,66
Радужный	-0,57			-0,99			0,73	-0,59

Условные обозначения: ■ –наблюдения не проводились; пустые графы –коэффициенты корреляции <0,5.

Взвешенные вещества и связанная с ним сажа отнесены ко 2-му классу примесей. По полученным данным для большинства городов Западной Сибири концентрации этих веществ увеличиваются с увеличением температуры воздуха, однако в этом процессе есть ряд особенностей, на которых хотелось бы остановиться. В принципе, взвешенные вещества по своему поведению в зависимости от температуры воздуха должны были относиться к 1 классу и иметь обратную зависимость от температуры воздуха, что и показали несколько городов (Кемерово, Заринск, Бийск). Очевидно, в этих городах отопительный сезон основан на сжигании каменного угля со значительными выбросами золы, которые и дают максимальные концентрации зимой и минимальные летом. Однако в большинстве городов региона доля каменного угля в теплоэнергетическом комплексе замещается газом, при сжигании которого эмиссия золы отсутствует. В этих случаях при формировании концентраций взвешенных веществ и сажи на первое место выступает придорожная пыль, которая при сходе снежного покрова и оголении земли с повышением температуры воздуха поднимается вверх за счет увеличения конвективных вертикальных токов. Благодаря этому максимальные концентрации для взвешенных веществ и сажи наблюдаются как летом (при использовании угля) так весной и осенью (при использовании газа).

Формальдегид и другие подобные примеси (озон, фенол, аммиак и др.) отнесены к 3 классу. Эти вещества относятся к малым и вторичным примесям. Их эмиссии в атмосферу, как правило, невелики, но именно эти примеси имеют высокую токсичность и могут превышать предельные концентрации в несколько раз. Для этих веществ с

увеличением температуры воздуха происходит увеличение концентраций. Их максимальные значения наблюдаются летом, минимальные – зимой.

Таким образом, в условиях Западной Сибири можно условно выделить 3-и класса примесей по их зависимости от температуры воздуха: 1 класс –основные газы от сжигания топлива и бензапирен, 2 класс –твердые частицы, 3 класс –специфические и вторичные примеси.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ НА МЕТЕОСТАНЦИИ ТУНКА

Северюгина М.В.¹, Воронай Н.Н.^{2,3}

¹ Томский государственный университет, г. Томск, пр. Ленина, д. 36

² Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г.Томск, Академический пр.,10/3

³ Институт географии им.В.Б.Сочавы СО РАН,
664033, г.Иркутск, ул.Улан-Баторская, 1

e-mail: masha_sev@sibmail.com, voropay_nn@mail.ru

Изучение температурного режима почв является актуальной задачей, поскольку наибольшие скорости современного потепления приходятся на северные районы, где происходит таяние многолетней мерзлоты, которая в свою очередь влияет не только на локальный климат, но и на глобальный.

В качестве исходного материала использованы среднесуточные данные наблюдений за температурой почвы по глубинам 20, 40, 80, 120, 240, 320 см в течение периода с 1961 по 2011 года на метеорологической станции Тунка, расположенной в Тункинской котловине (Республика Бурятия) с сайта www.meteo.ru.

На станции Тунка температуры почвы в верхних слоях изменяется синхронно с температурой воздуха. С увеличением глубины годовой ход сглаживается и становится плавным, уменьшается амплитуда его колебаний. С глубиной время наступления максимума и минимума температур смещается. Начиная с глубин, 80 см и 120 см максимум наступает в августе, а минимум в феврале. Максимумы смещаются на сентябрь-октябрь на глубине 160 см, на октябрь на глубинах 240-320 см. Минимумы – на март на глубинах 160-240 см, на май на глубине 320 см. Отрицательные температуры почвы в теплый период наблюдаются в июне на глубине 240, 320 см.

Максимальная дисперсия месячных значений температуры почвы за период с 1961 по 2011 гг. составила 2,31 у подстилающей поверхности в феврале. Дисперсия с глубиной меняется незначительно. Минимальная (0,23) - на глубине 320 см в июне.

Анализ линейного тренда температуры почвы по глубинам 20 см, 40 см, 80 см, 120 см, 160 см, 240 см и 320 см за 1961–2011 гг., показал, что скорость долговременного изменения температуры на исследуемой территории указывает на тенденцию к потеплению и лишь на глубине 160 см в июле получен отрицательный коэффициент. Это выражается в повышении температур по глубинам в пределах от 0,08 °С за 10 лет на глубине 240 см в июне до 1,16 °С за 10 лет на глубине 320 в октябре.

Сглаживание ряда динамики показывает устойчивую тенденцию снижения температуры почвы от января к декабрю. Периодичность колебаний от 2 до 4 лет наблюдается на всех глубинах. Кроме того, в отдельные месяцы на разных глубинах прослеживается периодичность в 15-20 лет. Начиная с глубины 80 см до 320 см, такая периодичность наблюдается в июне и июле.

Результаты спектрального анализа температуры почвы по глубинам, показывают, что почти на всех периодограммах можно отметить три пика спектральной плотности, соответствующих 3, 6 и 16 дискретности периода. На некоторых глубинах может прослеживаться и 13 и 10 дискретные пики.

Анализ изменения глубины промерзания почвы (ноябрь-апрель) и глубины протаивания (апрель-август) показал, что в зависимости от времени наступления холодов, температура почвы может опуститься ниже 0 °С на глубинах в разный момент времени: в январе наблюдается максимальная глубина промерзания почвы. Однако из-за инерции почвы при проникновении температурной волны в ниже лежащие слои происходит запаздывание наступления дат перехода температуры через 0 °С на глубинах.

СОВРЕМЕННОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА И ОТОПИТЕЛЬНЫЙ СЕЗОН В ЯКУТИИ

Скачков Ю.Б.

Институт мерзлотоведения им. П.И.Мельникова СО РАН,
г. Якутск, ул. Мерзлотная, д.36, e-mail: skachkov@mpi.ysn.ru

Одним из положительных эффектов потепления климата в России считается уменьшение продолжительности отопительного сезона, которое создает предпосылки для сокращения расходов на отопление зданий. Эксперты [1] полагают, что к середине XXI в. в России ожидается дальнейшее сокращение продолжительности отопительного сезона и прогнозируется уменьшение потребления энергии на отопление на 3%.

Настоящая работа посвящена анализу многолетней изменчивости характеристик отопительного периода в пяти самых крупных городах Якутии: Якутске, Нерюнгри, Мирном, Алдане, Ленске. Необходимые данные для этого анализа взяты на сайте ГУ «ВНИИГМИ-МЦД» [2]. Был обработан 49-летний (1966-2014 гг.) ряд среднесуточной температуры воздуха. Даты начала и окончания отопительного сезона определялась согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 23.05.2006 №307 «О порядке предоставления коммунальных услуг гражданам» [3]: «...начало отопительного периода (отопительный сезон) устанавливается при среднесуточной температуре наружного воздуха ниже +8 °С, а конец отопительного периода (отопительный сезон) — при среднесуточной температуре наружного воздуха выше +8 °С в течение 5 суток подряд. Отопительный период должен начинаться и заканчиваться со дня, следующего за последним днем указанного периода (п.12)».

Климатические характеристики начала отопительного сезона даны в табл. 1. В среднем во всех городах он начинается во второй декаде сентября. Разброс в днях составляет меньше недели. В отдельные годы даты начала отопительного сезона могут значительно отклоняться от средних дат. Так, самое раннее начало отопительного сезона отмечается в последних числах августа, а самое позднее — в последней пятидневке сентября. Амплитуда между самым ранним и самым поздним началом отопительного сезона составляет 24-29 дней.

Таблица 1. Климатические характеристики осенних дат начала отопительного сезона за 1966–2014 гг.

Город	Средняя	Самая ранняя		Самая поздняя		Амплитуда	σ
		дата	год	дата	год		
Якутск	16.09	01.09	1967	27.09	1983	26	5
Нерюнгри	12.09	29.08	1972	27.09	1973	29	7
Мирный	12.09	31.08	1996	25.09	1973	24	6
Алдан	11.09	29.08	1972	25.09	1973	26	7
Ленск	14.09	01.09	1996	30.09	1988	29	6

Таблица 2. Климатические характеристики весенних дат окончания отопительного сезона за 1966–2014 гг.

Город	Средняя	Самая ранняя		Самая поздняя		Амплитуда	σ
		дата	год	дата	год		
Якутск	24.05	09.05	2005	09.06	1996	31	8
Нерюнгри	02.06	12.05	2014	17.06	1970	36	7
Мирный	01.06	15.05	2010	12.06	2004	28	7
Алдан	01.06	20.05	2014	16.06	1970	27	6
Ленск	28.05	10.05	2005	12.06	2004	33	7

Климатические характеристики окончания отопительного сезона даны в табл. 2. В среднем во всех городах он заканчивается в конце мая – начале июня. Разброс в днях составляет чуть больше недели. Самое раннее окончание отопительного сезона отмечается в основном во второй декаде мая, а самое позднее – во второй декаде июня. Амплитуда между самым ранним и самым поздним окончанием отопительного сезона составляет 27-36 дней.

Климатические характеристики продолжительности отопительного сезона представлены в табл. 3. В среднем он продолжается от 221 до 234 суток. Самая короткая продолжительность составила 196-216 суток, а самая длительная – 239-257 суток. Амплитуда между самым коротким и самым длительным отопительным периодом во всех городах близка – 40-43 дня.

Таблица 3. Климатические характеристики продолжительности отопительного сезона за 1966–2014 гг.

Город	Среднее (дни)	Самая короткая		Самая длительная		Амплитуда дни	σ
		дни	годы	дни	годы		
Якутск	251	226	2004-2005	269	1995-1996	43	10
Нерюнгри	264	242	2013-2014	287	2003-2004	45	10
Мирный	262	239	2009-2010	275	2004-2005	36	9
Алдан	264	246	1980-1981	286	2003-2004	40	9
Ленск	258	232	2004-2005	273	2003-2004	41	9

Для всех метеостанций рассчитаны линейные тренды характеристик отопительного периода и их дисперсии. Произведена оценка линейных трендов (табл.4).

Таблица 4. Оценки линейных трендов характеристик отопительного сезона

Город	Начало отопительного сезона		Окончание отопительного сезона		Продолжительность отопительного сезона	
	°C / 10 лет	R ²	°C / 10 лет	R ²	°C / 10 лет	R ²
Якутск	0,63	0,03	-1,30	0,06	-1,86	0,06
Нерюнгри	0,57	0,01	-0,61	0,01	-1,09	0,02
Мирный	-0,40	0,01	-0,24	0,00	-0,46	0,00
Алдан	-0,10	0,00	-0,57	0,02	-0,47	0,00
Ленск	0,74	0,03	-1,09	0,04	-1,10	0,03

Анализ данных метеорологических наблюдений за почти полувековой период показал, что тенденция уменьшения продолжительности отопительного сезона для городов Якутии является мало выраженной. За весь рассматриваемый период не наблюдаются статистически значимых трендов характеристик отопительного сезона. В этом свете, экономическая выгода от современного потепления климата в Якутии пока не очевидна.

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации – М.: Росгидромет, 2014. – 1008 с.
2. Сайт ГУ ВНИИГМИ-МЦД г. Обнинск, Россия. (<http://meteo.ru/>).
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 23.05.2006 №307 «О порядке предоставления коммунальных услуг гражданам».

СИНХРОННОСТЬ КАК СУЩНОСТНОЕ СВОЙСТВО СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЕЙ

Тартаковский В. А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3, e-mail: trtk@list.ru

Процессы, протекающие на Земле, инициируются и регулируются внешним вынуждающим воздействием. Оно имеет сложную структуру, но основной вклад вносит Солнце, непосредственно и как регулятор иных космических влияний. Комплексным индикатором солнечной активности выбрана линейная комбинация числа пятен и групп пятен, которая носит название чисел Вольфа. Какой-либо размерности они не имеют. Астрономы ведут подсчет пятен около 400 лет, в результате был получен уникальный ряд инструментальных данных о космосе.

Природно-климатические процессы есть композиция разнородных компонент, которые не всегда известны. При этом основные изучаемые величины были выбраны еще в прошлые века с целью решения задач технологического развития. Для процессов в природе, особенно в живой природе, такой традиционный подход не является очевидным. Следует ожидать, что исследования дадут больший эффект, когда изучаемые факторы в каком-то смысле имманентны изучаемой системе.

Продвинуться в этом направлении могут помочь развитые варианты компонентного и факторного анализа. Эти подходы являются универсальными и представляются формальными. Их эффективность прямо связана с анизотропией облака точек, представляющих состояния изучаемой системы в многомерном пространстве. Кроме того, результаты, представляемые комбинацией исходных величин, не всегда поддаются содержательной интерпретации.

Специфика решаемой задачи учитывается в большей степени различными вариантами неформальных классификаций, основанных на оптимизации целевых функций, имеющих эмпирическую природу. В этом подходе реализуется декомпозиция исходного множества на подмножества, содержащие сильно связанные элементы, а связь между элементами различных подмножеств должна быть при этом слабее [1].

Общеизвестно, что следствием цикличности движений в солнечной системе являются смена времен года, дневного прогрева и ночного охлаждения. Эти изменения отражают детерминизм, который частично определяет климат на некотором временном интервале. Известны и другие факты проявления детерминизма: высокие коэффициенты корреляции интенсивности космических лучей, плотности потока радиоизлучения и ряда чисел Вольфа [2].

Классический феноменологический подход предполагает формализацию опыта. Гиперболизируя наблюдаемые факты, сформулируем новый принцип: «по своей природе внешнее вынуждающее воздействие синхронизует инициированные им элементарные процессы в геосферах». Поддержим этот принцип формальным определением: «синхронность процессов проявляется в совпадении их существенных признаков», которые надо ввести. Таким образом, синхронность выделена как сущностный фактор солнечно-земных связей.

Сходство процессов, связанное с их возможно общим происхождением, существенно уменьшится, если коэффициенты их рядов Фурье на одинаковых частотах будут иметь разные знаки. Причем, чем больший вклад вносит базисная функции в разложение, тем больше будет нарушение этого генетического сходства. Сохранение знаков у коэффициентов Фурье можно расценивать как проявление детерминистских связей между рядами в каких-то пределах, а стохастичность будет определяться изменчивостью значений этих коэффициентов. Поэтому определим знак коэффициентов Фурье как существенный признак и положим его в основу излагаемого синхронного

анализа. По которому для пары рядов, - характеризующего солнечное влияние и каждого ряда, связанного с природно-климатическими процессами, вводятся ортогональные компоненты с совпадающими существенными признаками и с несовпадающими.

Излагаемый подход и его результаты частично отражены в публикациях, представленных на сайте [3], где показаны его применения для климатических задач и в области дендрохронологии. Надо отметить, что степень синхронности или согласованности, как информационный признак перехода процесса в новое состояние, поддержана алгоритмически и применена для решения геофизических задач в монографии [4].

Разработанные алгоритмы применены для синхронного анализа рядов среднемесячных чисел Вольфа за период с 1955 по 2010 год и рядов среднемесячных температур, измеренных на 818 метеостанциях Северного полушария Земли, получены следующие результаты.

Одноименные компоненты рядов чисел Вольфа и температуры имеют значимые коэффициенты корреляции в диапазоне от слабых до сильных значений при небольших выборках, характерных для минимальных периодов стабильности климата.

Существуют широкие непрерывные температурные диапазоны, в которых гистограммы ортогональных компонент температурных рядов совпадают с гистограммами исходной температуры.

Вторые начальные моменты компонент чисел Вольфа в годовом ходе отображают географию климата, и распределяются по двум диапазонам, ширина и расстояние между которыми составляет около 30% возможных изменений.

Отношения между компонентами рядов чисел Вольфа и температуры с совпадающими существенными признаками можно интерпретировать как приток энергии от Солнца, а между компонентами с несовпадающими признаками - как сток энергии. Распределение притока и стока солнечной энергии по метеостанциям испытывает скачок от 27% в январе до 39% в мае, исключая июль и август.

В нашем случае новизна в том, что синхронность получила конструктивное определение, которое положено в основу декомпозиции сигналов. Эта вычислительная операция выделяет скрытые сущности в измеряемых величинах и дает новую информацию о влиянии Солнца на температуру в приземном слое атмосферы, которая представлена в данной работе. Новый подход информативен, характеризует проявления вынуждающей силы и соответствует известным представлениям о природно-климатических процессах. Он заслуживает широкого применения и поиска других соответствий или несоответствий.

1. Тартаковский В.А., Крутиков В.А., Волков Ю.В., Чередыко Н.Н. Выделение региональных климатических структур путем анализа фазы температурных рядов // Оптика атмосферы и океана. 2015 (в печати).
2. www.irc.phys.spbu.ru/msar06/rep1.doc
3. https://www.researchgate.net/profile/Valery_Tartakovsky.
4. Любушин А.А. Анализ данных систем геофизического и экологического мониторинга. М.: Наука, 2007. 228 с.

ТРАНСФОРМАЦИЯ УРОЖАЙНОСТИ ПОСЕВОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Фузелла Т.Ш.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, e-mail: fts10@yandex.ru

На сибирские регионы возложена задача обеспечения продовольственной безопасности собственных территорий с учетом ограничения импорта сельскохозяйственной продукции и активизации внутренних резервов, в связи с этим актуальной является оценка урожайности посевов сельскохозяйственных культур. Для Томской области проблема осложняется увеличением неблагоприятных климатических факторов в регионе. Анализ влияния природных факторов на формирование урожая необходимо проводить для поиска путей повышения эффективности использования гидротермических и энергетических факторов климата [1].

В целях изучения современного состояния растениеводства Томской области по основным сельскохозяйственным районам мы проводим оценку урожайности основных зерновых культур (яровая пшеница, озимая рожь, овес и кукуруза) наряду с анализом метеоданных за последний 30-летний период.

В силу расположения территории области в зоне рискованного земледелия, товарное растениеводство возможно лишь в ее юго-восточных районах, именно здесь сосредоточено 80% всех пахотных земель и собирается основной урожай зерновых культур – 44-46% всего сельскохозяйственного продукта.

Территория Томской области располагает следующими радиационными (суммарная солнечная радиация 90-93 ккал/см² в год) и тепловыми ресурсами (сумма эффективных температур свыше 10 °С составляет 1400 - 1900 °С). Нормальная перезимовка зерновых культур протекает в основном при температуре почв (на глубине 3 см) от -15 до +5 0С. Температура выше и ниже этих пределов неблагоприятна для озимых культур и приводит к их гибели. В вегетационный период на территории области наблюдаются поздневесенние и раннеосенние заморозки, а также град, суховеи и иногда засухи. Вероятность засух сравнительно небольшая и составляет всего 10 % лет, а число дней с суховеями за период с апреля по октябрь не превышает в среднем 10. В теплом периоде среднее число дней с суховеями средней интенсивности в северных районах - 6, а в южных - 18. Такие метеорологические явления нередко нарушают нормальное развитие растений, что в конечном итоге приводит к снижению урожая.

Выявлено, что поздневесенние и раннеосенние заморозки в воздухе и на почве отмечаются практически ежегодно. Заморозки не наблюдаются только в самом теплом месяце - июле. По среднегодовым данным заморозки в воздухе и на почве в северных районах области отмечаются в первой пятидневке июня, в южных - в последней декаде мая. Однако в холодные годы, при адвекции холодных воздушных масс, понижение температур до 0 0С и ниже (с выпадением снежной крупы) возможно в южных районах в первых числах июня (например, в 1986, 1987, 1992 и 2014 гг.). Осенью первые заморозки проявляются в почве, как правило, в последней декаде августа, а спустя 5-10 дней, и в приземном слое воздуха.

На территории области средняя сумма атмосферных осадков за многолетний период изменяется с юга на север от 390-420 до 480-536 мм. При этом основную долю (до 80 %) составляют осадки теплого периода. Для Томской области наиболее благоприятными стали 1991, 2001 и 2010 гг. когда была достигнута максимальная урожайность зерна яровой пшеницы. Уровень данного показателя определяется сортовыми особенностями, количеством использованных удобрений, нормами посева, условиями среды и прочими факторами. Важное значение имеет учёт влагообеспеченности вегетационного периода в целом и по фазам развития растений. В условиях достаточной влагообеспеченности

растения максимально используют солнечное тепло и накапливают наибольшее количество биомассы. При недостатке влаги снижается продуктивность, что и наблюдалось при засухе 2012 г. По нашим оценкам число неблагоприятных климатических явлений в Томской области ежегодно повышаются на 6%, что усиливает вероятность увеличения перебоев с урожаями зерновых культур [3]. Так, обусловленная климатическими условиями урожайность зерновых снижается до 14-16 ц/га в Колпашевском, Тегульдетском и Верхнекетском районах. Для Томского, Кожевниковского, Шегарского и Зырянского районов прослеживается получение стабильных урожаев озимой ржи до 18-20 ц/га. Условия для возделывания среднеранних сортов яровой пшеницы имеются лишь в Кожевниковском, Асиновском, Первомайском, Шегарском, Томском, а также в Бакчарском и Молчановском районах, именно здесь сосредоточено современное товарное зернопроизводство. На остальной территории области возделывание яровой пшеницы в хозяйственно-экономическом отношении не имеет смысла.

Таким образом, возделывание зерновых более рентабельно в правобережной части области, это связано с лучшими геоморфологическими условиями и большей дренированностью водораздельных пространств. Бакчарский район, расположенный в левобережной части области имеет благоприятные условия для выращивания зерновых, их урожайность сосредоточена в пределах 14 ц/га. Однако по мере продвижения на север, на запад и восток в посевах зерновых необходимо увеличивать долю овса. Природные факторы, неодинаково складывающиеся на отдельных этапах процесса роста и созревания зерновых культур, по-разному определяют вклад факторов продуктивности в формирование урожая по годам [2].

Таким образом, сопоставление природных факторов с фактической урожайностью демонстрирует возможность дальнейшего совершенствования посевов зерновых для увеличения использования возможностей климата, а оценка агроклиматических показателей с учетом степени их негативного воздействия на растения позволит выявить пространственно-временные закономерности рисков растениеводства Томской области.

Работа выполнена в рамках проекта VIII.77.1.4. «Быстро развивающиеся геоморфологические процессы в ледниковой и внеледниковой зонах юга Западной Сибири, обусловленные природно-климатическими изменениями».

1. Грингоф И.Г. Основы сельскохозяйственной метеорологии / И.Г. Грингоф, А.Д. Клещенко // Обнинск : ФГБУ «ВНИГМИ-МЦД», 2011. – Т. 1. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. - 808 с.
2. Каюмов М.К. Биоклиматический потенциал продуктивности и приемы рационального его использования. – М. : ВСХИЗО, 1991. – 64 с.
3. Fuzella T. S., Volkova E.S., Melnik M.A. Visualization of spatial and temporal distribution of natural hazards for the southern taiga of western siberia using gis technology // Conference Proceedings «5th Jubilee International Conference on Cartography & GIS 5 ICC GIS».- Varna, Bulgaria.- pp. 748-755.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХРЕВОЙ АКТИВНОСТИ НА АЗИАТСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В КОНЦЕ XX И НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ

*Чемекова Е.Т., Болтовская М.А., Логинов С.В., Пахместерова М.В., Терскова Н.С.,
Харюткина Е.В.*

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, e-mail: ceo@imces.ru

Изменчивость температурного поля обусловлена многими факторами, среди которых важную роль играет атмосферная циркуляция. Важными структурами общей циркуляции атмосферы являются циклоны и антициклоны. Целью работы являлось проведение мануального (ручного) трекинга циклонов и антициклонов по данным реанализа для высоких и умеренных широт Евразии и последующий анализ особенностей географического распределения характеристик вихревой активности.

Для всех БО определялись следующие характеристики: координаты центра (географическое положение), значение атмосферного давления (геопотенциала) в центре и на последней замкнутой изогипсе.

По разработанной в лаборатории методике мануального трекинга барических образований (БО) по картам приземного геопотенциала, для территории, заключенной между 30 и 90° с.ш и от 0 до 180° в.д. за период с 1979г по 2012г. были выделены циклоны и антициклоны, определены их характеристики, прослежены их траектории с учетом эволюции. В качестве источника данных использовались карты пространственного распределения высоты геопотенциала для уровня 1000гПа, построенные по данным реанализа JRA-25/55. Приводятся результаты анализа особенностей географического распределения характеристик вихревой активности, а также, сравнения их с изменчивостью завихренности и количества осадков.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-5969.2015.5.

СВЯЗЬ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ЛАНДШАФТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Чупина О.С.¹, Воронай Н.Н.^{2,3}

¹ Томский государственный университет, г. Томск, пр. Ленина, д. 36

² Институт географии им.В.Б.Сочавы СО РАН, 664033, г.Иркутск, ул.Улан-Баторская, 1

³ Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055,

г.Томск, Академический пр.,10/3

e-mail: chupina.ru.3@mail.ru, voronay_nn@mail.ru

Микроклимат – это климат ограниченных, небольших участков земной поверхности, отличный от обычных метеорологических условий, свойственных данному климатическому поясу (микроклимат оазисов в пустыне, полей в лесу, ущелий, долин и др.) [1].

Территория исследования находится в пределах юго-западной части Байкальской рифтовой зоны в Южно-Сибирской физико-географической области. На зональные особенности климата этого региона накладываются местные условия, обусловленные сочетанием высокогорного рельефа и относительно пониженных межгорных впадин, широтной ориентацией основных орографических элементов, региональными особенностями атмосферной циркуляции. Тункинский хребет и одноименная система впадин протягиваются на 175 км в широтном направлении. Хребет представляет собой горное сооружение с резко расчлененным альпинотипным рельефом. Все метеорологические станции расположены в долинах рек и не дают представления о климатическом режиме в пределах господствующих здесь высокогорных форм рельефа.

В настоящей работе исследуется изменение температуры воздуха в течение 2013 года на 11 измерительных площадках, расположенных в Тункинской котловине в диапазоне высот от 720 до 890 м над ур.м.

Нужно отметить, что площадки отличаются растительным покровом, степенью закрытости, типом почвы. Эти факторы являются причиной различия суточного хода температуры воздуха и выражаются в различиях амплитуды и времени наступления максимума и минимума на площадках.

Анализ средних месячных температур показывает синхронность в годовом ходе, при минимуме в январе ($-23,0 \dots -28,0$ °C) и максимуме в июле ($+16,0 \dots +18,0$ °C). Наибольшая разница средних месячных температур наблюдается в январе между температурами в еловом лесу и на лугу и составляет 5 °C. Наименьшие отличия средних месячных температур (не более 1 °C) между площадками, характеризующимися разными ландшафтными условиями, в апреле и сентябре.

Абсолютный минимум температуры на площадках составляет $-35,5 \dots -41,0$ °C. Более низкие температуры характеризуют территорию болотно-озерного комплекса, на защищенных лесным пологом площадках значения минимума выше почти на 5 °C. Абсолютный максимум летом достигает $+40,5$ °C на оголенной площадке (гарь по сосняку). Наименьшие значения максимальных температур в районе болот ($+30,5 \dots +35,0$ °C) и на территории сосняков с плотно сомкнутой кроной ($+31,5 \dots +33,0$ °C). Максимальная абсолютная годовая амплитуда температур в 2013 г. отмечалась на открытых участках ($76,0-79,0$ °C), минимальная – на территории покрытой лесом ($67,5-69,0$ °C).

Известно, что разная подстилающая поверхность (песок, вода, растительность, почва, лед, снег) отдает свое тепло по-разному, отсюда и разница в суточном, месячном, годовом ходе данной величины, а затем и в многолетнем распределении. В течении суток осуществляется приток солнечной радиации на подстилающую поверхность, тем самым нагревая ее. В свою очередь подстилающая поверхность обогревает окружающую среду.

Таким образом, максимальная температура воздуха наблюдается в обеденные часы, а минимальная ближе к рассвету.

Для наиболее подробного анализа термического режима в котловине за теплый и холодный период, было изучено поведение температуры воздуха на разных площадках (открытая и закрытая) в течении суток при контрастных погодных условиях. Зимой и в ночные часы на открытой местности из-за радиационного выхолаживания температуры ниже, чем в лесу. Летом и в дневные часы прогрев открытых участков больше. Следствием являются более высокие годовые и суточные амплитуды на открытых территориях по сравнению с лесными.

В день с пасмурной погодой разница температуры воздуха между двумя контрастными модельными площадками близка к нулю, в то время как при безоблачном небе, разница может составлять до 9,0 °С.

1. Микроклимат. Методы исследования. /сост. В.В. Севастьянов/ - Томск: УОП ТГУ, 2012. – 131 с.

ОЦЕНКА ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ АЛТАЙСКОГО РЕГИОНА

Шарапова А.А.¹, Кужевская И.В.¹, Соколов К.И.²

¹ Томский государственный университет, г.Томск, пр.Ленина, 36

² Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г.Томск,
пр.Академический, 10/3

Выявление пространственно-временной закономерности динамики горных ландшафтов России в условиях меняющегося климата и экономических реформ и составление прогноза их состояния для решения задач оптимизации регионального природопользования.

Изменения современного климата носят все более и более экстремальный характер. Для унификации расчетов по оценки экстремальности погодных условий при исследовании климата были разработаны индексы ВМО (STARDEX Diagnostic Extremes Indices). В настоящей работы использованы индексы: *TN10p* - повторяемость холодных ночей в году; *TX10p* - повторяемость холодных дней в году; *TN90p* - повторяемость теплых ночей в году; *TX90p* - повторяемость теплых дней в году; *R95p* - сумма сильных осадков. Информационной базой метеорологических данных на территории Алтайского региона, послужили данные суточного разрешения об атмосферных осадках и температуре воздуха на 13 метеорологических станциях с 1960 по 2012 гг. (ВНИИГМИ-МЦД, meteo.ru).

Средние многолетние значения индексов, связанных с температурой воздуха (*TN10p*, *TX90p*, *TN90p*, *TX90p*) мало изменяются по рассматриваемой территории. Можно сделать вывод, что повторяемость холодных и теплых дней/ночей формируется под воздействием идентичных атмосферных процессов. Что касается индекса, связанного с полем атмосферных осадков (*R95p*), то здесь распределение более разнообразно. Максимум приходится на среднегорье (ст. Змеиногорск, Солонешное, Кызыл-Озек) и составляет более 150 мм в год с максимумом в районе ст. Яйлю – 220.3 мм в год. Минимум приходится на высокогорную долинную станцию Кош-Агач – 37.3 мм в год.

В поле индекса *TN10p* значение тренда близко к нулю на горных станциях Кара-Тюрек, Кош-Агач, Кызыл-Озек. Наибольшие значения тренда характерны для станций Камень-на-Оби и Змеиногорск – 5,3 и 4,8 дня/10лет, соответственно. Тенденция к увеличению теплых ночей (*TN90p*) не превышает 5,4 дня/10лет. Все значения тренда больше 1 дня/10лет, но не превышают 5,3 дня/10лет (Кара-Тюрек). Однонаправленные тенденции в процессе увеличения как наиболее холодных, так и наиболее теплых дней, свидетельствуют об увеличении экстремальности погодных условий на станциях региона. В поле индекса *R95p* на 3 станциях из 13 наблюдается слабая тенденция увеличения экстремальности погодных условий: 2 дня/10лет. При этом, положительный знак тенденции имеет тенденция в районе ст.Бийск-Зональная, а на ст. Кара-Тюрек и Ребриха – отрицательный. На станциях Барнаул, Кызыл-Озек, Славгород и Яйлю тенденции отрицательные – -10,3 дня/10лет. Положительная тенденция 8,2 дня/10лет характерна для станций Змеиногорск, Кош-Агач и Солонешное.

Наличие во временных рядах индексов тенденции близкой к нулю, может свидетельствовать об изменении ее знака, также о наличии циклических колебаний (периодичности). Для сокращения временных рядов, которые необходимо подвергнуть процедуре гармонического анализа, был применен кластерный анализ.

Для выбранных станций был проведен гармонический анализ с полным разложением Фурье. Для группы станций индекса *TX10p* характерны 3-, 4-, 14-летние гармоники, которые вносят наибольший вклад в суммарную долю дисперсии ряда (*D*). Значения *D* около 0,81. Большинство исследователей относят 3-, 4-летние гармоники к внутренним факторам формирования климата. Они характеризуют цикл смены направлений

зональных ветров в экваториальной нижней стратосфере. Гармоника с периодом в 14 лет относится к группе от 7 до 17 лет. Эта группа связана со средним периодом одного оборота Солнца вокруг центра масс Солнечной системы и периодичности изменения числа солнечных пятен.

Наибольшее единообразие по степени вклада и синхронности отмечается для центров классов в поле индекса $TN90p$. Выделяются короткие циклы, относящиеся к внутренним факторам. Присутствует 29(31)-летняя гармоника, которая, по мнению многих авторов, связана с циклом Брикнера-Шнитникова. Проявляется в динамике характеристик климата и крупномасштабной циркуляции атмосферы. Значения D составляет 0.79, в большей степени дисперсия ряда описывается гармониками «внутренних факторов».

Аналогичные проявления гармонической составляющей ряда характерны и для станций, относящихся к полю индекса $TN10p$. Однако, на станции Кош-Агач проявилась 46-летняя гармоника, которая не выявлена в рядах природно-климатических характеристик по литературным источникам. Существенное влияние на D , принадлежит гармоникам, которые являются откликом внешних факторов.

В группе станций индекса $TX90p$ наблюдается единообразие в наборе гармоник. Однако, на станции Кызыл-Озек значимость гармоник по степени вклада и синхронности отличается. Ведущая роль принадлежит гармоникам, относящихся к внешним факторам. Следовательно, можно говорить о том, что горные станции имеют свои особенности математического описания. Остальным останциям соответствуют 4-, 5-, 10-летние гармоники. С циклом Эль-Ниньо связывают 5-летнюю гармонику, цикл в 10 лет связан с солнечной активностью. Добавляются гармоники с периодичностью 18-, 19-лет, которые соответствуют периоду нутации земной оси, проявляются в динамике климата, сейсмичной и вулканической активности. Гармоник с периодом 21 год, соответствует циклу Хейла. При этом, суммарная доля дисперсии составляет 0,66.

Для индекса $R95p$ значения суммарной описанной дисперсии наименьшие 0,57. Следовательно, наибольший вклад в ее описание вносят гармоники, связанные с внешними факторами (солнечная активность, цикл Хейла). Наименьший вклад принадлежит коротким гармоникам внутренних факторов.

Гармоники с периодом 10- 11 лет были проверены на сопоставление фаз с солнечным циклом. В результате сопоставления с числами Вольфа, были обнаружены аналогичные циклические изменения, схожими по фазе наступления максимума и минимума. Однако, в изменении температуры, четкой зависимости от года солнечного цикла не обнаружено. Это связано с тем, что в рядах температуры на станциях Алтайского региона влияние 10-11-летней гармоники не так существенно. Свой вклад вносит 31-летняя гармоника, которая хорошо описывает общее колебание временного ряда. Более мелкие изменения временного ряда отражает 3-летняя гармоника.

О ВЛИЯНИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОБЪЕМНУЮ АКТИВНОСТЬ РАДОНА (НА ПРИМЕРЕ ГОРНОГО АЛТАЯ)

Шитов А.В., Кудрявцев Н.Г., Кудин Д.В., Учайкин Е.О.

Горно-Алтайский государственный университет,
г. Горно-Алтайск, Россия, e-mail: sav103@yandex.ru

Геологическая среда нами рассматривается как пространство с высоким уровнем накопленной энергии, т.е. как энергосодержащая, энергонасыщенная среда, имеющая множество иерархических структурных связей [1]. При разрушении горные породы, вовлеченные в процесс релаксации напряжений, насыщены большим количеством трещин хрупкого отрыва, брекчированы, раздроблены. При этом, геологическая среда насыщенная структурными напряжениями является термодинамической системой, в которой при разрушении структурных связей, происходит интенсивная флюидная дегазация из литосферы в подземные воды и атмосферу, т.е. возможны изменения характеристик гидрогеологических, геохимических и атмосферных характеристик при подготовке сейсмического процесса. В качестве индикатора изменений мы использовали динамику радиоактивных газов (радон, торон) при транспортировке их в атмосферу и подземные воды. Кроме этого, необходимо учитывать, что уровень зеркала подземных вод зависит от сейсмических воздействий, эта зависимость, в свою очередь, приводит к изменениям капиллярного равновесия влаги, что будет управлять сорбцией-десорбцией с поверхности жесткого скелета почвенного радона, пропорционально меняя режим воздухообмена с приземной атмосферой и степень насыщения подземных вод радоном [2].

Для анализа нами использовались данные радонового мониторинга Горно-Алтайского государственного университета за период 2012-2015 гг. При этом велись наблюдения по следующим параметрам: динамика радона, торона, а также метеорологических характеристик: температуры, влажности, давления. Использовались данные сейсмической радоновой станции СРС-05, а также метеостанции ГАГУ (<http://robionika.ru/dop>). Одновременно изучались также динамика сейсмической активности в Алтае-Саянской горной стране (<http://gs.nsc.ru/russian/monitor.html>). В результате были построены ряд совмещенных графиков изучаемых характеристик, что позволило анализировать одновременную динамику этих характеристик. Рассмотрим более детально конкретные временные интервалы. На временном интервале **03.09.13 – 15.01.14 г.** динамика радона существенно отличается от предыдущих периодов наблюдения. Здесь отчетливо проявляется 2 периода роста динамики радона от 20 до 600 (в максимальных значениях до 840 Бк/куб.м). Температурный тренд имеет тенденцию к понижению от +27 до -10°C, сопровождавшийся резкими понижениями температуры от 0 до -25 °C. В динамике давления в периоды времени за несколько суток наблюдаются резкие изменения от 720 до 750 мм рт.ст. В СВАН-диаграммах проявляется периодизация порядка 10 суток. Периоды 2 суток, 1 сутки, 12 часов проявляются до 17.10.13 г., после этого времени они не проявляются.

В ряде литературных источников описывается процесс изменения динамики температуры перед землетрясениями [1,2]. Для проверки этой закономерности нами были использованы данные о землетрясениях на Алтае, а также динамика температуры атмосферного воздуха и ОА радона. В результате были построены графики изменения изучаемых характеристик. При этом на данных рисунках показано, что перед землетрясениями 24.11.2012 и 02.01.2013 гг. динамика изучаемых характеристик меняется. 24.11.12 г. температура начинает расти с -12°C до -2°C, динамика радона понижается перед землетрясением и повышается после него. 02.01.2013 г. температура резко повышается перед землетрясением и затем снова понижается, объемная активность

радона с сравнительно низкого уровня перед землетрясением повышается до 350 Бк/м^3 . На приводимом далее рисунке стрелкой показаны моменты соответствующих землетрясений.

Исходя из полученных результатов, для поиска общих закономерностей в изменении изучаемых характеристик нами был использован метод наложенных эпох т.е. было произведено изучение изменения температуры и объемной активности радона непосредственно момент землетрясения, а также рассчитаны их значения до и после сейсмических событий.

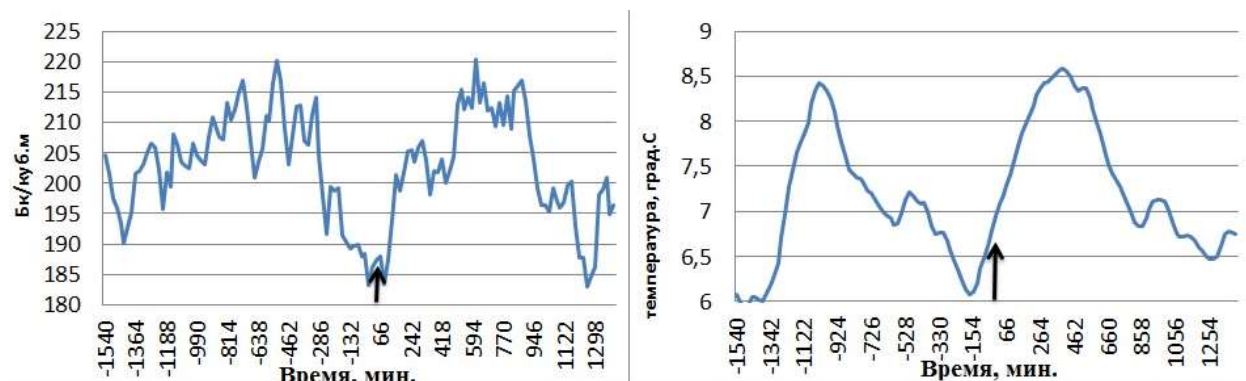


Рисунок 1. Диаграммы средних значений эманации радона и температуры атмосферного воздуха в зависимости от времени до или после землетрясения (в минутах) в Алтае-Саянском регионе (период с 03.09.13 по 31.10.13 г. – 63 землетрясения).

Анализ распределения значений объемной активности радона во времени до и после землетрясения (63 землетрясения за период с 03.09.13 по 31.10.13 гг.) показал следующие закономерности (рисунок 1). Максимальное значение объемной активности радона за данный период наступает за 8,4 и 6,6 часа до землетрясения и через 9,5 часа после события. Температурные характеристики имеют следующие закономерности: максимум за 17,6 до землетрясения, минимум за 3 часа до землетрясения и максимум 6,6 часов после землетрясения.

Используя введенное М.А. Садовским [3] понятие иерархически структурированной среды можно предположить, что взаимодействия структурных элементов среды в разных ее участках происходит в разной степени, исходя из динамики воздействия блоков пород друг на друга, пластичности пород и ряда других характеристик. При этом, при сильных воздействиях блоков, непосредственно перед разрушением происходит существенное растрескивание массивов пород, при этом происходит изменение геофизических параметров среды, выражающееся в повышение температуры, увеличении эманации радона не только в горных породах, но и происходит существенное изменение параметров атмосферы, в связи с выделением из недр газов и тепла. Это выделение может вызывать локальное формирование облачных масс, пространственно приуроченных к разломным структурам, из которых происходят эти эманации.

Исследования выполнены при поддержке при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (в соответствии с требованиями государственного контракта №14.577.21.0109) в Тульском государственном университет, а также гранта РФФИ №13-05-98072 р-сибирь.

1. Пономарев В.С. Горные породы как среды с собственными источниками упругой энергии [Текст] / В.С. Пономарев // Проблемы нелинейной сейсмоки. – М.: Институт Физики Земли, 1987. – С.50-64.
2. Шулейкин В.Н. О корреляции микросейсмических, гидрогеологических и атмосферно-электрических процессах [Текст] / В.Н. Шулейкин, А.М. Покарпов // Материалы

- Всесоюзного семинара «Нетрадиционные методы геофизического исследования неоднородностей в земной коре». М.: Институт физики земли, 1985. – С.124-125.
3. Садовский, М.А. Сейсмический процесс в блоковой среде [Текст] / М.А. Садовский, В.Ф. Писаренко. – М.: Наука, 1991. – 96 с.

Секция 2.
МОНИТОРИНГ ЭКОСИСТЕМНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

ВАРИАЦИИ ИЗОТОПНЫХ СООТНОШЕНИЯ $\delta^{13}\text{C}$ / $\delta^{12}\text{C}$ И $\delta^{18}\text{O}$ / $\delta^{16}\text{O}$ В ДРЕВЕСИНЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ЗА ПЕРИОД 1992 – 2010 ГОДОВ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В ДЕРЕВНЕ ГЕОРГИЕВКА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Акулов П.А.^{1,3}, Ветрова О.В.¹, Маркелова А.Н.¹, Симонова Г.В.^{1,2}

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, г. Томск, пр. Академический 10/3, e-mail: vetrovao.v@mail.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36, e-mail: galina_simonova@inbox.ru

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30, e-mail: pitakul@mail.ru

Косвенные источники информации о природно-климатических вариациях в прошлом и настоящем времени активно используют для реконструкции значений физико-химических параметров окружающей среды. Такие реконструкции могут быть использованы для изучения природно-климатических изменений прошлого или для верификации численных климатических моделей. Одним из наиболее перспективных косвенных источников природно-климатических изменений являются годовые кольца деревьев.

Методы дендрохроноиндикации особенно широко используются для изучения динамики климата территорий, где рост деревьев ограничен каким-либо лимитирующим фактором. Это связано с тем, что при неблагоприятных условиях роста, деревья более чувствительны к внешним факторам, и индивидуальные особенности их развития в меньшей степени затрудняют получение климатической информации. С середины XX века появилась возможность, наряду с шириной и плотностью древесины годовых колец деревьев, использовать в качестве индикаторов климата соотношения стабильных изотопов в компонентах древесины [1,2,3]. Оказалось, что изотопный состав имеет преимущества перед морфометрическими параметрами годовых колец, так как он в меньшей степени контролируется системой гомеостаза дерева и более тесно связан с физическими параметрами окружающей среды [4]. В связи с этим актуальной является оценка потенциала изотопных древесно-кольцевых хронологий для исследования природно-климатических процессов в умеренных широтах в пределах территорий с оптимальными для роста древесной растительности гидротермическими условиями. В ходе данной работы отрабатывались методики сбора полевого материала, пробоподготовки и измерения изотопных соотношений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в годовых кольцах деревьев. В качестве исследуемого дерева выбрана сосна обыкновенная, произраставшая в деревне Георгиевка Томского района. Для определения вариаций изотопного состава древесины измерялись изотопные отношения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в целлюлозе годовых колец, так как она не участвует в изотопном обмене с другими компонентами древесины и поэтому более четко отражает годовые вариации содержания стабильных изотопов углерода и кислорода. Пробоподготовка древесины заключалась в следующем: спил дерева был разделен на годовые слои прироста за период с 1992 по 2010 гг., затем из древесной щепы удалялись экстрактивные вещества в аппарате Сокслета смесью органических растворителей (этанол-хлороформ 1:2), а выделение целлюлозы осуществлялось азотнокислым методом с последующим нагреванием в 2% водном растворе гидроксида натрия. После сушки целлюлозы измерения изотопного отношения углерода и кислорода были проведены с помощью изотопного масс-спектрометрического комплекса на базе масс-спектрометра Delta V Advantages совмещенного с элементным анализатором Flash 2000 (ТомЦКП СО РАН, ИМКЭС). Целлюлоза в результате сжигания в окислительно-восстановительном и пиролизном реакторах превращалась в простые газы CO_2 и CO ,

а затем анализировалась с помощью изотопного масс-спектрометра. Величину δ определяли по формуле[5]:

$$\delta = \frac{(R_{\text{об}} - R_{\text{см}})}{R_{\text{см}}} \cdot 1000 [‰],$$

где $R_{\text{об}}$ и $R_{\text{см}}$ – содержания отношения тяжёлого изотопа к легкому в объекте и стандартном образце соответственно; ‰ – единица измерения, промилле.

Полученные изотопные хронологии даже на небольшом временном интервале (1992-2010) показывают связь с климатическими параметрами: атмосферной влажностью, осадками и температурой. При условии продолжения хронологий по времени, полученные результаты могут быть использованы для реконструкции и анализа природно-климатических вариаций прошлого на территории Томского района, где такие исследования не проводились.

1. Urey, H.C., The thermodynamic properties of isotopic substances / H.C. Urey // Journal of the Chemical Society of London. – 1947. – V. 85. – P. 562–581.
2. Craig, H., Carbon-13 variations in sequoia rings and the atmosphere / H. Craig // Science. – 1954. - V. 119, P. 141–143.
3. Robertson, I. Progress in isotope dendroclimatology / I. Robertson, S. W. Leavitt, N. J. Loader, W. Buhay // Chemical Geology. – 2008. – V. 252. – P. 1-4.
4. McCarroll, D., Loader, N.J., 2004. Stable isotopes in tree rings. Quaternary Science Reviews V.23, P. 771–801.
5. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды. Москва: Техносфера, 2013. – 632 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОДУКТИВНОСТИ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПО ДИСТАНЦИОННЫМ И НАЗЕМНЫМ ДАННЫМ

Алексеева М.Н.¹, Дюкарев Е.А.², Головацкая Е.А.²

¹ Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, пр. Академический 3

² Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, пр. Академический 10/3, egor@imces.ru

Изучение биологической продуктивности растительных сообществ является одной из важных задач в исследовании круговорота углерода в болотных экосистемах, так как именно биологическая продуктивность отражает количество углерода, накопленное в виде органического вещества растений и не затраченное на процессы дыхания и разложения. Следует отметить, что данных по биологической продуктивности болот сравнительно немного. В связи с чем представляется актуальным применение дистанционных методов, в частности данных космической съемки для оценки биологической продуктивности олиготрофных болот, как составляющей их углеродного баланса.

Для того чтобы оценить возможность применения данных космической съемки для оценки продуктивности олиготрофных болот были выбраны индексы NDVI. Расчет вегетационного индекса NDVI основан на особенностях поглощения солнечной радиации в красной области электромагнитного спектра хлорофиллом и отражения ее в инфракрасной области спектра клеточными структурами листа. NDVI рассчитывается по формуле:

$$NDVI = \frac{P_{NIR} - P_{RED}}{P_{NIR} + P_{RED}},$$

где P_{NIR} - значения яркости пикселя в ближнем инфракрасном диапазоне, P_{RED} - в красном диапазоне. Высокая фотосинтетическая активность, связанная с большой фитомассой ненарушенного растительного покрова имеет низкие значения яркости пикселей в красном диапазоне и большие значения в ближней инфракрасном диапазоне. Как правило, для густой растительности он составляет 0,7, для разреженной растительности - (0,5), для открытой почвы - (0,025) и искусственных материалов - (-0,5).

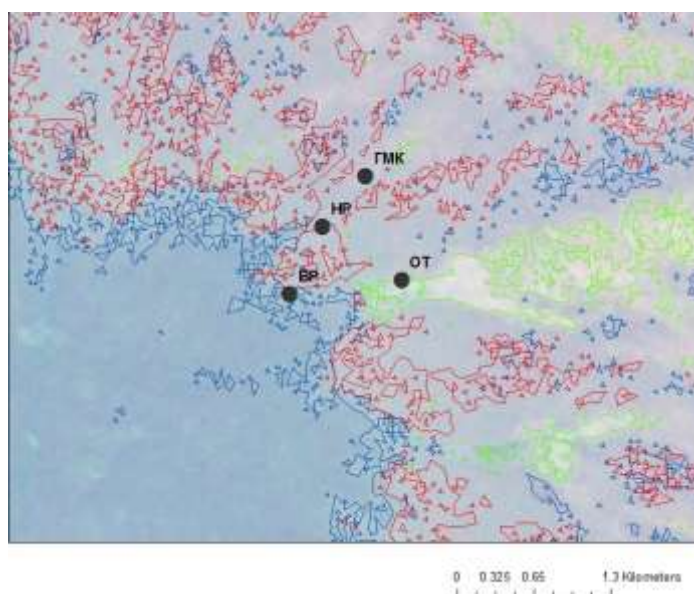


Рисунок 1. Расположение точек наземных исследований на полигоне руч. Ключ

Карты NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) доступны в сети интернет и рассчитаны по данным космической съемки аппарата MODIS за 16-дневный период, и имеют пространственное разрешение 250 м.

Значения NDVI определялись по данным спутника MODIS за период с мая по сентябрь и усреднялись по годам 2000-2005 гг. В работе использованы индексы, определенные для точек соответствующих местоположению трем пунктам наблюдений в высоком (BP), низком яме (HP) и осоково-сфагновой топи (OT). Также были рассчитаны индексы, осредненные для выделов указанных экосистем на всей территории Бакчарского болота.

Анализ временного хода NDVI показывает, что в течение исследуемого периода происходит увеличение индекса от 0,68 до 0,72 для высокого яма, от 0,67 до 0,70 для низкого яма и от 0,62 до 0,68 для открытой топи. Небольшие вариации индексов, вызванные изменчивостью погодных условий, на фоне общей тенденции роста наблюдаются во всех точках наблюдения. Исключение составляет 2003 г, когда NDVI на открытой топи существенно меньше (0,59), чем в остальные годы. Наземная фитомасса подвержена значительным колебаниям. Минимальные запасы фитомассы наблюдались в 2002 г в ямах и 2000 г. в осоково-сфагновой топи.

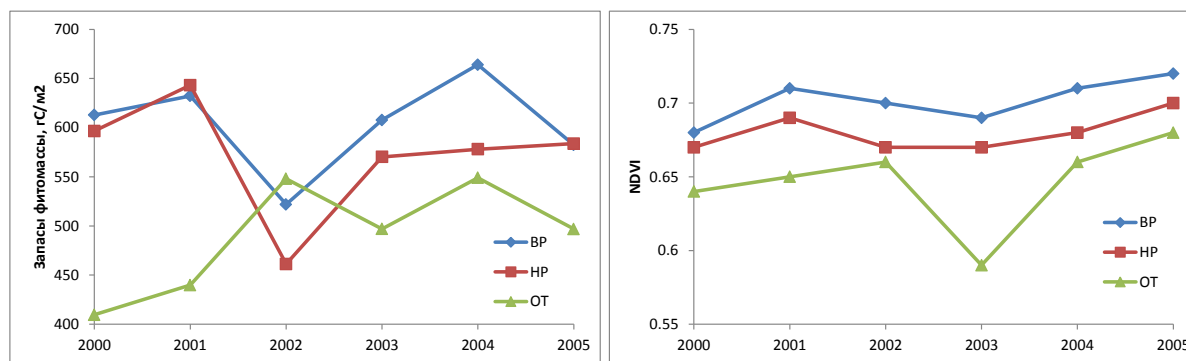


Рисунок 2. Временной ход продуктивности растительности (а) и NDVI (б).

Корреляционный анализ средних за вегетационный период характеристик фитомассы и вегетационных индексов показал, что наблюдается положительная связь с NDVI как для конкретных точек, так и выделов. Коэффициенты корреляции составляют 0,5 для низкого яма и 0,2 для сфагновой топи. При этом наличие связи объясняется вариацией запасов фитомассы сфагновых мхов и кустарничков в рассматриваемых фитоценозах.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между продукцией болотных фитоценозов и вегетационными индексами, при уровне значимости $p=0,05$. NPP – чистая первичная продукция, ANP – наземная продукция.

Вегетационные индексы	NPP			ANP			NPP трав			NPP кустарничков		
	BP	HP	OT	BP	HP	OT	BP	HP	OT	BP	HP	OT
NDVI точки	-0,3	-	-0,4	-	-	-0,4	-0,5	0,5	-0,6	-	0,5	0,3
NDVI выделы	-	0,6	-0,4	0,6	0,7	-	-0,8	0,5	-0,7	0,8	0,8	0,5

Таким образом, NDVI может косвенно отражать состояние растительного покрова фитомассу и продуктивность болотных экосистем, динамика значений NDVI позволяет составлять карты продуктивности болотных фитоценозов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 13-05-98048).

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОДНОЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ КЕДРА СИБИРСКОГО СЕВЕРНЫХ И ЮЖНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ВЫРАЩЕННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНЕ ДНЯ

Бендер О.Г.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055 г. Томск, пр. Академический 10/3, e-mail: obender65@mail.ru

Многочисленные исследования по фотопериодическому воздействию свидетельствуют о влиянии длины дня на рост хвойных. Вместе с тем вопрос о конкретной роли фотопериода в регуляции роста вечнозеленых растений в естественных условиях остается не ясным из-за многообразия факторов, влияющих на рост. Контроль ростовых процессов очень важен для адаптации древесных растений произрастающих в районах с низкими зимними температурами. Существует несколько точек зрения о механизмах контролирующих прекращение ростовых процессов и формирование холодоустойчивости древесных растений. Одна из них считает главным фактором изменение суммы положительных температур. Вторая точка зрения заключается в том что главным фактором является длина фотопериода, и с третьей точки зрения и длина фотопериода и сумма положительных температур влияет на ростовые процессы. Таким образом, представляет интерес изучение ростовых процессов и накопление биомассы кедра сибирского в связи с продолжительностью дня на ранних этапах онтогенеза.

Семена кедра сибирского северного происхождения (СП) были собраны в двух популяциях, расположенных в Шурышкарском районе Ямало-Ненецкого автономного округа на первой террасе р. Обь (65°49' с.ш., 65°55' в.д.). Семена южного происхождения (ЮП) были собраны в Томской области в насаждении Баталинское (56°09' с.ш., 84°19' в.д.). В мае цветочные контейнеры с посеянными семенами были помещены в две ростовые камеры. Для освещения использовали 4 люминесцентные лампы Osram Fluora мощностью 36W (Osram, Германия). При помощи реле времени режим освещения в камерах был запрограммирован таким образом, чтобы имитировать продолжительность дня характерного для южных (короткий день – КД) и северных (длинный день – ДД) широт произрастания исследуемых популяций с 1 мая по 1 октября. В течение всего периода исследований температура и влажность в обеих камерах были приблизительно одинаковые и составили 26±2/20±1,5 °C и 60±3/70±3% (день/ночь).

Анализ морфологических показателей ассимилирующих органов кедра сибирского показал, что длина дня не влияет на число семядолей различных популяций. Это связано с тем, что число семядольных листьев закладывается в процессе формирования зародыша семян и не зависит от длины дня. Было показано, что длина дня влияет на размер семядольных листьев и длину ювенильной хвои. (таблица 1).

Таблица 1. Морфологические показатели ассимилирующих органов сеянцев кедра сибирского

Показатели	Длина дня			
	КД ЮП	КД СП	ДД ЮП	ДД СП
Число семядолей, шт.	11,75±0,31a	11,13±0,22a	11,18±0,35a	11,3±0,30a
Длина семядолей, мм	33,13±1,78a	25,4±1,25b	35,09±1,42a	25,00±1,00b
Длина ювенильной хвои, мм	13,38±1,35a	10,2±0,72b	13,91±1,09a	9,8±0,51b
Длина брахибластов, мм	-	-	58,26±5,32	-

*Одинаковые буквы означают отсутствие достоверных различий между вариантами. Разные буквы означают достоверные различия при уровне значимости $p=0.05$.

Длина семядолей и ювенильной хвои сеянцев южной популяции была достоверно больше, чем у сеянцев северной популяции в обоих вариантах. Возможно, отсутствие влияния длины дня на размер ассимилирующих органов сеянцев обеих популяций свидетельствует о генетической обусловленности этих показателей.

Изучение морфогенеза сеянцев показало, что у сеянцев южной популяции при коротком дне формируются более длинные терминальные и пазушные почки. Но при длинном дне закладывается больше пазушных почек. У сеянцев северной популяции при коротком дне увеличивалась длина терминальной почки. Число пазушных почек и их высота достоверно не отличались от варианта длинного дня. При длинном дне у сеянцев южной популяции произошло удлинение надсемядольного побега, и из заложившихся пазушных почек проросли брахибласты, что не характерно для развития сеянцев кедра в первый год развития. В остальных вариантах в развитии сеянцев кедра не наблюдали отклонений от нормального формирования сеянцев первого года роста.

Исследования биомассы различных частей сеянцев показали, что масса различных частей и общая биомасса северных сеянцев не зависела от длины дня и была приблизительно одинаковой в обоих вариантах выращивания. Южные сеянцы выращенные при длинном дне значительно превосходили по общей массе и массе отдельных частей сеянцы выращенные в короткодневном варианте (таблица 2). Превышение более чем в два раза массы надземной части длиннодневного варианта южной популяции было обусловлено прорастанием и развитием брахибластов, чего не наблюдалось в других вариантах. Увеличение массы надземной части в свою очередь повлияло на увеличение массы корней. Сеянцы южной и северной популяции короткодневного варианта не формировали брахибласты, тем не менее масса всех частей южных сеянцев была более чем в 2 раза выше, чем у северных. среды.

Таблица 2. Биомасса надземной (семядоли и ювенильная хвоя, гипокотиль) и подземной (корень) частей различных экотипов кедра сибирского.

Длина дня	Биомасса, г			
	Семядоли и ювенильная хвоя	Гипокотиль	Корень	Общая
ЮП КД	0,10±0,01a	0,05±0,004a	0,04±0,004a	0,18±0,01a
ЮП ДД	0,27±0,04b	0,09±0,01b	0,10±0,02b	0,45±0,03b
СП КД	0,06±0,01a	0,03±0,003a	0,02±0,001a	0,11±0,01a
СП ДД	0,05±0,003a	0,05±0,013a	0,02±0,002a	0,12±0,01a

Таким образом, отсутствие влияния длины дня на размер ассимилирующих органов сеянцев обеих популяций и отсутствие реакции сеянцев северной популяции в процессе формирования пазушных структур свидетельствует о генетической детерминации ростовых процессов и прохождения этапов морфогенеза сеянцев, а так же о меньшей экологической пластичности сеянцев северных популяций. Низкие значения биомассы сеянцев северной популяции свидетельствует о генетической обусловленности развития и росте сеянцев, а так же их меньшей пластичности в ответ на изменяющиеся условия окружающей среды.

МОНИТОРИНГ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ДРЕВОСТОЕВ В ДОЛИНЕ Р. АКТРУ (СЕВЕРО-ЧУЙСКИЙ ХРЕБЕТ, ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Бочаров А.Ю., Савчук Д.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, Томск, пр. Академический, 10/3, e-mail: bochar74@mail.ru

В верхней части лесного пояса в верховьях долины р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай) на высоте 2150–2350 м распространены приграничные с высокогорной тундрой коренные разнотравные кедрово-лиственничные леса с участием лиственницы до 30% по запасу. Чистые лиственничные насаждения, где кедр единичен, немногочисленны. Лесные массивы западного и восточного склонов долины близки по своей возрастной структуре. Лиственничные древостои обычно состоят из деревьев, относящихся к трем полноценным возрастным поколениям. Первое поколение представлено единичными деревьями (сохранившиеся остатки материнского полога), средний возраст которых превышает 500 лет и может достигать 600 лет. Деревья второго (основного) поколения в разных лесных массивах имеют средний возраст от 330 до 370 лет. Возраст третьего (молодого) поколения лиственницы варьирует от 90 до 160 лет.

Там же на высотах 2100–2200 м распространены «производные» (пройденные пожарами) древостои: разнотравные смешанные лиственнично-кедровые с участием лиственницы от 40 до 90% по запасу. Они состоят из деревьев одного-двух возрастных поколений. На восточном, более сухом, склоне долины древостои состоят из деревьев лиственницы и кедра, относящихся к двум возрастным поколениям. Первое поколение лиственницы в разных лесных массивах представлено деревьями со средним возрастом от 212 до 297 лет, второе – 120–181 лет. На западном, более влажном, склоне лиственница представлена деревьями одного поколения со средним возрастом 218 лет. Второе поколение здесь не выделяется из-за крайней малочисленности молодых деревьев.

В нижней части лесного пояса в приграничных с Курайской степью лесных массивах (1720–1750 м) преобладают разнотравные кедрово-елово-лиственничные леса с участием в составе лиственницы до 21% и ели до 23% по запасу. Лиственничный древостой состоит из деревьев трех возрастных поколений. Первое и основное по запасу поколение представлено единичными деревьями со средним возрастом 215 лет, второе и третье – 162 и 53 года соответственно.

В пограничной полосе шириной 100–200 м между сомкнутыми вышеописанными массивами и Курайской степью распространены разнотравные лиственнично-кедрово-еловые леса с участием кедра 3–11% по запасу и ели до 4%. Лиственничный древостой состоит из деревьев трех поколений. Первое поколение представлено единичными деревьями со средним возрастом от 231 до 238 лет. Деревья второго основного поколения имеют средний возраст от 83 лет ближе к степи до 126 лет в верхней части этой полосы. Возраст наиболее молодого поколения лиственницы составляет 53 года.

В степи на высоте 1650 м встречаются изолированные друг от друга лиственничные лесные фрагменты с достаточно высокой сомкнутостью, где можно выделить два, реже три возрастных поколения. Первое поколение представлено единичными деревьями со средним возрастом 265 лет. Второе основное поколение имеет средний возраст от 184 до 189 лет. Наиболее молодое – третье поколение (от 69 до 73 лет).

Радиальный прирост деревьев лиственницы, произрастающих в приграничных с высокогорной тундрой лесах, лимитируется температурой воздуха вегетационного сезона: достоверно положительная связь выявлена с весенне-летними температурами (коэффициент корреляции с температурой мая 0,55, июня и июля 0,50). Также имеется слабая отрицательная зависимость прироста от суммы осадков июня (–0,34). Для формирования относительно широкого годичного кольца требуется теплая и сухая погода в начале и середине вегетационного сезона. В это время в почвенном горизонте

достаточно влаги для роста деревьев, а ее избыток в виде дождя негативно сказывается на развитии клеток ксилемы.

Радиальный прирост лиственницы, произрастающей в приграничных со степью лесных массивах, лимитируется осадками в течение всего сезона (0,38–0,48 с мая по июль, 0,41–0,43 с июля по август). В то же время связь с температурой выявляется в течение отдельных месяцев (–0,38 для июля, –0,39 для июля–августа). Здесь требования к погодно-климатическим условиям у деревьев лиственницы противоположные: режим увлажнения является ограничивающим рост фактором, из-за близости сухой степи дереву необходима прохладная и влажная погода.

Анализ вышеописанной возрастной структуры лиственничных древостоев и хода реконструированной нами температуры воздуха за последние 500 лет для верховий р. Актру (Бочаров, 2011) показал их сопряженную изменчивость.

Увеличение температуры весенне-летних месяцев в конце XV и начале XVI века привело к улучшению лесорастительных условий и возникновению первого поколения лиственницы сибирской в коренных приграничных лесах верхней части лесного пояса. Это поколение на сегодняшний день представлено единичными деревьями в виде сохранившихся остатков материнского полога. Следующее возрастное поколение (второе, основное) появилось в середине XVII в. (вековой период повышения температуры). Третье поколение связано с увеличением термического режима в середине XIX и на рубеже XIX–XX вв.

В «производных» приграничных лесах верхней части лесного пояса первое поколение возникло в период общего поднятия температуры на протяжении XVIII столетия, второе – на восходящей ветви векового цикла потепления в XIX в.

Периоды возникновения первого и второго возрастных поколений в приграничных со степью лесных массивах совпадают с периодами повышения температуры воздуха длительностью 10–15 лет и появлением тех же поколений в «производных» приграничных с тундрой лесах.

Таким образом, радиальный прирост деревьев лиственницы в приграничных лесах верхней части лесного пояса Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай) лимитируется температурным режимом, нижней – режимом увлажнения. Появление новых возрастных поколений лиственничных древостоев имеет климатогенную природу и определяется внутривековыми и вековыми периодами повышенных температур начала вегетационного периода.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант №13–05–00762).

Бочаров А.Ю. Структура и динамика высокогорных лесов Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай) в условиях изменений климата // Вестник Томского гос. ун-та. 2011. № 352. С. 203–206.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ОТНОШЕНИЯ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ УГЛЕРОДА δ^{13} В ПЫЛЬЦЕ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

Бляхарчук Т.А., Симонова Г.В., Ветрова О.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН.
Томск пр. Академический 10/3. e-mail: tarun5@rambler.ru

В последние годы анализ изотопного состава углерода в растительных тканях и органах находит разнообразное практическое и фундаментальное применение при исследовании взаимодействия растений с окружающей средой [1, 2]. Важным направлением является использование стабильных изотопов для решения проблем палеоклиматологии [3]. При этом пыльца растений в некоторых работах рассматривается как идеальная растительная ткань для изотопных исследований [4]. Изучению изотопного состава пыльцы экзотических для Сибири видов растений посвящен ряд работ Американских исследователей [4]. В предлагаемом исследовании мы впервые провели измерение изотопного обогащения $\delta^{13}\text{C}$ в пыльце 8 видов сибирских лиственных пород деревьев произрастающих в Томске и его окрестностях.

В своём исследовании мы использовали коллекцию пыльцы, собиравшуюся первым автором тезисов в течение нескольких лет. Это позволило нам проследить изменение изотопного отношения углерода в пыльце различных видов по годам и сопоставить эти данные с погодными условиями года цветения и сбора пыльцы. Мы использовали метеоданные по среднемесячным температурам двух весенних месяцев – апреля и мая, в течение которых большинство Сибирских древесных видов проходят физиологические фазы от начала весеннего сокодвижения до цветения и формирования листьев. Метеоданные взяты с сайта: www.pogodaiklimat.ru.

Для изотопного исследования сухая пыльца растений тщательно очищалась от примесей (чешуек, пыльников и других растительных тканей) с помощью металлических сит с диаметром ячеек от 500 до 100 микрон. Затем 500 мкг очищенной пыльцы помещалось в оловянную капсулу и сжигалось в окислительно-восстановительном реакторе элементного анализатора Flach 2000 (ТомЦКП СО РАН). Выделившийся при горении CO_2 анализировался в изотопном масс-спектрометре DELTA V Advantage (ТомЦКП СО РАН). На основе измерения интенсивностей ионных сигналов величина изотопного отношения $\delta^{13}\text{C}$ (изотопное обогащение) вычислялась по формуле:

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{д\`{e}л}} - (^{13}\tilde{\text{N}}/^{12}\tilde{\text{N}})_{\text{н\`{o}д\`{e}л}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{н\`{o}д\`{e}л}}} \cdot 1000$$

Величина δ вычисляется в тысячных долях (промилле), которые обозначаются значком - ‰. Изотопный состав измерялся относительно стандартного газа, который был прокальброван по стандарту целлюлозы IAEA-CH-3 (МАГАТЭ). Погрешность измерения не превышала $\pm 0,1\text{‰}$.

Проведённый анализ показал, что наблюдается увеличение содержания тяжелого изотопа ^{13}C в органическом веществе пыльцевых зёрен древесных видов принадлежащих к лиственным породам при более высоких среднемесячных температурах в период цветения. Вероятно, более тёплые погодные условия стимулируют метаболические процессы в растениях этой группы, в результате чего больше тяжелых изотопов ^{13}C поглощается ими во время фотосинтеза органического вещества из углекислого газа и воды. У 6-ти исследованных древесных видов (*Salix viminalis*, *Salix caprea*, *Populus nigra*, *Populus tremula*, *Ulmus laevis*, *Acer negundo*) при более тёплых погодных условиях апреля происходило более интенсивное усвоение тяжелого изотопа $\delta^{13}\text{C}$ при формировании и развитии пыльцевых зёрен, по сравнению с годом, когда среднемесячная температура

апреля была ниже (рис.1). Берёза, зацветающая немного позднее, проявила указанную закономерность с температурой мая. Не наблюдается отмеченная зависимость от температуры весенних месяцев только у образцов пыльцы липы (обр. № 20 и 21) цветущей в июле.

Предварительные исследования показали, что степень фракционирования тяжелого изотопа углерода растением, по-видимому, зависит как от интенсивности метаболических процессов, зависящих от погодных условий, так и от общего физиологического состояния организма растения.

Так, если растение ослаблено, как, например, в случае поваленной берёзы (*Betula pendula*) с горелого болота (образец № 19), наблюдается резкое снижение интенсивности поглощения углекислого газа с тяжелым изотопом углерода до $-28,31\%$, по сравнению с неповреждёнными растениями того же вида в том же году ($-26,72\%$ и $-26,69\%$). Вероятно, что локальные экологические условия произрастания растения так же влияют на интенсивность фракционирования тяжелого изотопа углерода. Например, растение ивы козьей (*Salix caprea*), произрастающее на открытом солнечном склоне в Лагерном саду (образец № 3) усвоило значительно больше тяжелого изотопа $\delta^{13}\text{C} = -24,57$, по сравнению с растением того же вида, но произрастающим в лесном окружении (образец № 4) при тех же погодных условиях 2015 г. В 2014 году в условиях несколько более прохладной весны по сравнению с 2015 г. одно и то же растение *Salix caprea* в лесном окружении ассимилировало несколько меньшее количество тяжелого изотопа $\delta^{13}\text{C}$ в состав своей пыльцы по сравнению с теплым 2015 годом.

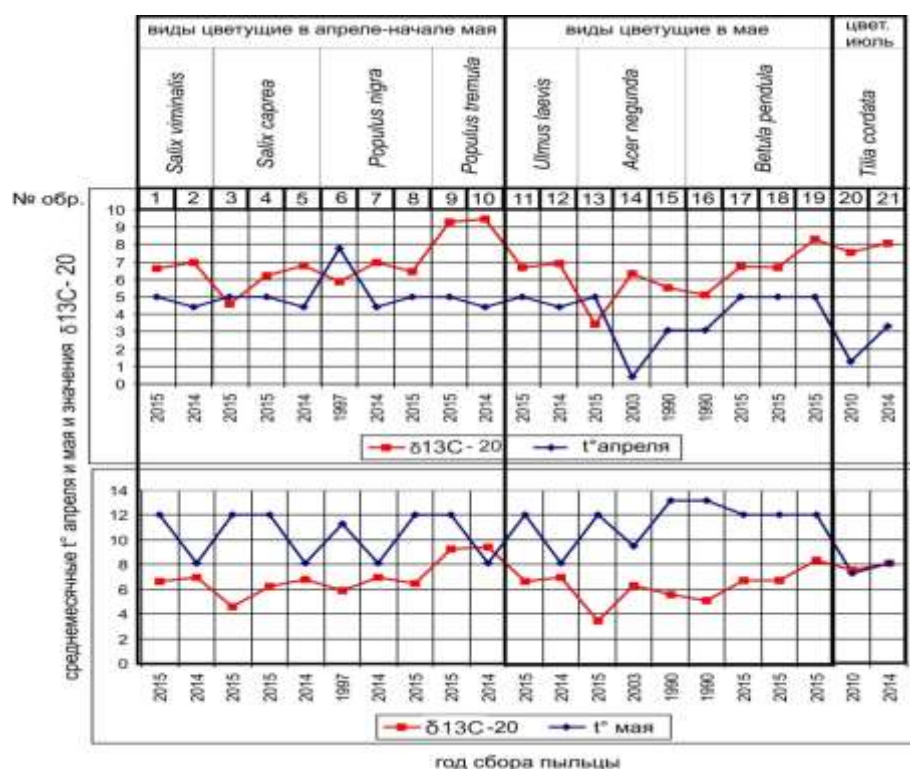


Рисунок 1. Зависимость $\delta^{13}\text{C}$ в пыльце лиственных древесных видов от температурных условий апреля и мая. Для наглядности сопоставления графиков температуры и изотопного состава, значения $\delta^{13}\text{C}$ представлены за вычетом 20.

Таким образом, проведённое исследование изотопного состава углерода в пыльце древесных видов лиственных пород показало высокую чувствительность метода масс-спектрометрии изотопных отношений позволившего выявить особенности локальных условий произрастания, физиологическое состояние растительных организмов и их

реакцию на погодичную изменчивость температурно-влажностных условий весеннего периода.

1. Beerling D.J., Royer D.L. Fossil plants as indicators of the Phanerozoic global carbon cycle. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 2002. 30. P. 527-556.
2. Dawson T.E., Mambelli S, Plamboeck A.H., Templer P.H., Tu K.P. Stable isotopes in plant ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 2002. 33. P. 507-559.
3. Loader N.J, Hemming D.L. Spatial variation in pollen $\delta^{13}\text{C}$ correlation with temperature and seasonal development timing. *Holocene*. 2001. 11 (5). P. 587-592.
4. Hope Jaren A. The carbon stable isotope composition of pollen. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 2004. 132. P. 291-313.

БОЛОТНЫЕ ФОРМЫ КЕДРА СИБИРСКОГО

Велисевич С.Н.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, г. Томск, пр. Академический 10/3, velisevich@imces.ru

На большей части своего ареала кедр сибирский произрастает в виде прямостоячего дерева с доминирующим ростом главной оси, однако на интразональных границах распространения, обусловленных недостатком тепла (верхняя граница в горах) и избытком влаги (заболоченные экотопы), он образует другие формы роста. Так, в высокогорье этот вид формирует непрерывный морфологический ряд, соответствующий изменению степени экстремальности среды: от кривоствольных и низкорослых деревьев до кустовидных и стелющихся форм. На лесо-болотной границе распространения кедр сибирский может встречаться в рямовой форме (*Pinus sibirica* f. *turfosa* Gorodk.) с вертикальным стволом высотой 5-7 метров (Городков, 1916). На участках грядово-мочажинных и грядово-озерных комплексов в южной подзоне тайги Западной Сибири описана еще одна экологическая форма этого вида - «кустовидная» *Pinus sibirica* f. *pumila* (Храмов, Валуцкий, 1970). В качестве основных причин появления болотной «кустовидной» формы *Pinus sibirica* f. *pumila* рассматривалось отрицательное влияние затопления и отсутствие аэрации, высказывалось мнение об угнетающем влиянии быстро растущего сфагнового покрова на развитие семян. В ходе собственных маршрутных исследований растительности верховых участков болота Таган на юге Томской области мы провели осмотр деревьев кедров различного возраста. Он показал, что между древовидной и «кустовидной» формами существует непрерывный ряд промежуточных морфологических вариантов, которые располагались в непосредственной близости друг от друга - в пределах одного рямового бугра в топи. Кроме того, выяснилось, что древовидный габитус имели деревья, растущие в центральной части бугров, «кустовидный» - на периферии. Это позволило предположить, что направленность морфогенеза связана со спецификой микрорельефа самих рямовых бугров, сформированных сфагновыми мхами различных видов, различающихся по морфологии и скорости роста (Дюкарев и др., 2011; Мульдияров, Лапшина, 1983).

Материал для исследования был собран на верховом участке болота Таган в северной части междуречья Оби и Томи (южная подзона тайги Западной Сибири). Центральная часть верхового участка представлена сочетанием рямовых бугров в топи, сформированных из *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr. и *S. magellanicum* Brid. В микропонижениях между буграми произрастал *S. angustifolium* (Russ.) C. Jens. Древесный ярус представлен внебонитетными рямовыми формами *Pinus sylvestris* и *P. sibirica*. Мощность торфяной залежи около 3,5 м. В центральной части болота были выбраны три типичных рямовых бугра площадью 20-30 кв. м. На них было найдено 92 экземпляра кедров сибирского разнообразного возраста, высоты и структуры кроны. Для морфологического анализа были взяты 2 группы деревьев 1-40 лет в периферических и центральных частях рямовых бугров.

По нашим данным, деревья древовидной формы роста были приурочены к более сухим центральным частям рямовых бугров, сформированным преимущественно из медленно растущего *S. fuscum*. В условиях сильного обводнения на склонах бугров, где преобладает быстрорастущий *S. magellanicum*, кедр приобретает кустовидный габитус, поскольку скорость нарастания сфагновой дернины сопоставима с темпами роста самого дерева. Деревья «кустовидной» и древовидной форм существенно отличались и по соотношению частей кроны возвышающихся над поверхностью мха и погребенных в моховой субстрат. К 25 годам у деревьев «кустовидной» формы в среднем только 24% длины ствола оказалось над поверхностью мха, остальная часть была погребена в его

толщу. У древовидной формы к этому возрасту более 60% длины ствола находилось надо мхом.

Отсутствие минерального почвенного субстрата на верховых участках болот в большей мере ограничивает функционирование корневой системы дерева, которая вследствие гипоксии постепенно отмирает в глубоких слоях полуразложившегося сфагнового мха. Поэтому решающую роль в выживании сосны кедровой сибирской в этих условиях играет ее способность формировать многоярусную придаточную корневую систему за счет пролиферации стеблевых латентных почек. У особой древовидной формы к 10 годам формируются первые придаточные корни из латентных почек ювенильного побега, а в надземной части – первые боковые ветви. К 25 годам система первичного корня отмирает, ее функция переходит к придаточной корневой системе, которая к этому возрасту уже достаточно хорошо сформирована. Крона ортотропно ориентирована и располагается выше поверхности рямового бугра. К 40 годам основные черты древовидного габитуса закрепляются и дальнейшее развитие древовидной формы и ее превращение в типичную для верховых участков болот рямовую форму состоит в увеличении размеров кроны и усложнении ее структуры. Осмотр растущих рядом взрослых 150-летних деревьев рямовой формы показал, что на основаниях стволов, погруженных в мох, новые придаточные корни не образуются из-за того, что живые латентные почки, способные к пролиферации, находятся выше поверхности рямового бугра.

У деревьев «кустовидной» формы к 10 годам имеется лишь неветвящийся побег, живая система первичного корня и в некоторых случаях первые придаточные корни. В 25 лет корневая система представлена тонкими шнуровидными придаточными корнями, а крона состоит из многократно перевершиненных слабо разветвленных осей, слегка возвышающихся над поверхностью рямового бугра. К 40 годам надземная часть распадается на несколько равноправных осей, функционирующих автономно за счет формирования собственных придаточных корневых систем, связанных между собой на глубине лишь механически за счет отмерших нижних частей. На обследованной площади верхового участка болота нами не встречено экземпляров «кустовидной» формы старше 40 лет, однако А.А. Храмовым и В.И. Валуцким (1970) на Иксинском болоте (юг Томской области) описано несколько экземпляров, расчетный возраст которых достигал 80-90 лет. Возвышающиеся надо мхом верхушки этих осей имели короткие годичные приросты и сухие элементы, что свидетельствовало о недолговечности обнаруженных деревьев.

Приведенные выше сведения характеризуют кедр сибирский как морфологически пластичный вид, способный в экстремальных условиях выживать благодаря смене древовидной (основной) формы роста на различные варианты стелющихся. Их можно охарактеризовать как «вынужденные» и потому временные, так как при изменении внешних условий в благоприятную для вида сторону образуются ортотропные элементы кроны, характерные для древовидной формы. Жизненный цикл «кустовидных» особей весьма непродолжителен и скорее напоминает медленное отмирание, поскольку имматурный период онтогенеза у них непосредственно сменяется квазисенильным. Полученные сведения расширяют наши представления об экобиоморфологии кедра сибирского, диапазоне модификационной изменчивости этого вида и путях морфологической адаптации к весьма различным условиям существования в пределах своего экологического ареала.

1. Городков Б.Н. Наблюдения над жизнью кедра (*Pinus sibirica* Mayr) в Западной Сибири. Тр. Ботан. музея Императорской академии наук. 1916. Вып. 16. С. 153-172.
2. Дюкарев Е.А., Лапшина Е.Д., Пологова Н.Н. Динамика прироста сфагновых мхов и ее связь с климатическими характеристиками. Материалы третьего международного полевого симпозиума «Западносибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее». Ханты-Мансийск, 27 июня- 5 июля 2011 г. С. 16-17.

3. Мильдияров Е.Я., Лапина Е.Д. Датировка верхних слоев торфяной залежи, используемой для изучения космических аэрозолей. В кн.: Метеоритные и метеорные исследования. Новосибирск, 1983. Изд-во «Наука». С. 75-84.
4. Храмов А.А., Валуцкий В.И. Необычная форма *Pinus sibirica* (Rupr.) Мауг на верховом болоте. Бот. журн. 1970. № 2, Т. 55. С. 280-284.

ИЗМЕРЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ОБРАЗЦОВ МЕДА ДЛЯ РОССИЙСКОГО РЫНКА

Ветрова О.В.¹, Калашикова Д.А.³, Мелков В.Н.¹, Симонова Г.В.^{1,2}

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический 10/3, e-mail: vetrovao.v@mail.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина 36, e-mail: galina_simonova@inbox.ru

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина 30, e-mail: terrezapr@mail.ru

Мед – продукт переработки нектара растений медоносной пчелой. Состав и качество меда изменяется в зависимости от метода производства, климатических условий региона, условий обработки и хранения, а также от нектара, который является источником меда.

Основные проблемы качества меда - фальсификация сахарными сиропами и патоками, а также неверная информация о географическом происхождении меда. В связи с этим возникает необходимость определения точного географического происхождения меда и выявления фальсификатов. При классификации ботанического и географического происхождения меда обычно определяют химический состав, физические характеристики, органолептические параметры меда и состав пыльцы (мелиссопалинология). Основные компоненты меда – углеводы (фруктоза до 40%, глюкоза до 30%, сахароза, мальтоза) и вода (до 20%). Жиры и белки практически отсутствуют (белки до 0,3 г). Наиболее точный метод определения химического состава меда – хроматография (газовая или жидкостная). К сожалению, информация, полученная вышеперечисленными методами недостаточна для выявления случаев фальсификации.

Перспективным и универсальным методом анализа пищевых продуктов является изотопная масс-спектрометрия. Данный метод эффективен для определения географического источника сырья и для выяснения его происхождения [1].

При анализе меда определяют отношение изотопов углерода, входящего в состав углеводов. Это отношение выражается следующей формулой:

$$\delta^{13}\tilde{N} = 1000(R_1 - R_2) / R_2 \text{ (‰ – промилле)},$$

где R_1 – отношение $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ в исследуемом образце, R_2 – отношение $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ в стандартном образце. Стандартный образец - ископаемый ракушечник *Belemnitella americana*.

При поглощении растениями углекислого газа (CO_2) с образованием органических соединений происходит изменение изотопного отношения углерода. Этот эффект обусловлен кинетикой процесса фотосинтеза. Изменение отношения (фракционирование) приводит к обогащению растения легких изотопом ^{12}C . При этом степень обогащения зависит от пути ассимиляции углерода. Существуют два пути метаболизма, которые различаются по углеродному скелету первоначального органического соединения. Первый путь приводит к образованию 3-фосфоглицерата, соединения с 3 атомами углерода (цикл Кальвина). Растения этого типа (C-3) распространены в природе (сахарная свекла, пшеница и др.). В растениях второго типа образуются сначала яблочная и аспарагиновая кислоты (малат и аспартат). Эти соединения содержат 4 атома углерода (цикл Хетча-Слэка; C-4). Растения с таким типом фотосинтеза обитают главным образом в жарких и засушливых условиях (кукуруза, сахарный тростник, сорго и т.д.). Существуют также растения с промежуточным типом фотосинтеза, относящиеся к суккулентам (род *Crassula* и др.). Этот тип фотосинтеза обозначается как САМ-метаболизм (crassulacean acid metabolism).

У C-3 растений $\delta^{13}\text{C}$ колеблется от -22‰ до -32‰, а $\delta^{13}\text{C}$ для растений C-4 от -9,2 ‰ до -18‰. Так как пчелы собирают нектар обычно с растений C-3, то натуральный мед имеет $\delta^{13}\text{C}$ примерно от -25‰ до -27‰. При разбавлении меда сиропом из сахарного

травянистого меда будет обогащен тяжелым изотопом ^{13}C ($\delta^{13}\text{C} > -25\text{‰}$). Кроме этого, белковый и углеводные компоненты должны иметь одинаковый изотопный состав по углероду.

В работе представлены результаты анализа величины $\delta^{13}\text{C}$ для образцов меда из разных точек России. После разделения [2] меда на белковую и углеводную части, был определен изотопный состав углерода в каждой из них (Табл.1). Отличие изотопного состава более чем на -1‰ свидетельствует о фальсификации меда сахаром или сиропом. Степень фальсификации меда (процент содержания сахара растений типа C4) определена по формуле [3]:

$$C4_{\text{сахар}} (\%) = \left[\frac{\delta^{13}\text{C}_{\text{протеин}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{мед}}}{\delta^{13}\text{C}_{\text{протеин}} - (-9,7)} \right] \times 100,$$

где $\delta^{13}\text{C}_{\text{протеин}}$ – величина $\delta^{13}\text{C}$ для белковой части меда, $\delta^{13}\text{C}_{\text{мед}}$ – $\delta^{13}\text{C}$ для меда, $-9,7\text{‰}$ – величина $\delta^{13}\text{C}$ для сахара из растений C4.

Таблица 1. Изотопный состав меда различных регионов России

Наименование меда	Место сбора меда	$\delta^{13}\text{C}_{\text{протеина}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{мед}}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{протеин}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{мед}}$ (‰)	Процентное содержание сахара растений типа C4
Разнотравье	Красногорск (Алт.кр)	-27, 94±0,06	-28,87	0,93	-
Разнотравье	Залесово (Кузбасс)	-28,48	-29,35	0,87	
Светлый мед	с. Солонешное(Алт.кр)	-26,74	-27,55	0,81	
Мед в сотах	Р.п. Алтайское	-28,77	-29,51	0,74	
Разнотравье	Кемеровская обл.	-26,29	-26,94	0,65	
Разнотравье	Бакчар (Том. обл.)	-26,755	-28,08	1,33	
Светлый мед	Башкирия	-25,51	-26,22	0,71	
Горный мед	Башкирия	-26,59	-26,747	0,16	
Таежный мед	Уссурийск	-25,49	-25,55	0,06	
Липовый мед	Туапсе	-25,86	-25,6	-0,26	1,6%
Девясильный мед	Туапсе	-26,95	-26,38	-0,57	-
Эвкалиптовый мед	Туапсе	-26,45	-25,18	-0,65	3,9%
Светлый мед	Адыгея	-26,63	-24,2	-2,43	14,3%
Липовый мед	Майкоп	-26,44	-26,12	-0,32	1,9%
Мед фацелия	Туапсе	-26,29	-25,94	-0,35	2%

Данные по изотопному отношению углерода весьма информативны для дифференциации исследуемых образцов по месту их происхождения. Поэтому изотопный состав меда может служить своеобразным маркером, для определения его географического происхождения.

1. А. Талибова, А. Колеснов. Оценка качества и безопасности пищевой продукции методом изотопной масс-спектрометрии // Аналитика. – 2011. – №1. – С. 44-48.
2. Serap B. Çinar, Aziz Ekşi, İlknur Coşkun. Carbon isotope ratio ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) of pine honey and detection of HFCS adulteration // Food Chemistry. – 15 August 2014. – V. 157. – P. 10-13.
3. Mehmet Fatih Cengiz, M. Zeki Durak, Musa Ozturk. In-house validation for the determination of honey adulteration with plant sugars (C4) by Isotope Ratio Mass Spectrometry (IR-MS) // Food Science and Technology. – 2014. – V. 57. – №1. – P. 9-15.

СТРУКТУРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЖИЗНЕННЫХ ФОРМАХ РАСТЕНИЙ БАКЧАРСКОГО БОЛОТА

Гашкова Л.П.

ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа», г Томск, ул. Гагарина, 3, gashkova-lp@rambler.ru

Особенности формирования внутренней биогеохимической структуры геосистем обусловлены характером взаимоотношений между отдельными ярусами и жизненными формами растений, их геохимической специализацией [1]. На антропогенно нарушенных территориях эта структура изменяется, по уровню её трансформации можно оценить степень воздействия на геосистему, что особенно актуально для верховых болот, где абсолютные значения содержания тяжёлых металлов в растениях намного ниже, чем на минеральных почвах. Цель работы состояла в выявлении структуры содержания тяжёлых металлов в отдельных жизненных формах растительности фоновых участков верхового болота.

Исследования проводились в Томской области, в пределах Бакчарского болотного массива. Изучаемая территория отдалена от источников техногенного загрязнения, за исключением дальнего атмосферного переноса. Растения отбирались на четырёх участках, расположенных по линии профиля от окраины верхового болота к центру. Анализ проводился вольт-амперометрическим методом.

По исследованным видам рассчитаны средние значения содержания тяжёлых металлов. Между содержанием в растениях Pb и Cu, Pb и Zn, Cu и Zn обнаружена значимая корреляция ($R_s=0,6$ при $p<0,001$). Для установления характера распределения элементов между отдельными жизненными формами, растения были объединены в четыре группы, для каждой из которых была рассчитана средняя концентрация тяжёлых металлов (Таблица 1).

Таблица 1. Список исследованных видов растений

Древесные	Кустарнички	Травянистые	Мохообразные
Pinus sylvestris L.	Betula nana L.	Carex rostrata Stokes	Sphagnum fuscum (Schimp.) Klinggr.
Pinus sibirica Du Tour	Chamaedaphne calyculata (L.) Moench	Eriophorum vaginatum L.	
Betula pubescens Ehrh.	Ledum palustre L.	Scheuchzeria palustris L.	
	Vaccinium uliginosum L.	Rhynchospora alba (L.) Vahl	
	Andromeda polifolia L.		

Ранее полученные данные зафиксировали увеличение содержания тяжёлых металлов в растениях и верхних слоях торфа только на некоторых антропогенно изменённых болотах [2]. Полученные результаты с фоновых участков верховых болот указывают на то, что концентрация тяжёлых металлов в растениях находится в нижних пределах их содержания по данным других авторов [3, 4, 5]. Наибольшая концентрация Zn обнаружилась в древесных и травянистых растениях, дефицитный для растений уровень Zn содержится в кустарничках и сфагновых мхах.

Сравнение различных жизненных форм по содержанию Cu показывает, что по этому показателю доминируют древесные растения, особенно активно аккумулирует Cu Pinus sibirica, а наименьшее содержание этого элемента отмечено в Sphagnum fuscum.

Низкое содержание Pb, по сравнению с [6] зафиксировано практически во всех растениях с топяных участков. При рассмотрении различных жизненных форм выясняется, что сфагновые мхи накапливают наибольшие концентрации Pb, по сравнению с кустарничками и травами.

Соотношение содержания Cd в разных жизненных формах растений резко отличается от распределения других элементов. В среднем, активнее всего Cd аккумулируют кустарнички, например, *Vaccinium uliginosum*, в отличие от древесных (Таблица 2).

Таблица 2. Содержание тяжёлых металлов в жизненных формах растений верхового болота

Жизненная форма	Содержание тяжёлых металлов, мг/кг			
	Zn	Cu	Pb	Cd
Древесные	55,23	0,46	0,23	0,0019
Кустарнички	9,74	0,079	0,14	0,024
Травянистые	27,64	0,16	0,15	0,0072
Мохообразные	13,43	0,027	0,27	0,012

Таким образом, зафиксирована структура распределения содержания элементов по ярусам, наибольшее содержание Cu и Zn зафиксировано в древесных растениях, концентрация Pb выше всего в сфагновых мхах, Cd активнее накапливают кустарнички. Такое соотношение сохраняется на всех исследованных нами фоновых участках.

1. Глазовская, М.А. Методологические основы оценки эколого- геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям / М.А. Глазовская. – М.: Изд-во. Моск. ун-та. – 1997. – 102 с.
2. Гашкова Л. П., Иванова Е. С. Аккумуляция тяжёлых металлов в растениях-доминантах антропогенно нарушенных участков болот на территории Томской области / Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 16. №1(3), 2014, с.732-735.
3. Сает Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. и др. / Геохимия окружающей среды. - М.: Недра, 1990.—335 с.
4. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва- растение / Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991.- 151 с.
5. Бахнов В.К. Биогеохимические аспекты болотообразовательного процесса. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986
6. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В.Б. Ильин, А.И. Сысо. – Новосибирск: Изд-во СО РЛН, 2001. - 229 с.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОДУЦИРОВАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ТОРФАМИ ОЛИГОТРОФНОГО БОЛОТА

Головацкая Е.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск,
пр. Академический 10/3, golovatskaya@imces.ru

Болотные экосистемы характеризуются низкой скоростью разложения, что приводит к долговременной аккумуляции органического вещества в виде торфа. Наиболее активное разложение происходит в верхнем аэробном слое, который хорошо прогревается, имеет доступ кислорода, в который поступает свежий опад богатый легкоминерализуемыми фракциями органического вещества. По мере увеличения мощности торфяной залежи происходит смена аэробных условий на анаэробные, снижается активность микроорганизмов и существенно снижается скорость трансформации растительных остатков.

Проводилась оценка потенциальной эмиссии CO_2 с разных глубин трех торфяных профилей олиготрофного болота Бакчарское (стационар «Васюганье»): сосново-кустарничково-сфагновые фитоценозы – высокий рям (4 вида торфа) и низкий рям (4 вида торфа) и открытая осоково-сфагновая топь (6 видов торфа). Подробное описание торфяных разрезов и физико-химических характеристик приведено в опубликованных материалах [1]. Интенсивность выделения CO_2 определялась хемосорбционным методом [2], при температуре $20 \pm 2^\circ \text{C}$ и полевой влажности торфа. В течение 10 суток ежедневно проводилось измерение эмиссии CO_2 . Для оценки взаимосвязи между физико-химическими свойствами торфов и выявления факторов, влияющих на интенсивность эмиссии CO_2 использовались корреляционный и дисперсионный анализ.

Для вертикального профиля исследуемых фитоценозов выявлено снижение интенсивности выделения CO_2 с глубиной, наиболее явно это проявляется в торфяной залежи высокого рья. В торфяной залежи низкого рья на при общем снижении интенсивности эмиссии CO_2 с глубиной наблюдается увеличение интенсивности в нижнем горизонте торфяной залежи, который образован низинным осоковым торфом. В торфяной залежи открытой топи также происходит снижение интенсивности с глубиной, однако для слоя 100-125 см и придонного слоя (250-270 см) наблюдается увеличение интенсивности эмиссии CO_2 (табл.).

Таблица. Средняя интенсивность эмиссии CO_2 , мг/100 г. сух. торфа в сутки

Высокий рям		Низкий рям		Открытая топь	
Глубина	Эмиссия CO_2	Глубина	Эмиссия CO_2	Глубина	Эмиссия CO_2
0-25	42,1	0-100	41,0	0-50	51,9
25-50	32,1	100-150	23,0	50-100	25,2
50-75	22,1	150-200	8,8	100-125	27,0
75-100	12,3	200-250	22,6	125-150	13,1
-	-	-	-	150-250	15,9
-	-	-	-	250-270	22,2

Результаты однофакторного дисперсионного анализа показали, что для торфяной залежи высокого рья наблюдается достоверное снижение интенсивности выделения CO_2 с глубиной ($F_{\text{кр}}$ изменяется от 4,55 до 11,49 при уровне значимости 0,05). Для низкого рья также выявлены достоверные различия эмиссии CO_2 с разных глубин, однако для глубин 100-150 и 200-250 эти различия не значимы. Для торфяной залежи открытой топи характерно достоверное отличие верхнего слоя от более глубоких слоев ($F_{\text{кр}} = 53,9$). Интенсивность с глубин 50-100, 100-125 и 250-270 отличается не значимо. Также близкие

значения получены для слоев 125-150 и 150-250. Это может быть связано с видом и физико-химическими свойствами торфа. Результаты корреляционного анализа показали наличие отрицательной связи между интенсивностью эмиссии CO_2 и содержанием С ($r=(-0,33) - (-0,71)$), N ($r=(-0,37) - (-0,98)$), зольностью ($r=(-0,33) - (-0,98)$) и степенью разложения ($r=(-0,49) - (-0,98)$), и положительной связи с отношением С/Н ($r=0,75 - 0,80$).

Оценка влияния фракционно-группового состава органического вещества торфа [1] показала, наличие отрицательной связи интенсивности выделения CO_2 с содержанием гуминовых кислот (ГК) разных фракций и отношением ГК/ФК (r равен от $-0,37$ до $-0,71$). Наиболее тесная связь выявлена между содержанием ГК третьей фракции и эмиссией CO_2 . Положительное влияние оказывают содержание фульвокислот (ФК) 1 и 3 фракций ($r=0,50$ и $0,44$ соответственно), а также содержание легко-, трудногидролизующих веществ и негидролизующего остатка ($r=0,37, 0,59$ и $0,53$).

Динамика эмиссии CO_2 в течение 10 дней имеет сходный характер во всех образцах торфа высокого и низкого яруса, который проявляется в снижении интенсивности эмиссии CO_2 со временем во всех образцах кроме слоев 50-75 и 75-100 см на высоком ярусе. Для эмиссии CO_2 из образцов торфа открытой топи в течение периода исследования не наблюдается значимого тренда, за исключением слоев 50-100 (увеличение интенсивности) и 250-270 (снижение интенсивности). При оценке динамики эмиссии CO_2 с торфов высокого и низкого яруса можно выделить два периода интенсивного снижения в первые 5-6 дней и последующего более медленного снижения, а в некоторых случаях даже увеличения интенсивности. Возможно это связано с резким усилением активности микроорганизмов при смене анаэробных условий на аэробные, а также на изменение температурного режима на начальном этапе и последующей стабилизацией условий жизнедеятельности микроорганизмов. Для выяснения этих закономерностей необходимо проведение дополнительных исследований.

Основываясь на полученных данных по эмиссии CO_2 с разных глубин торфяной залежи была рассчитана потенциальная эмиссия CO_2 за бесснежный период. В результате расчетов получено, что потенциальная эмиссия из глубоких слоев составляет 6-20% на высоком ярусе, 5-25% на низком ярусе и 7-28% на открытой топи. Максимальные значения характерны для верхних горизонтов. Таким образом, при смене анаэробных условий, например в результате осушения и снижения уровня болотных вод возможно увеличение эмиссии CO_2 на 20-28%.

Увеличение интенсивности эмиссии CO_2 происходит в результате усиления активности микроорганизмов и как следствие ускорения процессов трансформации органического вещества торфа. Согласно литературным данным [3] при выделении 1 г CO_2 теряется 0,68 г органического вещества. Основываясь на этих данных мы оценили потенциальные потери массы в исследуемых торфах, при попадании торфа в аэробные условия потери массы составляют 1,5-5,1 % в год на высоком ярусе, 1,1- 5 % на низком ярусе и 1,6-6,4 % на открытой топи.

1. Л.И. Инишева, Т.В. Дементьева, Е.А. Головацкая, Е.В. Порохина, Научно-исследовательский полигон «Васюганье», Программа научной экскурсии. Томск: ЦНТИ, 2003, 88.
2. Иванникова Л. А. Способ определения кинетики минерализации органического вещества почвы. Патент СССР. № 1806375 от 08.04.1991.
3. Hogg E. Decay potential of hummock and hollow Sphagnum peats at different depths in a Swedish raised bog // OIKOS, 1993, 66:269-278.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИЗОТОПОВ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФА В ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ГРЯДОВО-МОЧАЖИННОГО КОМПЛЕКСА

Головацкая Е.А., Веретенникова Е.Э., Ветрова О.В., Симонова Г.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия,
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3, e-mail: golovatskaya@imces.ru

Болотные экосистемы являются уникальными объектами, в которых в виде торфяных залежей сохраняется информация о сменах растительного покрова, о климатических изменениях и т.д. Торфяные залежи болот могут использоваться для реконструкции палеорастительности и палеоклиматических условий, которые могут быть отражены не только в данных о стратиграфии и химическом составе торфа, но в изменениях изотопного состава органического вещества. Для выполнения таких исследований используются различные методы: анализ ботанического состава торфа, споро-пыльцевой анализ, радиоуглеродное датирование, анализ раковинных амёб, определение содержания органического вещества (ОВ), индексов гумификации торфа, изотопный анализ ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$), $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ($\delta^{15}\text{N}$), и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ($\delta^{18}\text{O}$)) и т.д.

На основании данных о соотношения изотопов $\delta^{13}\text{C}$ можно судить о климатических факторах таких как температура, величина испарения, осадки. Изменение изотопов углерода главным образом отображает соотношение C_3 и C_4 растений, в том числе и растений торфообразователей [1, 2]. Однако среди большого количества исследований посвященных изучению стабильных изотопов, довольно мало информации касающейся влияния процессов разложения/гумификации ОВ на изотопный состав в торфяных отложениях; отсутствуют данные о стабильных изотопах гуминовых кислот (ГК) с точки зрения палеоэкологических реконструкций [3].

В процессе трансформации растительных остатков высвободившийся углерод метаболизируется микроорганизмами. Различные фракции органического вещества, не достигшие конечного разложения образуют гуминовые кислоты. Со временем ГК преобразуются, окисляясь до CO_2 и воды, однако этот процесс весьма продолжителен, так как вещества гумусовой природы обладают высокой устойчивостью к биохимической и термической деструкции. Таким образом ГК являются одним из продуктов процесса гумификации, а также способствуют долговременному накоплению углерода в течение тысячелетий. Следовательно, торфяные залежи болотных экосистем являются надежными архивами, в которых изменения климата и растительности отражаются также во фракции ГК.

Цель исследования заключается в изучении динамики стабильных изотопов углерода в гуминовых кислотах торфа в процессе гумификации торфяных залежей олиготрофного болота.

Исследовались два торфяных разреза на грядово-мочажинном комплексе (ГМК) олиготрофного болота Бакчарское (стационар «Васюганье» ИМКЭС СО РАН): торфяная залежь мочажины мощностью 290 см, возраст придонного слоя 5400 кал. лет и гряды мощность торфяной залежи 230 см, начало торфообразования - 2600 кал. л.н. Для исследуемых разрезов выполнены: анализ ботанического состава торфа, степень разложения торфа, определено содержание общего углерода и азота, отношение C/N , определены индекс влажности, индекс гумификации, выполнено радиоуглеродное датирование, рассчитана скорость торфообразования.

Изотопный анализ выполнен на изотопном масс-спектрометре - IRMS, Delta V Advantage (ТомЦКП СО РАН, ИМКЭС), соединенном с элементным анализатором - Flash EA 2000. Элементный анализатор соединен с IRMS через систему Conflo IV, которая дозирует образцы и газы сравнения. Индексы гумификации и влажности были взяты из работы [4], содержание органического углерода из [5].

Известно, что состав ОВ торфа зависит от растений образующих торф. Медленная скорость разложения растений-торфообразователей обеспечивает сохранность отношения стабильных изотопов в торфяной залежи. Согласно данным [6] при увеличении осадков, повышении влажности климата $\delta^{13}\text{C}$ увеличивается и наоборот при аридизации климата - уменьшается. Значения $\delta^{13}\text{C}$ в ГК торфов гряды изменяются от -28,43 до -24,78 ‰; в ГК мочажины - от -29,53 до -25,67 ‰. В целом, изменение изотопного состава $\delta^{13}\text{C}$ в ГК не связано с содержанием углерода в торфе. Отношение $\delta^{13}\text{C}$ в ГК мочажины показывает 2 максимума на глубинах 170 и 130 см, и два минимума на глубинах 200 и 160 см; на гряде обнаружены один максимум в слое 160-170 см и два минимума на глубинах 220 и 110 см. Эти пики хорошо согласуются с пиками индекса гумификации и в большей степени индекса влажности. Исключение представляет верхний слой торфяных залежей, представленных верховыми торфами, в которых при довольно постоянных значениях индекса влажности значения $\delta^{13}\text{C}$ ГК сильно меняются. Таким образом, полученные данные по изотопному составу $\delta^{13}\text{C}$ в ГК исследуемых торфяных залежей в основном адекватно согласуются с реконструированным палеогидрологическим режимом торфяных залежей ГМК, проведенным ранее [4].

Таким образом, на начальном этапе исследований изотопного состава углерода в ГК торфов на примере двух разрезов ГМК можно сказать следующее: 1. изменение отношений $\delta^{13}\text{C}$ в ГК исследуемых торфяных разрезов ГМК в большей степени нашло свое отражение в количественных характеристиках климата, например, таких как смена гидрологического режима; 2. в меньшей степени $\delta^{13}\text{C}$ может свидетельствовать об изменении условий среды на качественном уровне (например, об изменении ботанического состава торфяных слоев).

1. Nordt, L.C., Boutton, T.W., Hallmark, C.T., Water, M.R. Late Quaternary vegetation and climate changes in Central Texas based on the isotopic composition of organic carbon // *Quat. Res.* 1994. №41, 109–120 pp.
2. Smith, B.N., Epstein, S. Two categories of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios for higher plants // *Plant Physiol.* 1971. №47, 380–384 pp.
3. Zacccone C., Casiello G., Longobardi F., Bragazza L., Sacco A., Miano T.M. Evaluating the “Conservative” behavior of stable isotopic ratios ($\delta(^{13}\text{C})$, $\delta(^{15}\text{N})$ and $\delta(^{18}\text{O})$) in humic acids and their reliability as paleoenvironmental proxies along a peat sequence // *J. Chemical Geology* 2011.285, 124-132 pp.
4. Веретенникова Е.Э., Курьина И.В. Эволюция грядово-мочажинного комплекса южно-таежной подзоны Западной Сибири // *География и природные ресурсы*, 2014, № 2, с. 91-99.
5. Головацкая Е.А. Скорость аккумуляции углерода олиготрофными болотами южно-таежной подзоны Западной Сибири // *Материалы Третьей Всероссийской научной конференции «Динамика современных экосистем в голоцене»*. г. Казань Изд-во «Отечество» 2013. С.133-137.
6. Rice, S., Giles, L., The influence of water content and leaf anatomy on carbon isotope discrimination and photosynthesis in Sphagnum // *Plant, Cell and Environment*. 1996. v. 19, 118-124 pp.

ЭМИССИЯ МЕТАНА ИЗ БОЛОТ ТУНДРОВОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Голубятников Л.Л.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН,
119017, Москва, Пыжевский пер, 3
e-mail: golub@ifaran.ru

Основным из природных источников метана являются болотные экосистемы. Суммарная площадь болот составляет от 5.2 до 5.9×10^6 км² или около 5% поверхности площади континентов. Глобальная эмиссия метана из болот оценивается в среднем 170 МтСН₄/год, что составляет около 82% глобальной эмиссии метана из природных источников. При этом 24-72 МтСН₄/год (25%) приходится на болотные экосистемы северных широт и 81-206 МтСН₄/год (75%) составляет эмиссия из тропических болот (Anderson et al., 2010).

Площадь тундровых экосистем Западной Сибири составляет около 344 тыс. км², 23% которой занимают болота. Имеющиеся оценки годовой эмиссии метана с территории этого региона требуют уточнения, т.к. являются либо чисто модельными, полученными при достаточно грубых предположениях, либо основываются на небольшом количестве данных полевых измерений. Предварительные оценки годовой эмиссии метана с поверхности тундровых озер и болотных экосистем Западной Сибири приведены в статьях (Голубятников, Казанцев, 2013; Глаголев и др., 2010). В данной работе на основе экспериментальных данных о потоках метана в атмосферу из болотных экосистем тундровой зоны Западной Сибири оценена годовая эмиссия метана для этого региона.

Полевые исследования проводились в 2009-2010 гг. и в 2013-2014 гг. на ключевых участках тундровой зоны Ямало-Ненецкого автономного округа. Данные участки расположены в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Глубина оттаивания почвенных горизонтов на участках исследований в период наблюдений составляла в среднем около 30 см. На каждом участке были исследованы разнообразные болотные микроландшафты: мёрзлые бугры, приозёрные сплавины, внутриболотные озёрки, олиготрофные мочажины, мезотрофные топи.

Измерения удельного потока метана проводились методом статических камер. Использовались пластиковые камеры размером 30×40×40 см со светоотражающей поверхностью. Камеры устанавливали на основания из нержавеющей стали с водяным замком. Основание заглубляли в торф на глубину 15 см. На озёрках использовали плавающие камеры, которые удерживались на поверхности воды с помощью поплавков. Время экспозиции (время от установки камеры до отбора последней пробы газа) составляло от 30 минут до 1 часа, в течение которого отбиралось четыре пробы камерного воздуха через равные промежутки времени. В качестве пробоотборников использовались трёхкомпонентные одноразовые пластиковые шприцы. После отбора камерного воздуха шприцы герметично закупоривались и доставлялись в лабораторию, где проводился количественный анализ газа. Анализ концентрации метана в каждом шприце проводился на хроматографе "Кристалл-5000.1", оснащённом пламенно-ионизационным детектором.

Величина эмиссии метана с поверхности болотных экосистем вычисляется на основе удельных потоков метана характерных для каждого микроландшафта, площадей, занимаемых каждым микроландшафтом, и продолжительности периода эмиссии метана. Площади, занимаемые каждым микроландшафтом болотных экосистем тундровой зоны, были определены в нашем исследовании (Голубятников и др., 2015). Продолжительность периода эмиссии принималась равной вегетационному периоду, т.е. количеству дней со среднесуточной температурой воздуха не менее +5°C. Продолжительности вегетационных периодов для тундровых подзон Западной Сибири определены на основе данных метеорологических станций этого региона (Голубятников, Казанцев, 2013). В качестве

оценок удельных потоков метана в атмосферу из болотных микроландшафтов были выбраны значения медиан этих потоков определенные на основе результатов полевых измерений. Для мёрзлых бугров данная величина имеет значение $0.05 \text{ мгCH}_4/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, для приозёрных сплавин – $3.17 \text{ мгCH}_4/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, для внутриболотных озёрков – $0.34 \text{ мгCH}_4/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, для олиготрофных мочажин – $1.95 \text{ мгCH}_4/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, для мезотрофных топей – $1.26 \text{ мгCH}_4/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

На основе проведенных расчетов годовой поток метана в атмосферу с заболоченных территорий тундровой зоны Западной Сибири оценен в 0.1 ГтCH_4 , что составляет около 3% региональной эмиссии метана Западной Сибири.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-05-00193-а) и Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН "Влияние современных изменений климата и окружающей среды на процессы в атмосфере и криосфере".

1. Глаголев М.В., Клепцова И.Е., Казанцев В.С., Филиппов И.В., Максюттов Ш.Ш. Эмиссия метана из болотных ландшафтов тундры Западной Сибири // Вестник ТГПУ. 2010. Вып. 3(93). С. 78-86.
2. Голубятников Л.Л., Казанцев В.С. Вклад тундровых озёр Западной Сибири в метановый бюджет атмосферы // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2013. Т. 49. № 4. С. 324-333.
3. Голубятников Л.Л., Заров Е.А., Казанцев В.С., Филиппов И.В., Гаврилов Г.О. Анализ структуры ландшафтов тундровой зоны Западной Сибири на основе спутниковых данных // Исследование Земли из космоса. 2015. №3.
1. Anderson B., Bartlett K., Frolking S., Hayhoe K., Jenkins J., Salas W. Methane and nitrous oxide emissions from natural sources. Washington: EPA. 2010. 194 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ МОЖЖЕВЕЛЬНИКА СИБИРСКОГО В ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВАХ ЮЖНО-ЧУЙСКОГО ХРЕБТА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Диркс М.Н.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, Томск, пр. Академический, 10/3, e-mail: marina_dirks@mail.ru

Можжевельник сибирский (*Juniperus sibirica* Burdst., сем. Cupressaceae), индикаторный вид кустарникового яруса сообществ высокогорных лесов и лесотундрового экотона, на Южно-Чуйском хребте (Горный Алтай) произрастает на его южном макросклоне на высотах 2025-2385 м над ур. м. в среднем и нижнем течении р. Джазатор в окрестностях с. Беяши в лиственнично-кедровых лесах, лиственнично-кедровых и лиственничных редколесьях.

Ценопопуляционные исследования можжевельника сибирского на Южно-Чуйском хребте не проводились.

Цель исследования – изучение онтогенетической структуры ценопопуляций можжевельника сибирского в лесных сообществах Южно-Чуйского хребта.

Онтогенетическая структура ценопопуляций (ЦП) м. сибирского исследовалась с применением классических ценопопуляционно-онтогенетических методов (Работнов, 1950; Диагнозы..., 1989; Уранов, 1975; Ценопопуляции..., 1978). Оценка типов онтогенетических спектров ЦП была проведена по классификации А.А. Уранова и О.В. Смирновой (1969).

М. сибирский был отмечен в следующих лесных сообществах.

ЦП 1. Разнотравно-брусничный лиственнично-кедровый лес (7К3Л) на южном склоне крутизной 5° на высоте 2080 м над ур. моря (49°46' с.ш., 87°22' в.д.). Сомкнутость крон – 0,4-0,5.

ЦП 2. Бруснично-вейниково-зеленомошный лиственнично-кедровый лес (4К4Л2Е) на выровненном участке на абсолютной высоте 2025 м. Сомкнутость крон – 0,6-0,7.

ЦП 3. Разнотравно-осоково-можжевельное лиственнично-кедровое редколесье (5К5Л) на ЮЮВ склоне крутизной 7-10° на высоте 2195 м над ур. моря в окр. с. Беяши (49°46' с.ш., 87°21' в.д.). Сомкнутость крон – 0,2-0,3.

ЦП 4. Овсяницево-ерниковое лиственничное редколесье (10Л) на ЮЮЗ склоне крутизной 2-3° на южном макросклоне Южно-Чуйского хребта, высота 2385 м над ур. моря (49°41' с.ш., 87°43' в.д.). Сомкнутость крон около 0,1.

ЦП 5. Хамерионово-овсяницево-ерниковое лиственничное редколесье (10Л) на ЮЮЗ склоне крутизной 2-3° на южном макросклоне Южно-Чуйского хребта, высота 2330 м над ур. моря (49°41' с.ш., 87°43' в.д.). Сомкнутость крон – 0,3.

Более высокая (780-1260 ос./га) плотность особей была зафиксирована в ЦП в кедрово-лиственничных лесах и редколесьях (2025-2195 м над ур. м.), в лиственничных редколесьях (2300-2385 м над ур. м.) она значительно меньше (100-210 ос./га).

Во всех исследованных ЦП абсолютно преобладают средневозрастные генеративные особи (50-93,6 %, рис. 1). Онтогенетические спектры всех ЦП неполночленные и характеризуются отсутствием проростков, ювенильных и сенильных особей, что, вероятно, объясняется эколого-ценотическими условиями и биологическими особенностями вида. Наиболее молодые иматурные особи отмечены в ЦП в кедрово-лиственничных лесах на участках с поврежденным в результате выборочных рубок напочвенным покровом, в кедрово-лиственничных редколесьях на участках с влиянием выпаса, а также в лиственничных редколесьях в лесотундровом экотоне. Стерильные (взрослые вегетирующие) особи были обнаружены в большинстве ЦП. Чем выше

сомкнутость крон деревьев в лесных сообществах, тем выявлено большее участие в ЦП стерильных особей. ЦП в кедрово-лиственничных лесных сообществах являются нормальными и зрелыми, а в лиственничных редколесьях на верхней границе распространения вида – нормальными и зреющими.

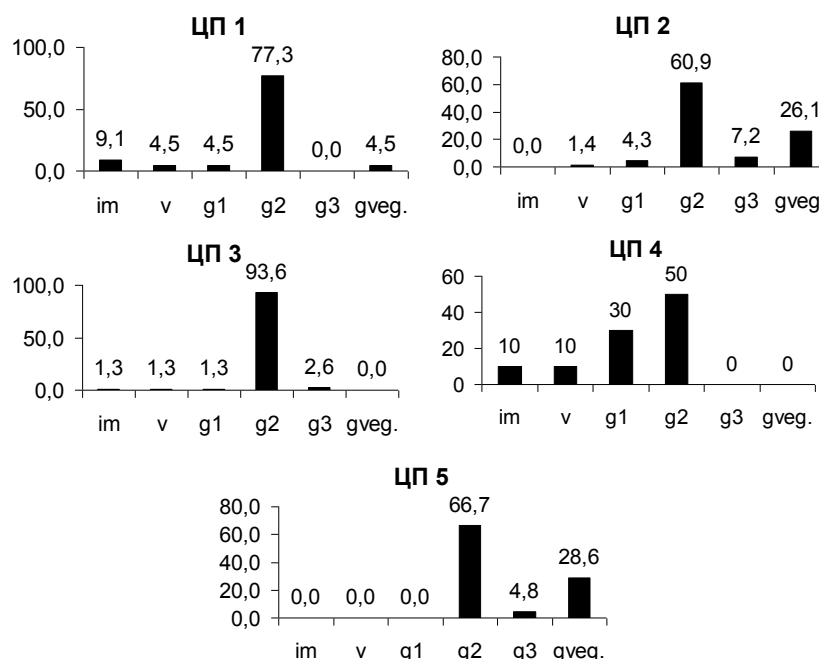


Рисунок 1. Онтогенетические спектры ценопопуляций можжевельника сибирского в лесных сообществах Южно-Чуйского хребта. По оси абсцисс – индексы онтогенетических состояний, по оси ординат – доля особей, %. Онтогенетические состояния: im – имматурное, v – виргинильное, g₁ – молодое генеративное, g₂ – средневозрастное генеративное, g₃ – старое генеративное, g_{veg.} – взрослое вегетирующее.

Ценопопуляции можжевельника сибирского на южном макросклоне Южно-Чуйского хребта в составе лиственнично-кедровых лесов, лиственнично-кедровых и лиственничных редколесий являются устойчивыми, главным образом, за счет долго живущих особей средневозрастного генеративного онтогенетического состояния. В лесотундровом экотоне в лиственничных редколесьях ценопопуляции вида расширяют верхний предел своего распространения.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 13-05-00762).

1. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники: Методические разработки для студентов биологических специальностей / Чистякова А.А., Заугольнова Л.Б., Полтивкина И.В. и др. – М., 1989. – 105 с.
2. Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Геоботаника, 1950. – Сер. 3, вып. 6. – С. 7–204.
3. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. 1975. – № 2. – С. 7-33.
4. Уранов А.А., Смирнова О.В. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюлл. МОИП. Отд. биол., 1969. – Т. 74, вып. 1. – С. 119-134.
5. Ценопопуляции растений. – М.: Наука, 1988. – 184 с.

ЦИКЛИЧНОСТЬ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В АККУМУЛЯТИВНЫХ ЛАНДШАФТАХ ОБЬ-ТОМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н., Климова Н.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН

Томск, пр. Академический 10/3, e-mail: DAG@imces.ru

В климатических циклах педогенеза, протекающих с вертикальной дифференциацией вещества, формируется специфичный для каждой территории профиль почв, стратифицированный на горизонты. Депонированные в информационном поле горизонтов признаки объективно свидетельствуют о направленности и последовательности изменений в ландшафтной обстановке. В аккумулятивно-денудационных циклах, когда скорость литогенеза превышает скорость почвообразования, формируется сложная конструкция профиля почв с погребенными горизонтами почв. Погребенные педореликты в этом случае являются основным ключом реконструкции изменений природной среды.

Исследованный нами в окрестностях с. Киреевское (Кожевниковский район Томской области) педокомплекс (P199) имеет сложное строение, отражающее 5 эрозионно-аккумулятивных циклов. Каждый эрозионный цикл соответствует условиям повышенного увлажнения и завершается фазой спокойного литогенеза и почвообразования. Таким образом, кроме современной, в профиле выделяется 4 погребенные почвы, отражающие разные ландшафтно-климатические эпохи. Гранулометрический состав отражает цикличность педогенеза и четко разграничивает эрозионно-аккумулятивные циклы.

Профиль наиболее древней почвы вскрыт на глубине 174 см. Гумусовый горизонт черный, со стальным оттенком и буроватыми пятнами, глинистый, плотного сложения. Содержание гумуса невысокое, около 3%. Ниже залегает переходный грязно-бурый с признаками избыточного увлажнения горизонт. Гумус гуматного типа с отношением $Stk/C_{фк}$ более двух. Состав фитоцитов указывает на существование здесь в прошлом лугового фитоценоза, отличающегося низким флористически разнообразием. По морфологическим признакам, составу гумуса и фитоцитному спектру почву можно диагностировать как лугово-болотную, формирующуюся в спокойных избыточно влажных условиях холодного климата. Переувлажнение почв было связано больше с грунтовым увлажнением при более высоком, по сравнению с современным, базисом эрозии и возможным подпором со стороны Оби. Количество же атмосферных осадков могло быть и ниже современного. Возраст педореликта отнесен нами к «Ранней Атлантике» - 7000-7500 лет. Следует отметить, что самая верхняя часть гумусового горизонта этой почвы в начале следующего эрозионного цикла была смыта. Причем на первых этапах следующего эрозионно-аккумулятивного цикла отлагался более легкий по составу материал с примыкающей к долине террасы, что возможно только после пожара в теплые и экстремально сухие циклы лет.

Гумусовый горизонт следующей почвы (142-174 см) серый, формировался уже в отложениях спокойного седиментогенеза и характеризуется тяжелым гранулометрическим составом, гуматно-фульватным типом гумуса с соотношением $Stk/C_{фк}$ 1.5-1.7. Сам гумусовый горизонт имеет сложное строение. Наиболее гумусирована средняя часть горизонта (152-162 см). Ниже и выше содержание гумуса уменьшается, в окраске, из-за обилия охристых пятен преобладают охристо-бурые тона. Такой тип строения гумусового горизонта показывает, что формировался почвенный профиль в условиях изменяющегося климата. Начало и конец формирования реликтовой почвы протекало в более жестких условиях недостаточной теплообеспеченности и избыточного увлажнения. Фитоцитный спектр характеризуется большим содержанием лесных форм трихом по сравнению с луговыми, что показывает более широкое распространение лесной растительности. Присутствие в горизонте панцирей диатомовых

водорослей свидетельствует об избыточном увлажнении. Следовательно долины в эту эпоху были залесены, а почвообразование развивалось по дерново- и перегнойно-глеевому типу. Радиоуглеродный возраст педореликта (5147 ± 86 лет). По совокупности признаков можно определить эту эпоху как холодную и относительно влажную.

Вторая погребенная почва, (88-142 см) также формировалась в условиях спокойного седиментогенеза и по гранулометрическому составу весьма однородна. Гумусовый горизонт мощностью 17 см серый, тяжелосуглинистый с полной прокраской гумусом внутриведной массы. Отношение гуминовых и фульвокислот наиболее узкое (1.48). В подгумусовой части отмечаются признаки глубокого перемещения по порам гумуса и отмытого кремнезема. Хорошо заметна мелкокомковатая структура с обилием капрогенных элементов. Содержание фитолитов отражает в целом луговые условия. Однако отмечается увеличение доли лесных трихом по сравнению с современным гумусовым горизонтом. Совокупность признаков позволила предположить, вторая погребенная почва формировалась в наиболее сухих и холодных условиях с развитием дернового и подзолистого процессов. Радиоуглеродный возраст (2968 ± 171 год) показал, что формирование этой почвы соответствует умеренно холодной и сухой фазе позднего суббореала.

Первая погребенная почва (45-88 см), формировалась в отложениях спокойного делювиального стока с территорий, на которых активизировались процессы гумусонакопления. Анализ органического вещества позволяет предположить, что почвообразование на этом этапе протекало при устойчивом грунтовым увлажнении, теплом и сухом климате. Для почв характерно формирование почти черного гумусового горизонта с хорошо сохранившейся зернисто-комковатой структурой, накопление органического вещества близкого по составу к современным луговым почвам аккумулятивных ландшафтов лесостепи. Содержание гумуса высокое, достигает 8%. Отношение Сгк/Сфк варьирует от 1.8 до 2.2. На фоне высокого содержания связанных с кальцием гуминовых кислот следует отметить и относительно высокое содержание 3 фракции гуминовых и фульвокислот, что также характерно для луговых почв лесостепи. Фитолитный спектр погребенного горизонта свидетельствует о высоком флористическом разнообразии существовавшего в тот период лугового фитоценоза. Увеличение в фитолитном спектре доли коротких трапециевидных и усеченных конусовидных частиц, а также появление зубчатых палочек и пластинок в дополнение к формам с ровными краями указывает на более аридные условия формирования луга. Часть фитолитов в образце – полностью или частично черные, что может быть следствием пожаров. Завершение данного почвообразовательного цикла пожарами подтверждается и формированием на поверхности первого погребенного горизонта супесчаной прослойки.

Профиль современной почвы формируется по дерново-глеевому типу, характеризуется слабой выраженностью гумусово-аккумулятивного процесса и избыточным поверхностным увлажнением. Гумус фульватного типа с соотношением Сгк/Сфк в верхнем горизонте 1.08. Фитолитный спектр, с преобладанием гладких палочек и луговых форм трихом, соответствует современному разнотравно-злаковому лугу. Гранулометрический состав показывает резкое разграничение с нижележащей почвой небольшим по мощности супесчаным горизонтом со слабой выраженностью почвообразовательного процесса. В целом для отложений современной почвы характерно стремительное послепожарное начало и постепенное затухание седиментогенеза.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ ПРИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ

Елисеев А.В., Мохов И.И., Чернокульский А.В.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН,
119017, Москва, Пыжевский пер, 3

С использованием различных версий климатической модели (КМ) Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН (ИФА РАН) сделаны оценки изменений характеристик природных пожаров в XX-XXIII веках при учёте антропогенных воздействий в соответствии с условиями международного проекта сравнения климатических моделей CMIP5 (Coupled Models Intercomparison Project, phase 5). В частности, для XXI-XXIII веков антропогенные воздействия учитывались согласно сценариям RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 и RCP 8.5 (Representative Concentration Pathways).

Блок расчёта характеристик природных пожаров в глобальной климатической модели (КМ) Института физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук (ИФА РАН) дополнен схемой учёта низовых и торфяных пожаров. Были проведены численные эксперименты с двумя версиями модели, в одной из которых учитывались только верховые пожары, а в другой – также выгорание органики почвы (низовые и торфяные пожары). Получено, что учёт низовых и торфяных пожаров увеличивает эмиссии CO_2 в атмосферу из-за природных пожаров E_f глобально на 20-25% в зависимости от сценария внешних воздействий и календарного года. В регионе Евразии (30-80°с.ш. 20-190°в.д.) такое увеличение составляет на 35-45%. Учёт торфяных пожаров в модели приводит к существенному (почти в три раза) увеличению межгодового стандартного отклонения E_f в средних и субполярных широтах. Кроме того, при учёте низовых и торфяных пожаров в средних и субполярных широтах увеличивается чувствительность к климатическим изменениям площади выгорания из-за природных пожаров S_f и соответствующих эмиссий CO_2 в атмосферу.

В КМ ИФА РАН учтён вклад естественных (молниевых) и антропогенных источников возгорания. Согласно полученным результатам доминирующую роль играют антропогенные источники возгорания. В частности, на глобальном уровне доля S_f , связанная с естественными источниками не превышает 8%, а соответствующая доля E_f - 18%. Для Евразии их доля не превышает 3%. Во всех случаях вклад естественных источников возгорания в пожарную активность уменьшается с увеличением плотности населения (что характерно для всех сценариев RCP в XXI-XXIII веках). Тем не менее, в ряде регионов вклад естественных источников возгорания может быть больше.

ТИПЫ МОХОВЫХ ПОДСТИЛОК БОЛОТНЫХ ЕЛЬНИКОВ

Ефремова Т. Т., Аврова А. Ф., Ефремов С. П., Мелентьева Н. В.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,

660036 Красноярск, Академгородок, 50, стр. 28, e-mail: efr2@ksc.krasn.ru

Подстилка является одним из главных компонентов лесных экосистем. Однако особенности строения лесных подстилок гидроморфных условий произрастания до сих пор не привлекли должного внимания как отечественных, так и зарубежных исследователей. Практически не изученными остаются подстилки мшистых групп типов леса не только болотных, но и суходольных местообитаний. Не разработаны в полной мере вопросы их классификации, а также морфологические признаки дифференциации моховых подстилок на подгоризонты.

Исследования выполнены на болотном массиве мощностью 1.5–2.0 м, расположенном в межгорной заторфованной долине р. Тунгужуль низкогорной части Кузнецкого Алатау. Болотный массив, наряду с основным руслом, пронизан сетью водотоков второго и третьего порядка, оказывающих дренирующее влияние на заболоченную территорию. Торфяник и его минеральное днище постоянно проморожены, максимальная глубина оттаивания торфяной почвы составляет в среднем 38–42 см и приходится на конец августа. В результате мерзлотных явлений (морозобойное трещинообразование, процессы пучения) поверхность торфяника приобретает хорошо выраженный микрорельеф в виде приствольных моховых бугров, повышений и мочагин в межкрупных пространствах. В питании торфяника вместе с атмосферными осадками участвуют аллювиальные и делювиальные воды, а также золовая пыль, обогащая его зольными элементами. Болото занято еловыми насаждениями. В напочвенном покрове преобладают зеленые и гипновые мхи, степень проективного покрытия которыми составляет 100%. В составе мхов доминируют следующие виды: томентгипнум блестящий (*Tomenthypnum nitens* (Hedw.) Loeske), гилокомиум блестящий (*Hylocomium splendens* (Hedw.) Br. Sch. et Ymb.), аулакомниум вздутый (*Aulacomnium turgidum* (Wahlenb.) Schwaegr.), аулакомниум болотный (*Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr.), гелодиум Бландова (*Helodium Blandowii* (Web. et Mohr.) Warnst.), дрепанокладус крючковатый (*Drepanocladus uncinatus* (Hedw.)). Таксационные показатели древостоя приведены в таблице, согласно которой в ельнике достаточно высока доля сухостоя, судя по числу стволов, полноте и запасам.

Таблица. Таксационные показатели ельника зеленомошно-гипнового

Характеристика древостоя	Состав	Густота, экз./га	Σq , м ² /га	Р	М, м ³ /га	Средние / амплитуда			Класс бонитета
						D, см	H, м	A, лет	
Живая часть	10Еед.Л	1618	14.2	0.57	127	$\frac{10.6}{4-28}$	$\frac{12.5}{4-21}$	$\frac{207}{72-410}$	Va
Сухостой	10Еед.Л	890	9.0	0.35	59	$\frac{11.4}{4-26}$	$\frac{12.8}{3-20}$	$\frac{216}{61-440}$	Va

Примечание. Σq – сумма площадей сечений, Р – полнота насаждения, D – диаметр, H – высота, A – возраст, М – запас насаждения, густота – число стволов на га.

Пробная площадь размером 1.2 га заложена в пределах пространства, ограниченного основным руслом р. Тунгужуль и ее правым рукавом. Гидрологический и температурный режимы участка характеризуются неоднородностью. Максимально дренирован участок вдоль основного русла, слабее – вдоль рукава. Наиболее увлажнена срединная часть пробной площади. Особенности гидротермического режима и рельефа поверхности болота, оказывая влияние на структуру напочвенного растительного покрова, определяют

пространственную мозаичность мощности, строения и запасов моховых подстилок. Они состоят из листовых (L) и ферментативных (F) подгоризонтов. Листовые – светло-бурого цвета, сложены хорошо сохранившимися остатками мхов, инкрустированными древесным опадом, имеют губчатое сложение, слабо связаны ризоидами и гифами грибов. Ферментативные подгоризонты в зависимости от степени преобразования древесно-мохового опада подразделяются на слои F1, F2' и F2". Слой F1 характеризуется содержанием плитовидных торфяных макроагрегатов грубо-волокнутого сложения (p), наличием обильного грибного мицелия и почвенных животных, первичных деструкторов – многоножек, брюхоногих моллюсков. Слой F2' определяется по включению новообразованных аморфных гумусоподобных веществ(h), зернистых структурных отдельностей гумусовой природы (g) и почвенных животных гумификаторов – энхитреид и дождевых червей. Высокозольные слои F2" диагностируются сходными с F2' признаками, но отличаются от них глинисто-гумусовым составом ореховато-зернистых отдельностей сизовой побегалости (n).

На основе морфологических признаков расчленения подстилок на подгоризонты разработана номенклатура и выполнена классификация моховых подстилок – торфяные, торфянистые, торфянистые редуцированные, торфянистые высокозольные, торфянистые высокозольные редуцированные (рис.).

Выявленные различия типов подстилкообразования определяются зольностью органического субстрата и степенью дренированности местообитания, обусловленные удаленностью от берегового вала и глубиной вреза речной сети.

Таким образом, впервые на основе морфолого-генетического строения предложена номенклатура моховых подстилок, охарактеризованы визуальные диагностические признаки подгоризонтов и разработаны индексы их спецификации.

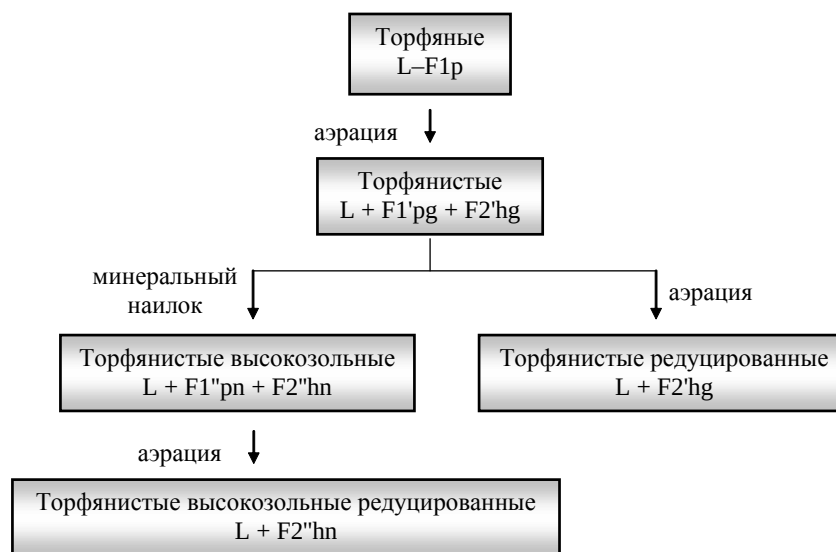


Рисунок. Схема и факторы формирования различных типов подстилок в ельнике зеленомошно-гипновом. Индексы подгоризонтов см. в тексте.

Полученные результаты создают научную базу для прогноза глубины трансформации лесных торфяных экосистем в межгорных заболоченных котловинах Кузнецкого Алатау в связи с глобальными и локальными флуктуациями климата.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 1.29 “Биоразнообразие природных систем”.

ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕАКЦИИ БИОТИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Завалишин Н.Н.

ФГБУН Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН,
119017, г. Москва, Пыжевский пер., 3, e-mail: nickolos@ifaran.ru

Экосистемы торфяных болот и заболоченных земель, занимающие согласно современным оценкам, 8,1% территории России (Вомперский и др., 2005), играют значительную роль в региональном и глобальном биогеохимическом круговороте углерода. Вероятные изменения климата способны вызвать отклик болотных экосистем как в виде изменений в функционировании биогеохимических циклов, так и в величинах эмиссии парниковых газов с их поверхности в атмосферу. Прогноз реакции болот на климатические изменения осложняется как недостаточной изученностью механизмов функционирования биогеохимических циклов в различных типах болотных экосистем, так и недостатком целостных натурных данных, которые позволяли бы на основе локального представления формировать региональные оценки эволюции основных типов болот. Цель настоящей работы состоит в моделировании эволюции биотического круговорота в болотных экосистемах средней и южной тайги Западной Сибири, а также оценке эмиссии CO_2 в атмосферу с их поверхности при вероятных изменениях климата согласно внешним климатическим сценариям группы RCP.

Для нескольких типов олиготрофных и эвтрофных болот южной тайги Западной Сибири (Golovatskaya, Dyukarev, 2009) создан набор двухкомпонентных динамических моделей углеродного цикла, основанных на единой блоковой схеме, компонентами которой являются живое и мертвое органическое вещество. Для мезотрофной топи южной тайги Западной Сибири по данным работы (Базилевич и Титлянова, 2008) построена двухкомпонентная схема совместного углеродно-азотного биотического круговорота (рис.1). Такие же схемы описывают совместный круговорот углерода и азота в олиго- и мезотрофных болотах средней тайги (Косых и др., 2010). Потоки между пулами характеризуют основные взаимодействия между компонентами круговорота. Взаимодействие между углеродным и азотным циклами обеспечивается двумя основными биохимическими механизмами: 1) интенсивность опада пропорциональна отношению C:N в фитомассе, и при недостатке азота повышается (азотное голодание растений); 2) интенсивность разложения мертвого органического вещества уменьшается при увеличении отношения C:N в нем (Alexandrov et al., 1994).

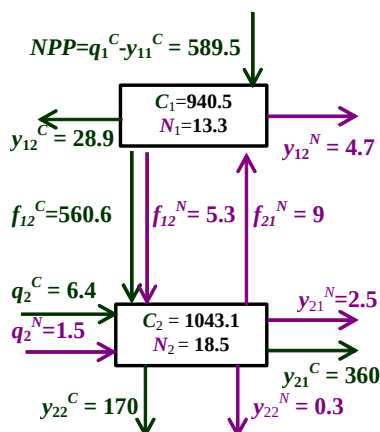


Рисунок 1. Агрегированная модель биотического круговорота углерода и азота в экосистеме мезотрофной топи южной тайги Западной Сибири (Базилевич и Титлянова,

2008). Запасы углерода ($\text{гC}/\text{м}^2$), азота ($\text{гN}/\text{м}^2$): C_1, N_1 – живое органическое вещество, C_2, N_2 – мертвое органическое вещество; Потоки ($\text{гC}/\text{м}^2\text{год}$ для углерода, $\text{гN}/\text{м}^2\text{год}$ для азота): q_1^C, q_1^N – ассимиляция C и N из атмосферы, q_2^C – привнос углерода из соседних экосистем, q_2^N – фиксация атмосферного азота микроорганизмами и привнос азота с поверхностными водами, y_{11}^C – автотрофное дыхание, y_{12}^C, y_{12}^N – вынос со стоком, y_{13}^C, y_{13}^N – потребление фитофагами, y_2^N – денитрификация, y_{21}^C, y_{21}^N – разложение мертвой органики деструкторами и денитрификация, y_{22}^C, y_{22}^N – вынос потребителями из соседних экосистем и со стоком, y_{23}^C, y_{23}^N – торфообразование, y_{24}^C – абиотическое окисление мертвой органики, f_{21}^N – потребление доступного азота растительностью из почвенного слоя.

При создании динамических моделей используется «асимптотический» метод, основанный на идее асимптотического представления заранее неизвестных потоковых функций степенными рядами в окрестности измеренной равновесной статической схемы. Исключением является зависимость первичной продукции растительности от фитомассы, определяемая экспертно на основе существующих баз данных (Базилевич и Титлянова, 2008; Базилевич, 1993 на www.biodat.ru) и ее значений в измеренных состояниях. Калибровка коэффициентов этих рядов осуществляется по измеренным состояниям, которые принимаются за динамические равновесия при заданных климатических условиях. Для моделирования последствий изменений климата использованы климатические проекции модели IPSL, основанные на двух сценариях RCP антропогенных выбросов в атмосферу в ближайшие 100 лет – «жестком» RCP-8.5 и «мягком» RCP-2.6. Изменения среднегодовой температуры и годовой суммы осадков определяют динамику биотического круговорота, эмиссии углерода и состояние экосистем на параметрическом портрете, отвечающем интенсивности поглощения углекислого газа из атмосферы и скорости разложения мертвого органического вещества.

Работа поддержана Программой № 11 Отделения наук о Земле РАН «Влияние современных изменений климата и окружающей среды на процессы в атмосфере и криосфере» и проектом 13-05-00781а РФФИ.

1. Вомперский С.Э., Сирин А.А., Цыганова О.П., Валяева Н.А., Майков Д.А., Болота и заболоченные земли России: попытка анализа пространственного распределения и разнообразия. *Известия РАН, серия географическая*, 2005, №5, с. 39-50.
2. Golovatskaya E.A., Dyukarev E.A., Carbon budget of oligotrophic mire sites in the southern taiga of Western Siberia. // *Plant and Soil*, 2009, v. 315, #1-2, p. 19-34.
3. Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Паршина Е.К., Бюджет химических элементов в болотных экосистемах средней тайги Западной Сибири. // *Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата*, т. 1, № 1, 2010, с. 85-95.
4. Базилевич Н.И., Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М., Наука, 1993, 296 с.
5. Базилевич Н.И., Титлянова А.А., Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в наземных экосистемах. - Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2008, 381 с.
6. Alexandrov G.A., Bazilevich N.I., Logofet D.O., Tishkov A.A., Shytikova T.E., 1994, Conceptual and mathematical modelling of matter cycling in Tajozhny Log bog ecosystem. In: B.C.Patten et al. (eds.), *Wetlands and Shallow Continental Water Bodies*, SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands, vol. 2, pp. 45-93.

ПОГРЕБЕННЫЕ ТОРФЯНИКИ ВОСТОЧНОГО ТАЙМЫРА

Карпенко Л. В.

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, 660036, Красноярск, Академгородок 50/28
e-mail: karp@ksc.krasn.ru

Террасовые обнажения берегов рек Восточного Таймыра – Хатанги, Новой, Большой Балахни и др. сплошной полосой на протяжении 20 км и более сложены реликтовыми погребенными торфяниками мощностью от 1,3 до 2,5 м. Они содержат в себе важную информацию об изменениях климата, происходивших в голоцене, представляют основу для реконструкции динамики природной обстановки на протяжении 7-8 тыс. лет назад (л. н.).

Географические координаты района исследований – 71°59' с. ш., 102°14' в. д., 8,5 км на запад от пос. Хатанга. Цель исследований – изучение стратиграфии торфяной залежи погребенных торфяников и определение их абсолютного возраста.

Объектом исследований послужил погребенный торфяник, расположенный в береговом обнажении протоки Пионерской (среднее течение р. Хатанги). Верхняя его часть перекрыта слоем сильно заиленного легкого суглинка мощностью 0,5 м, с незначительной примесью растительных остатков, ниже – 0,5–2,1 м – торф. Основные методы исследований – ботанический и радиоуглеродный анализы торфа.

Ботаническим анализом торфа установлено, что доминирующими растениями-торфообразователями в течение всего периода образования торфяника были осоки и зеленые мхи. Содоминантами являлись хвощ, пушица, полярные ивы, карликовая и приземистая березы, а также подбел, черника, голубика. Видовой состав болотных растений мало меняется по профилю разреза и отличается только процентным соотношением. Торфяная залежь на всю глубину образована низинными видами торфа – травяным, травяно-гипновым, осоковым, осоково-гипновым и гипновым.

Абсолютные датировки нижнего и верхнего горизонтов торфа (2,1 м, возраст 1915 ± 75 л. н. и 0,55 м, возраст 455 ± 80 л. н.) свидетельствуют о том, что болотообразование и накопление торфа в долине среднего течения р. Хатанги началось в субатлантическом периоде (SA) и закончилось примерно 500 л. н. Нами была подсчитана скорость аккумуляции торфа, результаты которой оказались неожиданными. В среднем она равнялась 1,1 мм/год, а динамика торфонакопления за весь период образования торфяника была следующей. В начале SA (возраст торфа – 1915 ± 75 л. н.), скорость накопления торфа составляла 1,3 мм/год. В его середине (возраст торфа – 1460 ± 55 , 1325 ± 60 , 1260 ± 70 , 1165 ± 40 л. н.) прирост торфа заметно увеличился (1,8; 3,8; 2,6; 1,3). В конце периода годичный прирост торфа заметно снизился и составлял 0,7 мм/год. И между датами 615 ± 75 и 455 ± 80 л.н. (верхний слой торфяника, перекрытый суглинком) произошло новое увеличение скорости аккумуляции торфа до 1,6 мм/год. Проинтерпретировать такую чрезвычайно высокую скорость торфонакопления в тундре не представляется возможным. Известно, что прирост торфяников в области современного распространения вечной мерзлоты варьирует от 0,1 до 0,9 мм/год (Вомперский и др., 2000). А локальный максимум прироста торфа в торфяниках лесотундры и тундры Таймыра – 1,5–1,6 мм/год отмечен в климатический оптимум голоцена, т.е. в атлантическом периоде (AT).

Поэтому нами сделано предположение, что полученные величины абсолютного возраста сильно омоложены, а сам торфяник образовался не в SA, а в AT периоде (8,0–4,5 тыс. л. н.). Это предположение опирается на широко представленные в литературе данные, которые свидетельствуют о том, что SA период на Восточном Таймыре характеризуется значительным похолоданием климата по сравнению с предыдущими периодами голоцена. В это время на Таймыре, происходит полное исчезновение лесов, которые были широко распространены в AT и SB периоды, а растительность была близка

современной, т.е. была представлена заболоченными тундрами. Поэтому, если утверждать (согласно радиоуглеродной датировке), что исследованный торфяник сформировался в SA время, то полученные нами довольно высокие величины линейного прироста торфа трудно согласуются с холодным климатом субатлантики.

По нашему мнению, образование болот и интенсивная аккумуляция торфа в районе исследований происходили не в холодный SA период, а в климатический оптимум голоцена – AT период, который характеризуется максимальной фазой потепления. Для болот этого времени характерен активный рост торфяных залежей, сложенных преимущественно сфагновыми и гипновыми торфами малой степени разложения, а для суходолов – широкое развитие лесов из ели, березы и лиственницы.

Для доказательства атлантического возраста погребенного торфяника в долине р. Хатанги мы использовали результаты палеоботанических исследований по погребенному торфянику в долине р. Фомич, географические координаты которого 71°42' с. ш., 108°03' в. д. Мощность торфяника составляет 2,62 м, а абсолютный возраст равен $10\,500 \pm 140$ л. н. (Украинцева, Поспелов, 2006). Рассчитав среднюю скорость аккумуляции торфа в долине р. Фомич, мы получили, что она равна 0,24 мм/год. Используя эту расчетную скорость, мы подсчитали, что абсолютный возраст нашего торфяника должен быть не менее 6412 л.н., что свидетельствует о том, что болото- и торфообразование в среднем течении р. Хатанги началось не позднее середины AT периода. Косвенным подтверждением этому могут служить также погребенные стволы и пни полуископаемой древесины (*Larix gmelinii* (Rupr.). Rupr.), большое количество которых залегает в основании торфяных бугров и в аллювиальных отложениях протоки Пионерской. По М. М. Наурзбаеву (2003), абсолютный возраст этой древесины варьирует от 5250 ± 30 до 5150 ± 40 л. н., что свидетельствует о том, что в оптимум голоцена большая часть Восточного Таймыра была покрыта лиственничными лесами.

Т.о., проведенные палеоботанические исследования погребенного торфяника в долине среднего течения р. Хатанги, дополненные данными абсолютного возраста полуископаемой древесины из этого же района, подтверждают сделанный ранее вывод о том, что аномально высокие летние температуры раннего и среднего голоцена в сочетании с избыточным... увлажнением благоприятствовали развитию на Таймыре лесных и болотных ландшафтов (Белорусова и др., 1987). А на омоложение возраста исследованного нами погребенного торфяника могло повлиять его неоднократное затопление во время половодий на р. Хатанге.

1. Белорусова Ж. М., Ловелиус Н. В., Украинцева В. В. Региональные особенности изменения природы Таймыра в голоцене //Ботанический журнал, 1987. Т. 72. № 5. С. 610–618.
2. Вомперский С. Э., Цыганова О. П., Глухова Т. В., Валяева Н. А. Вертикальный прирост торфа на болотах России в голоцене по данным радиоуглеродных датировок //Динамика болотных экосистем Северной Евразии в голоцене. Петрозаводск, 2000. С. 53–55.
3. Наурзбаев М. М., Ваганов Е. А., Сидорова О. В. Изменчивость приземной температуры воздуха на севере Евразии по данным тысячелетних древесно-кольцевых хронологий //Криосфера Земли, 2003. Т. VII. № 2. С. 84–91.
4. Украинцева В. В., Поспелов И. Н. Первые данные об эволюции растительного покрова и климата севера Анабарского плато в голоцене //Исследование природы Таймыра. Тр. гос. прир. биосферн. заповедника «Таймырский». Красноярск, 2006. Вып. 5. С. 23–43.

ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КЕДРОВЫХ ЛЕСОВ НА СУГЛИНИСТЫХ И СУПЕСЧАНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Климова Н.В., Пологова Н.Н., Чернова Н.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН;
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3; e-mail: klimnin@sibmail.com

На территории Западной Сибири кедр (*Pinus sibirica*) формирует древостой лесных сообществ в широком спектре условий местообитаний – от свежих до влажных и заболоченных – на различных поверхностных отложениях, включая как суглинки, так и супеси–пески [1]. При таком большом диапазоне экологических условий, кедровые леса отличаются высоким фитоценотическим разнообразием. Однако если варьирование кедровников в рядах заболачивания исследовано достаточно хорошо, то дифференциация их на различных поверхностных отложениях изучена менее полно. Так, Г.В. Крылов [1] разделял зеленомошную группу типов леса на подгруппы в связи с различиями в составе древостоя и мохового покрова фитоценозов на различных поверхностных отложениях. С.М. Горожанкиной и В.Д. Константиновым [2] установлены разные серии типов (ассоциаций) темнохвойных лесов в рядах заболачивания на тяжелосуглинистых породах и на супесях–легких суглинках. В нашей работе особое внимание уделяется выявлению фитоценотических и экологических различий между сообществами кедровников на разных по гранулометрическому составу почвообразующих породах.

Исследования проведены в междуречье Кеть-Чулым-Улудул, где выделяется несколько типов поверхностных отложений, на которых формируются кедровые леса: двучленные суглинки (С/ТС), легкие суглинки слоистые (ЛС/СЛ), супеси (СУП), а также относительно однородные пески (ПЕС) [3]. В каждом типе отложений были выполнены стандартные геоботанические описания фитоценозов с учетом положения их в рельефе для охвата всего спектра местообитаний от наиболее дренированных до заболоченных. При выделении экологических групп видов напочвенного покрова учитывались их оптимумы в шкалах Л.Г. Раменского с соавт. [4]. Кроме того, экологические шкалы использовались и для расчета статусов фитоценозов в целом, в осях наиболее важных для лесных сообществ факторов – увлажнения и богатства.

В результате анализа состава и фитоценотической структуры определены последовательности типов леса, составляющие ряды заболачивания на разных поверхностных отложениях междуречья (таблица). Выявленные между ними различия далее показаны на примере кедровников суглинистого и супесчаного ряда.

На суглинистых отложениях повышенное участие в кедровых древостоях принимают пихта (*Abies sibirica*) и ель (*Picea obovata*). Относительно хорошо развит подлесок. В напочвенном покрове высоко обилие трав: основу составляет темнохвойное мелкотравье и хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), в виде примеси постоянно отмечаются лугово-опушечные виды. Среди мхов доминирует *Hylocomium splendens*. В заболоченных местообитаниях преобладает осока *Carex globularis* при меньшем участии кустарничков, а в моховом ярусе основную роль играет *Sphagnum russowii*. В то же время на супесях в фитоценозах кедровых лесов возрастает роль сосны (*Pinus sylvestris*). Подлесок более редкий. В напочвенном покрове снижается участие трав, но большего обилия достигают кустарнички. Так, в кедровых лесах автоморфного ряда преобладают черника (*Vaccinium myrtillus*) и брусника (*V. vitis-idaea*), а в моховом ярусе доминирует *Pleurozium schreberi*. В заболоченных сообществах наряду с перечисленными лесными кустарничками высоко участие болотного багульника (*Ledum palustre*), а среди мхов господствует *Sphagnum angustifolium*. Отметим, что кедровники, приуроченные к легким суглинкам слоистым, по фитоценотической структуре занимают промежуточное положение между этими двумя

рядами; а кедровые леса на слоистых песках по своим характеристикам очень близки к сообществам на супесях.

Таблица. Распределение типов кедровых лесов в зависимости от положения в ряду заболачивания и от типа поверхностных отложений

гигротоп		свежий	влажный	умерен.-заболоченный	заболоченный
тип поверхн. отложений	С/ТС	(хв)мтр-змш	(кч-мтр)-змш	(кч)ос-змш-сф	(кч)ос-сф
	ЛС/СЛ	-	кч-(мтр)-змш	кч-змш-сф	-
	СУП	мтр-змш	кч-змш	кч-змш-сф	кч-ос-сф
	ПЕС	-	кч-змш	кч-змш-сф	-

Примечание. кч – кустарнички; мтр – мелкотравье; хв – хвощ лесной; ос – *Carex globularis*; змш – зеленомошный; сф – сфагновый. Скобки отражают слабое развитие яруса. Обозначения типов поверхностных отложений расшифрованы в тексте.

Вдобавок к различиям в степени развития отдельных ярусов и в составе доминирующих в них видов, фитоценозы кедровых лесов на суглинистых отложениях на всех ступенях ряда заболачивания характеризуются большим количеством видов по сравнению с фитоценозами на супесях. Анализ флористических списков показал, что из трав и мхов, регистрируемых в лесах на суглинках, на супесчаных отложениях отсутствуют наиболее требовательные к трофности виды. Вследствие этого на супесях наблюдается увеличение доли мезоолиготрофов и олиготрофов за счет снижения участия мезотрофных и мезоэвтрофных видов. Эти же закономерности прослеживаются и при сопоставлении доминантов. Так, оптимумы *Oxalis acetosella*, *Equisetum sylvaticum*, преобладающих на суглинистых отложениях, соответствуют условиям более высокой трофности, чем оптимумы лесных кустарничков, доминирующих на супесях. В более бедной области располагается и оптимум *Pleurozium schreberi* по сравнению с *Hylocomium splendens*, *Sphagnum angustifolium* – по сравнению с *S. russowii*. Указанные различия ведут к дифференциации фитоценозов кедровых лесов при ординации их с помощью экологических шкал. Так, кедровые леса на суглинках характеризуются на всех ступенях ряда заболачивания более высокими показателями богатства, чем аналогичные сообщества, сформированные на супесях, а кедровники на легких слоистых суглинках по уровню богатства находятся между этими двумя группами.

Таким образом, на суглинистых и на супесчаных отложениях фитоценозы кедровников характеризуются разным составом доминантов, уровнем флористического разнообразия и экологической структурой по фактору трофности. Дифференциация сообществ лучше выражена в дренированных экотопах и сглаживается по мере усиления гидроморфности. Эти закономерности проявляются в различиях между кедровниками на уровне типов леса, чем определяется важная роль состава поверхностных отложений в формировании фитоценотического, а также флористического разнообразия территории.

1. Крылов Г.В. Леса Западной Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 255 с.
2. Горожанкина С.М., Константинов В.Д. География тайги Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1978. 191 с.
3. Пологова Н.Н., Чернова Н.А., Климова Н.В., Дюкарев А.Г. Разнообразие кедровых лесов в связи с условиями местообитаний // Лесоведение. 2013. № 4. С.32–42.
4. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ВОДОСБОРОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ЭКОСИСТЕМНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Копысов С.Г., Новиков Д.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
г. Томск, пр-т Академический д.10/3, wosypok@mail.ru

Количественная оценка разнообразия и динамики ландшафтных условий (экосистемных изменений) формирования стока необходима для расчета элементов водного баланса и прогноза его изменения. Использование для этих целей подробных математических моделей упирается в проблему отсутствия необходимых исходных данных. Поэтому наиболее согласованной с точностью задания внешних условий является интегральная, а не дифференциальная форма записи уравнений теплового и водного баланса. Сами ландшафтные условия формирования стока не только весьма разнообразны, но и тесно взаимосвязаны. Поэтому рассматривать их следует с помощью интегральных параметров.

Наиболее адекватным индикатором экосистемных изменений в климатозоологических системах является изменение влажности деятельного слоя ландшафтов. Влажность деятельного слоя обусловлена воздействием природных факторов регионального и глобального уровня. Климатические факторы выражаются количеством выпадающих осадков и теплоэнергетическими ресурсами испарения, которые определяются не только температурой, но и дефицитом влажности воздуха.

Для расчёта водного баланса отдельных элементов ландшафта (элементарных водосборов) лучше всего подходит метод гидролого-климатических расчетов (ГКР) проф. В. С. Мезенцева. Основная идея метода ГКР заключается в том, что водный и тепловой балансы должны рассматриваться совместно в их неразрывной связи и, что самое главное во взаимосвязи с почвенным покровом, с учетом его водных и физических свойств [1,2].

Из всех элементов водного баланса наиболее точно измеряется поверхностный русловой сток воды, отражающий текущую влажность деятельного слоя на малом водосборе. Влажность деятельного слоя помимо климатических факторов интегрально учитывает влияние растительного и почвенного покровов, а также условия дренированности территории водосбора (рельеф). Точность измерения стока значительно превышает точность измерения осадков, особенно в зимний период, а потому уже достаточно давно разработаны методики для расчёта слоя осадков на водосборе по измеренному стоку, так называемый гидрологический контроль осадков.

Нет более прямого, конкретного и надежного способа изучения формирования стока, чем анализ разумно организованных исследований и наблюдений в природе [3]. Для этих целей используют репрезентативные (типичные для того или иного гидрологического режима) и экспериментальные (с целенаправленным вмешательством в их состояние) водосборы.

В свое время предполагалось, что наблюдения на малых водосборах автоматом приведут к появлению новых гидрологических знаний, но этого не произошло. Что объясняется отсутствием руководящей теории при организации таких наблюдений [3]. Для переноса знаний с малых водосборов на более крупные территории нужна адекватная процессам моделирующая система, подразумевающая сравнение ряда параметров этих территорий. Причем для полноценного восприятия и понимания информация должна быть спрессованной и оптимально организованной [3]. У нас есть метод отвечающий этим требованиям – метод ГКР [2].

Предполагается, что мониторинг стока на малых водосборах позволит решить следующие проблемы:

- комплексного освоения речных бассейнов;
- прогноза гидрологических последствий преобразования ландшафтов;

- разработать адекватные математические модели экосистем;

И тем самым будет обеспечено взаимосвязь между теорией, наблюдениями, экспериментами и моделированием, т.е. будут достигнуты цели экологического мониторинга.

В качестве репрезентативных водосборов естественнее всего использовать элементарные водосборы или небольшую группу последних, составляющих малый бассейн более высокого порядка. Оптимальный размер таких бассейнов составляет 0,01-1 км² [2]. В исключительных случаях до одного порядка больше или меньше.

Для таких водосборов, в частности, предъявляются следующие требования [3]:

- четкая выраженность водораздельной линии;
- возможность надежного измерения стока.

Для наших целей были организованы пункты автоматизированного мониторинга стока воды:

а) на одном из ручьёв берущих начало с Бакчарского болота и пересекающем и автомобильную дорогу Р-399. Этот ручей можно считать аналогом р. Ключ (период наблюдений июль 2011-ноябрь 2013 года. Площадь водосбора 22 км². Сейчас пункт закрыт в виду обвала водопропускного сооружения под дорогой и неопределенности линии водораздела;

б) в Ямало-Ненецком автономном округе на модельном участке Новый Уренгой – Пангоды на верхнем левом притоке реки Седзяха с площадью водосбора 19 км² (65°49'42" с.ш., 75°24'01" в.д.). Действует с августа 2014 года. Водосбор труднодоступен и имеет неопределенность водораздела из-за большой заозёрности. Скорее всего будет закрыт.

в) в 30 км от Томска в бассейне реки Киргизка «Северо-Алтайский модельный водосбор». Отвечает всем необходимым требованиям и с 2015 года будет базовым для проведения комплексного ландшафтно-гидрологического (экосистемного) мониторинга.

На водомерных постах устанавливается система автоматического мониторинга с двумя датчиками уровня воды и при необходимости измерительным водосливом из легких материалов, не нарушающих условия стока. Данная система «САМУВ», разработана в ИМКЭС СО РАН, и позволяет измерять уровень и температуру воды с различными интервалами времени. Диапазон измеряемых температур колеблется от 0 до 50°C с погрешностью ±0.2°C. Диапазон измеряемых уровней до 5м, погрешность не более 1%.

1. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. - Л.: Гидрометеиздат, 1973. - 168 с.

2. Карнацевич И. В., Бикбулатова Г. Г., Ряполов К. В. Перспективы генетического метода расчета элементарного стока по суточным интервалам // Омский научный вестник № 1 (104) 2011. - С. 224-231.

3. Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Современные проблемы гидрологии. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 320 с.

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ПИХТОВЫХ ЛЕСОВ СИБИРИ, ПОВРЕЖДЕННЫХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫМ ИНВАЙДЕРОМ – УССУРИЙСКИМ ПОЛИГРАФОМ

Кривец С.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, проспект Академический, 10/3, e-mail: krivec@inbox.ru

Уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Blandf. – эндемичный дальневосточный короед, проникший на территорию Южной Сибири предположительно в результате непреднамеренного завоза, в последнее десятилетие стал массовым стволовым дендрофагом пихты сибирской и новым фактором деградации пихтовых лесов в 7 субъектах Сибирского федерального округа – Томской, Кемеровской, Новосибирской области, Алтайском и Красноярском крае, республиках Алтай и Хакасия.

Инвазия дальневосточного дендрофага, уникальное явление для сибирской тайги, имеет не только экономические, но и экологические последствия. Экологические эффекты от инвазии *P. proximus* выражаются в снижении продуктивности поврежденных лесов, изменении в них естественного биологического разнообразия, состава и структуры древесного и подчиненных ярусов, микроклимата, светового режима, консортивных связей, пищевых цепей, переносе патогенов растений, влиянии на сукцессии и локальные смены растительных сообществ [1, 2].

Для слежения за многообразными сопряженными трансформациями компонентов экосистем пихтовых лесов, поврежденных уссурийским полиграфом, необходима система мониторинга, учитывающая особенности инвазионного процесса вредителя. К их числу относятся:

1. Широкое распространение инвайдера в Сибири – от северной границы южной тайги на равнине до верхнего предела произрастания пихты в горах Алтае-Саянской горной системы, с перспективой дальнейшего расширения ареала в результате завоза с древесиной и самостоятельного расселения [3].

2. Высокий уровень агрессивности полиграфа, обусловленный способностью нападать на внешне здоровые деревья, ослаблять их благодаря переносу фитопатогенных офиостомовых грибов и доводить древостой до гибели в результате вспышки размножения фиксированного типа [4].

3. Большое количество очагов массового размножения и расстроенных полиграфом пихтовых древостоев, как в эксплуатационных лесах, так и лесах защитных категорий (водоохранных, почвозащитных, вблизи населенных пунктов, на особо охраняемых природных территориях) [5].

В связи с выявленной в результате экспедиционных исследований приуроченностью основных площадей очагов размножения уссурийского полиграфа ключевыми экосистемами в сети мониторинга поврежденных им лесов должны стать пихтарники юго-восточной части Западно-Сибирской равнины в пределах Томской, Кемеровской области и Красноярского края, западных отрогов Восточного Саяна, черневая тайга Кузнецкого Алатау, Горной Шории, Салаира и Северо-Восточного Алтая.

В рамках мониторинга необходимо осуществлять наблюдения 3-х типов:

1. Региональные краткосрочные (оперативные) обследования для установления пространственных аспектов распространения инвазии, которое может выявляться как дистанционными, так и наземными методами. Основным характеризующим показателем при этом является повышенный уровень усыхания пихты, значительно превышающий естественный отпад.

2. Режимные наблюдения на стационарных пунктах (сети постоянных пробных площадей, заложенных в поврежденных лесах в разных ландшафтных условиях) в течение длительного времени по относительно неизменной программе для выявления динамики

экосистем и хода сукцессионных процессов. В этом случае мониторинг носит характер многокомпонентного исследования: периодически проводится качественная и количественная оценка состояния древостоя, подроста, живого напочвенного покрова, мортмассы, уссурийского полиграфа и связанной с ним топическими и трофическими связями биоты (грибов, ксилофильных дендрофагов, паразитических и хищных энтомофагов). Основными характеризующими показателями являются популяционный состав видов, их структура и нарушения.

3. Интенсивные локальные наблюдения в областях выявленной наибольшей деградации пихтовых лесов для установления конкретных причин их ослабления, предшествующего нападению уссурийского полиграфа (стихийные природные явления, местные почвенно-климатические факторы, вспышки размножения хвоегрызущих насекомых, аэротехногенные загрязнения, нарушение правил санитарной безопасности при хозяйственной деятельности в лесах).

Общие принципы проведения мониторинговых исследований в пихтовых лесах, пострадавших от инвазии уссурийского полиграфа, подробно изложены в разработанных методических рекомендациях [6].

1. Кривец С.А., Бисирова Э.М., Демидко Д.А., Керчев И.А., Пац Е.Н., Чернова Н.А. Биогеоэкологические аспекты инвазии уссурийского полиграфа в темнохвойные леса Западной Сибири // “Биоэкология и ландшафтная экология: итоги и перспективы”. Материалы международной конференции, Томск, 28–30 ноября 2012 г. – Томск: Томский гос. ун-т, 2012. – С. 212–217.
2. Krivets S.A., Bisirova E.M., Pats E.N., Chernova N.A. Transformation of taiga ecosystems in Western Siberia during the invasion of four-eyed fir bark *Polygraphus proximus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) // In: Invasion of alien species in Holarctic. International symposium Borok-IV. – Yaroslavl: Filigran, 2013. – P. 92.
3. Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Демидко Д.А., Петько В.М., Баранчиков Ю.Н. Распространение уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) в Сибири // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2015. Вып. 211. – С. 33–45.
4. Баранчиков Ю.Н., Петько В.М., Астапенко С.А., Акулов Е.Н., Кривец С.А. Уссурийский полиграф – новый агрессивный вредитель пихты в Сибири // Лесной вестник. Вестник Московского государственного университета леса. 2011. № 4 (80). – С. 78–81.
5. Кривец С.А., Баранчиков Ю.Н., Пашенова Н.В., Бисирова Э.М., Керчев И.А., Петько В.М., Пац Е.Н., Чернова Н.А. Роль инвазийного дендрофага *Polygraphus proximus* Blandf. в современных процессах деградации пихтовых лесов в Южной Сибири // Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее: материалы III международной конференции, Горно-Алтайск, 1–5 октября 2013 г. – Горно-Алтайск: ГАГУ, 2013. – С. 262–266.
6. Уссурийский полиграф в лесах Сибири (распространение, биология, экология, выявление и обследование поврежденных насаждений. Методическое пособие / Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Баранчиков Ю.Н., Демидко Д.А., Петько В.М., Пашенова Н.В. / Томск, 2015. 45 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕПЕНИ ГУМИФИКАЦИИ ТОРФА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ВАРИАЦИЙ В ГОЛОЦЕНЕ

Курьина И.В., Бляхарчук Т.А., Панченко Е.М.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, пр-т Академический 10/3; klimirin@sibmail.com

Важной задачей палеоэкологии является выявление следов воздействия климата в динамике различных показателей условий среды прошлого. Для решения данной задачи мы исследовали показатель степени гумификации торфа, который применяется для реконструкции локальной динамики увлажнения болот.

Объектом для исследования выбран торфяной разрез из центра изолированного болотного массива «Круглое» олиготрофной сосново-кустарничково-сфагновой фации, расположенного на правобережной террасе р. Бакчар в южно-таёжной зоне Томской области. Для данного разреза мощностью 140 см в лаборатории ИМКЭС СО РАН были получены 2 радиоуглеродные даты: 1500 лет назад с глубины 45-50 см и 4640 лет назад с глубины 135-140 см [1]. Даты были откалиброваны с помощью программы CALIB REV6.00 (<http://radiocarbon.pa.qub.ac.uk/calib/calib.html>). Дальнейший анализ данных построен с учетом калиброванного (календарного) возраста. В работе использованы данные по ботаническому составу торфа в разрезе болота «Круглое» [1].

Степень гумификации слоев торфа определяли путем экстрагирования образцов торфа 8% раствором щелочи с последующим просвечиванием экстракта на спектрофотометре UV-1601 (PC) Shimadzu при длине волны 540 нм [2]. Также в нашем исследовании были рассчитаны два интегрированных гидрологических показателя: годовое количество осадков, вычисленное с помощью многомерно-статистического метода Букреевой [3] (по данным пыльцевого анализа) и уровень болотных вод (УБВ) с помощью трансферной функции (по данным анализа раковинных амёб) [1].

Значение индекса гумификации (I_h), полученное колориметрическим методом, во многом зависит от ботанического состава торфа. Эта зависимость отмечалась ранее [4]. Так, характерна тенденция уменьшения индекса гумификации в процессе эндогенного развития болота и постепенного перехода от низинных видов торфа к переходным и затем верховым. При этом отдельные положительные и отрицательные пики I_h , обнаруженные нами в торфяной колонке, связаны с изменениями гидрологического режима болота, наиболее вероятно, обусловленными влиянием экзогенных факторов (климатических изменений).

Для нивелирования влияния ботанического состава торфа на динамику индекса гумификации нами было определено среднее значение I_h для каждого выявленного вида торфа. Наименьшие значения индекса гумификации имеют сфагновые виды торфа (0,6), а максимальные – древесные (0,8), при этом травяные – занимают промежуточную позицию (0,7). Полученные значения I_h согласуются с результатами другого исследования [5] и могут быть использованы в качестве коэффициентов для нивелирования влияния ботанического состава торфа на динамику данного показателя.

Для выделения влияния экзогенных факторов на изменения водного режима болота, из полученных значений индекса гумификации были вычтены рассчитанные нами средние значения I_h для каждого вида торфа. Таким образом, в динамике индекса гумификации было исключено влияние ботанического состава торфа и остались только вариации, обусловленные изменениями водного режима болота под влиянием экзогенных факторов среды. В целом, после проведенных преобразований, величины и тренд индекса гумификации изменились: некоторые пики потеряли свою значимость, другие, наоборот, – стали заметнее. Пропал тренд увеличения степени гумификации с глубиной залежей (рис. 1).

Корреляционные связи между тремя показателями уровня увлажненности среды (Ih, УБВ, осадки) оказались слабыми и недостоверными. Скорее всего, это обусловлено различиями в чувствительности выбранных показателей. В целом, выделяются периоды повышенного увлажнения 4900-5100, 4300, 2800, 1700, 1200, 750 л.н. и периоды обсыхания 4700-4800, 3400, 2600, 1000 л.н. с учетом всех трех показателей (рис. 1).

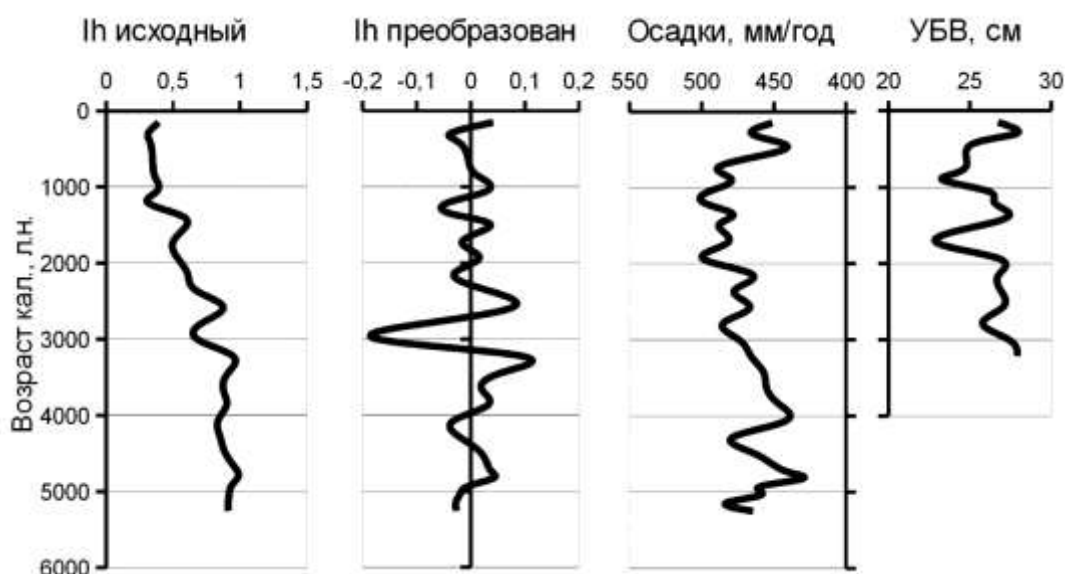


Рисунок 1. Динамика различных показателей увлажненности болота Круглое:

Ih – индекс гумификации; УБВ – уровень болотных вод.

Предложенный нами метод преобразования степени гумификации целесообразно использовать для болот с максимально однородным ботаническим составом торфа по всей глубине залежи для наиболее эффективного выделения климатических вариаций в динамике данного показателя.

1. Бляхарчук Т.А., Курьина И.В., Пологова Н.Н., Чернова Н.А. Реконструкция динамики увлажненности климата и болотного местообитания по данным комплексных палеоэкологических исследований торфяного разреза южно-таежной подзоны Западной Сибири // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее: Материалы Четвертого Международного полевого симпозиума, Новосибирск, 4-17 августа 2014 г. Томск: изд-во Томского университета, 2014. С. 263–264.
2. Chambers F.M., Blackford D.W., Yu Z. Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics // Mires and Peat. 2011. Vol. 7 (2010/11). P. 1–10.
3. Букреева Г.Ф., Архипов С.А., Волкова В.С., Орлова Л.А. Климат Западной Сибири в прошлом и в будущем // Геология и геофизика. 1995. 36 (11). С. 3–22.
4. Yeloff D., Mauquoy D. The influence of vegetation composition on peat humification: implications for palaeoclimatic studies // Boreas. 2006. Vol. 35. P. 662–673.
5. Overbeck F. Studien zur Hochmoorentwicklung in Niedersachsen und die Bestimmung der Humifizierung by stratigraphisch-pollenanalytischen Mooruntersuchungen // Planta. 1947. Vol. 35. S. 1–56.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЦАСУЧЕЙСКОГО БОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ NDVI

Курганович К.А.¹, Макаров В.П.¹, Соснина М.А.²

¹Институт природных ресурсов, экологии и криологии, г. Чита, ул. Недорезова 16а, naptheodor@mail.ru

²Забайкальский государственный университет, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30, Marina-Sosnina1993@yandex.ru

Климатические изменения на территории Забайкалья способствуют изменению облика наземных экосистем на площади всего региона [3, 4]. Наиболее уязвимыми в условиях изменения климата стали массивы сосновых боров в степной зоне Забайкальского края, самым уникальным из которых является Цасучейский бор [2]. Расположенный на правом берегу реки Онон, изолированный реликтовый сосновый массив леса естественного происхождения занимает 96,7 тыс. га, его общая протяженность составляет более 60 км, ширина изменяется от 10 до 20 км [5]. Уникальность бора заключается в том, что он образован особым экотипом сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) названной сосной Крылова (*Pinus sylvestris* subsp. *krylovii* (Serg. et Kondr.) Busik), произрастающей за пределами своего зонального ареала распространения [1]. Сосна отличается в основном большей продолжительностью жизни и длиной хвои, а также более крупными размерами шишек. Этот подвид нуждается в особой охране как источник ценного генетического материала, но вследствие участвовавших крупных лесных пожаров, в течение последних двух десятилетий Цасучейский бор был практически полностью уничтожен.

В качестве исходных данных дистанционного зондирования поверхности земли (ДЗЗ) использовались космические снимки спектрорадиометра MODIS с космических аппаратов Terra и Aqua за период с 05.03.2000 по 26.12.2013 г. Для анализа были приняты прошедшие предварительную обработку и свободно распространяемые продукты архивного центра изучения суши NASA LP DAAC (<https://lpdaac.usgs.gov/>).

За исследуемый период 2000–2013 гг. на изменения в растительных сообществах Цасучейского бора значительное влияние оказывали пожары, случавшиеся практически ежегодно. Для получения информации о сгоревших площадях использовались данные продукта MCD45A1 (ежемесячные сведения о сгоревших площадях с пространственным разрешением 500 м)

Полученные временные ряды NDVI были подвергнуты оценке качества пикселей изображения (QA), в результате чего были отбракованы аномально высокие и низкие значения вегетационных индексов, возникшие из-за влияния облачности и дыма. Для дальнейшего удаления погрешностей определения NDVI, связанных с эффектами отражения излучения от снегового покрова, из временных рядов были устранены пиксели изображения, соответствующие маске снега. В итоге остались числовые последовательности NDVI, характеризующие период вегетации, которые усреднялись за год и в дальнейших исследованиях были приняты за основу.

Исследование временных рядов среднегодовых значений NDVI для пробных площадей, заложенных в Цасучейском бору лабораторией растительных ресурсов ИПРЭК СО РАН в 2014 г. [6], позволяет отметить особенности динамики растительных сообществ на изучаемой территории. А так же выявить ход значений NDVI за рассматриваемый период для тестовых площадей с разными типами растительности, где отчетливо выделяется область длительно не горевшего сосняка (14), принимающая наибольшие среди других типов покрытий значения NDVI. Более низкие значения вегетационных индексов принимают площади покрытые осинником разнотравным (1-3),(4), степь разнотравная (5) и искусственно посаженные культуры сосны (7). Межгодовые вариации

значений индексов распространяются на все типы растительных сообществ и на графике видна согласованность колебаний величин NDVI в многолетнем разрезе.

Анализ временных рядов NDVI для площадей, в разные годы пострадавших от воздействия лесных пожаров, позволяет выявить отклик лесных экосистем на внешнее воздействие и количественно охарактеризовать потенциал восстановления растительного покрова на изучаемой территории. Рассмотрев ход вегетационных индексов для близких по расположению областей (1-3) и (4), занятых осинником разнотравным, выявлена закономерность: в конце рассматриваемого временного интервала (2013 г.) значения NDVI для этих площадок практически не отличаются, тем не менее, в начале периода наблюдений (2000 г.) отчетливо видна разница между ними. Можно сделать предположение об изменении видового состава в точке (4) с пород с более густой растительностью (возможно сосняк) на породы с более разреженной (осинник). Такое изменение может быть связано с воздействием пожара 2003 года, в связи с чем NDVI за один сезон падает с 0,63 до 0,44 и в последующие годы остается в этих пределах.

Таким образом, в результате проведенного анализа установлено, что временные ряды среднегодовых значений NDVI позволяют количественно охарактеризовать отклик растительных сообществ на внешние воздействия, изучить их многолетнюю динамику. Для Цасучейского бора период 2000–2013гг. был отмечен значительным воздействием пожаров, которые способствовали изменению облика лесных сообществ на всей его территории. Области бора, длительное время не подверженные возгоранию, проявляли способности к восстановлению растительного покрова, что отражалось в увеличении индекса NDVI.

1. Вахнина И.Л. Древесно-кольцевой анализ периодичности засух в северной части Даурского экорегиона // Природоохранное сотрудничество: Россия, Монголия, Китай. 2011. № 2. С. 26-29.
2. Обязов В.А. Изменение климата и гидрологического режима рек и озер в даурском экорегионе // Проблемы адаптации к изменению климата в бассейнах рек Даурии: экологические и водохозяйственные аспекты. Сборник научных трудов государственного природного биосферного заповедника «Даурский». Чита: Экспресс-издательство, 2012. С. 24-45
3. Обязов В.А. Изменения климата в междуречье Аргуни и Онона в контексте глобального потепления // Вестник Забайкальского государственного университета. 2011. № 7. С. 78-85.
4. Обязов В.А. Многолетние изменения температуры воздуха в Юго-Восточном Забайкалье // Известия Русского географического общества. 1996. № 3. С. 66-73.
5. Пак Л.Н., Бобринев В.П. Приживаемость, сохранность и рост лесных культур сосны в Цасучейском бору // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. № 3-3. С. 1056-1059.
6. Курганович К.А., Макаров В.П. Использование вегетационных индексов NDVI для оценки влияния пожаров на динамику растительности Цасучейского бора // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. – №2. С.27–36

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ АГРОЭКОСИСТЕМЫ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ

Мельник М.А., Поздняков А.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, пр. Академический, 10/3. E-mail: melnik-m-a@yandex.ru

Проблема адаптационного развития эколого-экономических систем в настоящее время имеет особую практическую и теоретическую значимость, связанную с объективной необходимостью приспособления жизненных условий, хозяйственной деятельности к изменяющимся экономическим условиям и условиям природной среды (прежде всего климатическим). Согласно нашим представлениям, механизмы адаптации эколого-экономических систем можно раскрыть на примере изменения сельскохозяйственных предприятий, функционирующих в теснейшем взаимодействии с экосистемами. Воздействовать на природные объекты, изменяя направление их развития, можно лишь в той мере, в какой сам этот процесс не претерпевает изменения основ своего функционирования. Поэтому применительно к природным процессам можно говорить лишь об управлении в адаптационном отношении: как должна изменяться хозяйственная деятельность в условиях изменяющейся среды. Процессы приспособления систем (адаптация) к изменяющимся условиям относятся к числу самоорганизационных, самонастраивающихся систем в соответствии с заданным состоянием – целью оптимального развития.

В качестве тест-моделей выбраны несколько агроэкосистем (личных подсобных хозяйств) нижнего иерархического уровня, имеющих некоторые отличия в социально-экономических и природно-климатических условиях, хотя и расположенных в умеренно-континентальном климатическом поясе с продолжительной холодной зимой и коротким, довольно теплым летом. Наша задача – на основе методов количественного учета затрат энергии сравнить особенности функционирования этих хозяйств, а также оценить их адаптационные возможности к условиям среды.

Выбранные тест-модели представляют собой простейшие агроэкосистемы, функционирующие с минимальным использованием технологически сложных производственных орудий и материалов, а также без привлечения дополнительной рабочей силы. Целью их существования и адаптации к новым экономическим условиям среды является самообеспечение экологически чистыми, натуральными продуктами питания, жильем и тепловыми ресурсами ради сохранения здоровья и увеличения продолжительности своей жизни. Особенности рассматриваемых агроэкосистем является возможность в ходе их адаптации к изменяющимся условиям среды, при необходимости, вовлечения в хозяйственный оборот дополнительных приусадебных и лесных земельных площадей, покосов; процесс охоты, рыбной ловли и собирательства дикоросов позволяет получить необходимый вспомогательный объем продуктов питания. Однако, дефицит мускульной энергии человека определяет ограниченный объем выполняемых им хозяйственных работ. В личных подсобных хозяйствах без привлечения техники или дополнительной рабочей силы, даже при максимально возможном использовании емкости природной среды, человек не способен изъять такое количество энергии, которое приведет к ее истощению и нарушению энергетического баланса.

Для исследования энергетического баланса ведения хозяйственной деятельности и адаптационных механизмов агроэкосистем выделены три основных входящих потока энергии различного генезиса: *природный, природно-антропогенный и техногенный*. Под *природным* потоком нами понимается та энергия, которая была накоплена средой и которую напрямую может быть изъята человеком в процессе своей жизнедеятельности внутри агроэкосистемы (рыба, дичь, дикоросы, древесина). *Природно-антропогенной*

будем называть ту природную энергию, которая концентрируется человеком путем изъятия ее из природной среды. В рассматриваемом аспекте, это энергия производящаяся внутри агроэкосистемы в результате трудовых затрат (энергии человека) – заготовка сена, плодо-овощной, мясо-молочной продукции и пр. *Техногенная* составляющая входящих потоков энергии включает в себя ту энергию, которую человечество изымает из среды и трансформирует вне рассматриваемой агроэкосистемы. Это та энергия, которая вводится в агроэкосистему извне путем товарно-денежных отношений (обмена одних видов энергии на другие): ГСМ, электроэнергия, газ, корма, продукты питания и прочие товары, необходимые для жизнедеятельности человека. Принципиальная схема энергетического функционирования агроэкосистемы представлена на рисунке 1.

В ходе исследования все виды входящих потоков энергии разложены на составляющие по отдельным видам продуктов питания, кормов, топлива и других товаров. Определены их объемы, которые в дальнейшем, согласно калорийности или энергосодержанию, переведены в единые энергетические единицы (Дж). Такой подход позволяет сравнить энергетические потоки различного генезиса, определить долю каждого потока в общей структуре функционирования агроэкосистемы и выявить основные закономерности ее развития. В изменяющихся условиях среды энергетический анализ дает возможность проследить перераспределение потоков энергии, задействованных в хозяйственном обороте агроэкосистемы, а также оценить ее адаптационные способности.



Рисунок 1. Схема энергетического функционирования простейшей агроэкосистемы.

В результате проведенного исследования отмечается, что более благоприятная социально-экономическая среда (транспортная доступность, централизованное энергоснабжение, комплекс инфраструктурных услуг и т.д.) формирует увеличение потока техногенной энергии, вовлеченного в процесс функционирования агроэкосистемы, и как следствие, приводит к возрастанию зависимости от внешних экономических факторов. Вектор развития агроэкосистемы отдаленных районов направлен на автономное функционирование, что предопределяет максимальное использование природно-ресурсных возможностей территории для стабильного и устойчивого ведения хозяйственной деятельности.

ОСОБЕННОСТИ ВОДНОЙ МИГРАЦИИ ВЕЩЕСТВ В ЛАНДШАФТАХ ПРИПОЛЯРНОГО И СЕВЕРНОГО УРАЛА

Московченко Д.В.¹, Селиванова Д.А.²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт проблем освоения Севера Сибирского отделения РАН»,
Россия, 625026, г. Тюмень, ул. Малыгина, 86, E-mail: land@ipdn.ru

²Автономное учреждение Ханты-Мансийского автономного округа-Югры «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпилемана», Россия,
625026, г. Тюмень, ул. Малыгина, 75, а/я 286, E-mail: das@crru.ru

Водная миграция является важнейшим интегрирующим фактором геосистем и определяет скорость самоочищения. Для многих элементов показатели вовлечения в техногенную миграцию соизмеримы с показателями биогенной и водной миграции [1]. Горнодобывающая деятельность приводит к существенному возрастанию техногенных миграционных потоков тяжелых металлов, что может привести к перестройке биогеохимических циклов. Показателями устойчивости при этом являются способность к самоочищению (выноса и разложения продуктов техногенеза) и емкость биогеохимического круговорота. Биогеоценозы устойчивы, если емкость внутриценозных биотических миграционных потоков выше, чем емкость внешних абиотических [2].

Полевые исследования поверхностных вод проведены на восточном макросклоне Урала, в пределах ХМАО-Югры. Отбор, хранение и транспортировка проб воды осуществлялись в соответствии с действующими ГОСТами. Химический анализ проб проведен в ГУ «Ханты-Мансийский ЦГМС» по сертифицированным методикам.

Ландшафты Приполярного Урала, по сравнению с Северным, отличаются более активной миграцией веществ в составе водных растворов, за исключением Си, коэффициент водной миграции (K_x) которой достигает максимальных значений в водах подгорных равнин Северного Урала, что объясняется литологическим фактором – здесь находятся ряд геологических структур (Северо-Сосьвинская, Вольинская, Салатимская рудные зоны) породы которых содержат Си в высоких концентрациях. Общая тенденция – увеличение миграционной активности микроэлементов в поверхностных водах подгорных равнин. Тем не менее, в горных ландшафтах значения K_x таких элементов, как Mn, Cr, Ni, Pb превышают среднемировые показатели.

Высокие показатели водной миграции микроэлементов в ландшафтах подгорных равнин наблюдаются на фоне снижения минерализации. Как правило, в реках Западной Сибири минерализация возрастает от истоков к устью. Однако анализ состав вод гор и подгорных равнин, как на Приполярном, так и Северном Урале показал, что в поверхностных водах подгорных равнин минерализация меньше, чем в горах и предгорных возвышенностях. Очевидно, причиной этого является различия в ландшафтной структуре, а именно в поступлении ультрапресных болотных вод на участках подгорных равнин. В период опробования (июль-август) питание осуществляется за счет грунтовых вод и дождевых осадков. Болотные воды подгорных равнин, являясь водорегулирующими и водозапасающими объектами, аккумулируют талые снеговые воды и являются естественным природным фильтром. На верховых болотах взаимодействию вод с минеральной толщей препятствует слой олиготрофного торфа, особенно на подгорных равнинах Приполярного Урала, где сезонное оттаивание почв замедленно. В горах из-за малой мощности, а зачастую и фрагментарности органогенного горизонта почв, нет препятствий для ионного обмена с породами.

Таким образом, для горных ландшафтов как Приполярного, так и Северного Урала характерна интенсивная водная миграция веществ, особенно элементов группы железа (Ni, Cr, Co), а также Mn. Это связано с широким распространением ландшафтов кислого класса, в которых высока подвижность этих элементов, и малой емкостью биологического

круговорота. В этих условиях техногенное воздействие, связанное с поступлением тяжелых металлов, приведет к интенсивной их миграции в соподчиненные звенья ландшафтно-геохимического ряда, с резким увеличением содержания в поверхностных водах и возможной аккумуляцией в донных отложениях предгорий и подгорных равнин, для которых, следовательно, максимален риск негативных трансформаций биотической составляющей. Более активная водная миграция наблюдается на Приполярном Урале, что связано с повышенной кислотностью почв, слабым развитием биогеохимических барьеров. На Северном Урале, вследствие специфики минералогического состава горных пород и наличия медно-цинковых руд, выше миграционные показатели для Cu и Zn.

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР / М.А. Глазовская. – М. : Высшая школа, 1988. – 328 с.

2. Глазовская М.А. Биогеохимическая устойчивость экологического пространства в природных и антропогенных ландшафтах как критерий их устойчивости / М.А. Глазовская // Изв-я РАН. Сер. Географическая. – 1992. – №5. – С. 5-13.

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ГЕОСИСТЕМ

Ноговицын В.Н., Коновалова Т.И.

Институт географии им. В.Б.Сочавы, 664033, Иркутск, Улан-Баторская, 1,
e-mail: NV.plus.MK@yandex.ru

Выявление закономерностей изменений геосистем и вместе с ним мониторинг состояния природной среды и прогноз ее изменения под воздействием хозяйственной деятельности человека - это сложные и актуальные проблемы современной географии. Чтобы решить их необходимо использовать знания закономерностей организации геосистем, проявление и трансформацию ее механизмов (вещественно-энергетический обмен, взаимосвязь со средой, внутренние взаимосвязи, резонанс процессов, ускорение сложившихся закономерностей развития) [Коновалова, 2012].

Геосистемы - это земные пространства всех размерностей, в нем отдельные компоненты природы находятся в системной связи друг с другом и как определенная целостность взаимодействуют с космической сферой и человеческим обществом [Сочава, 1978].

При изучении антропогенной трансформации геосистем возникает ряд проблем, связанных, с оценкой степени антропогенного преобразования геосистем. Они обусловлены необходимостью учета следующих показателей:

- свойства эмергентности (внутренняя общность, когда единое имеет иные свойства) в результате которого покомпонентная оценка трансформации целостного географического объекта не дает реальной картины его преобразований;
- уровня системной организации объекта, поскольку для каждого уровня характерны определенные особенности антропогенной трансформации, который наиболее быстро и полно охватывают геосистемы низших подразделений топологического уровня дифференциации;
- свойства изменчивости геосистем, в результате которого одни и те же показатели ПДК и ПДВ изменяются по мере модифицирования скорости ветра, количества осадков, крутизны склона и т.д.;
- сочетания ландшафтных факторов (орографических; климатических гидрографических, почвенных характеристик и проч.), усиливающих или ослабляющих воздействие вредных выбросов;
- возраста геосистем когда молодые и древние геосистемы обладают слабыми адаптивными механизмами и как следствие сопротивляемостью к антропогенному воздействию;
- трудностями сопоставления разнородных первичных данных, которые упрощают результаты, сводят решение комплексных задач к частным, уводя, тем самым, от реалий многостороннего исследования территории, анализа особенностей ее преобразования.

Эти проблемы можно решить при использовании ландшафтных знаний и карт, позволяющих провести целенаправленный поиск, сбор и интерпретацию данных, когда механизмы информационного оснащения решаемых задач синтезируются на единой основе, и становятся легко сопоставимыми.

1. Коновалова Т.И. Самоорганизация геосистем юга Средней Сибири. – Новосибирск: Изд-во «ГЕО», 2012. – 148 с.
2. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. - Новосибирск: Наука, 1978.– 320 с.

МОНИТОРИНГ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЕГЕТАЦИИ У ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ В г. ТОМСКЕ

Николаева С. А., Рудский В. Г.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия,
г. Томск, пр. Академический, 10/3, e-mail: sanikol1@rambler.ru

Повышенный интерес к фенологии растений в последние десятилетия связан с исследованиями в области глобальных изменений климата. Мониторинг трендов в периодических событиях растительного мира может выступать и как биоиндикатор климатических изменений, и как количественный показатель воздействия потепления на биосистемы [4].

Фенологические наблюдения в г. Томске (район Академгородка), который находится на стыке южной тайги и подтайги Западно-Сибирской равнины, были начаты в 1969 г. Имеются непрерывные ряды (1969–2013 гг.) наблюдений за фенологическими явлениями у аборигенных древесных видов, такие как начало сокодвижения и облиствления, появление первых желтых крон и окончание листопада у березы бородавчатой, и начало цветения кустарников и деревьев из подлеска в городском лесном массиве. Кроме того, по таким явлениям как (1) начало сокодвижения и окончание листопада и (2) начало облиствления, т.е. разворачивание молодых листочков, и появление первых желтых крон у березы можно рассчитать продолжительность различных периодов вегетации растений. Первые два явления могут служить границами общей вегетации растительности, т.е. большинства древесных и травянистых растений умеренных широт, вторые – их активной вегетации, когда большинство растений фотосинтезирует и возможно накопление органического вещества. Нами установлено [2, 3], что развитие травяного яруса в березово-сосновых сообществах в пригородных лесах г. Томска сопряжено по срокам с общей и активной вегетацией растений в Академгородке. Начало общей вегетации близко к срокам схода снега в поле и появления проростков трав в лесу, ее окончание – с практически полным засыханием травяного покрова в лесу. В начале активной вегетации растительности травы в лесу переходят к интенсивному росту, а в конце – покрытие и высота травяного яруса снижаются в 1,5–3 раза по сравнению с максимумом их развития. В сообщении показаны изменения в продолжительности вегетации древесных растений в г. Томске за последние полвека.

В целом за 45 лет наблюдений сроки начала фенофаз у древесных видов в весенний и раннелетний период стали наступать раньше, а в позднелетний и осенний период – практически не изменились или стали приходить несколько позже. Наибольшие изменения этих сроков (2,5–4 дней/10 лет) отмечаются для начала сокодвижения у березы и цветения у деревьев и кустарников, наименьшие (0,3–1,3 дней/10 лет) – для начала фенофаз, связанных с фотосинтетическим аппаратом древесных растений (облиствление, первые желтые кроны и конец листопада). А в целом за 45 лет сроки начала фенофаз сдвинулись на 11–16 дней и 1,5–6 дней соответственно [3].

Продолжительность общей вегетации растений за 45 лет увеличилась на 19,6 дня (со 166 до 186 дней, среднее – 176), а активной вегетации – на 7,2 дня (со 116 до 123 дней, среднее – 120) (рис., 1-2). Их тренд составил +4,5 и +1,6 дня/10 лет соответственно. Продолжительность безморозного периода на юге Томской области за это же время увеличилась на 13,5 дней (со 115 до 129 дней, среднее – 122) (рис., 3). Безморозный период и активная вегетация растений близки по продолжительности и направленности трендов, и, по-видимому, обусловлены общими внешними причинами.

Для определения момента начала вегетации растений достаточно часто предлагается использовать метод накопленных положительных температур. Сумма

положительных среднесуточных температур на определенную дату может характеризовать погодную ситуацию сезона [4]. Среднесуточные температуры воздуха в г. Томске переходят через 0° в начале апреля, через 5° – в начале мая [1 и др.]. С 1970-х гг. наблюдается тенденция увеличения среднегодовых температур воздуха в основном за счет зимних температур, и с 1950-х гг. – увеличения годовых сумм осадков.

Для выявления возможных причин фенологических сдвигов были рассчитаны коэффициенты корреляции дат наступления фенофаз у растений с суммами положительных температур, накопленных к середине или концу месяца, которые являлись ближайшими к среднему сроку начала той или иной фенофазы [3]. Связь ($r = -0,76-0,88$) между датой начала фенофазы у растений и суммой накопленных положительных температур тесная: чем раньше накоплена эта сумма, тем раньше наступает соответствующая фенофаза. Эта связь сохраняется вплоть до середины лета, т.е. до начала цветения липы, а затем она пропадает. Но следует отметить, что тренд суммы температур, накопленных к определенной дате, за 45 лет наблюдений существенно выше, чем тренд начала фенофаз древесных растений.

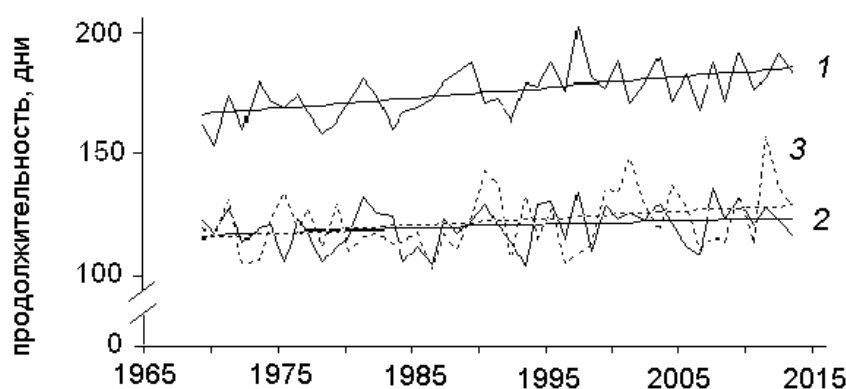


Рис. Мониторинг продолжительности общей (1) и активной (2) вегетации растительности и безморозного периода (3) и их трендов в г. Томске

Для выявления возможных причин фенологических сдвигов были рассчитаны коэффициенты корреляции дат наступления фенофаз у растений с суммами положительных температур, накопленных к середине или концу месяца, которые являлись ближайшими к среднему сроку начала той или иной фенофазы [3]. Связь ($r = -0,76-0,88$) между датой начала фенофазы у растений и суммой накопленных положительных температур тесная: чем раньше накоплена эта сумма, тем раньше наступает соответствующая фенофаза. Эта связь сохраняется вплоть до середины лета, т.е. до начала цветения липы, а затем она пропадает. Но следует отметить, что тренд суммы температур, накопленных к определенной дате, за 45 лет наблюдений существенно выше, чем тренд начала фенофаз древесных растений.

При этом начало таких фенофаз как сокодвижение (функция проведения воды и минеральных веществ) и цветение (генеративная функция) оказалось более отзывчивым на температурный фактор, а таких как облиствление, пожелтение и листопад (фотосинтетическая функция) – более консервативным. Накопление биомассы у растений связано с процессом их фотосинтеза, который осуществляется в период активной вегетации. Поскольку в последние 45 лет темпы увеличения периода активной вегетации существенно отстают от темпов увеличения периода всей вегетации, то можно предположить, что в современный период потепления климата внутренние возможности древесных растений в формировании фотосинтетического аппарата растений являются одним из ограничивающих условий в накоплении их биомассы.

1. География Томской области. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1988. 246 с.

2. Николаева С.А., Климова Н.В. Сезонная динамика травяного яруса лиственно-сосновых травяных сообществ в пригородных лесах г. Томска // Вестник Томск. гос. ун-та. Биология. 2010. № 1 (9). С. 78–92.
3. Николаева С.А., Рудский В. Г. Изменения сроков сезонных явлений у древесных видов в г. Томске за последние полвека // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-Сибирь-2014. Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью: Матер. межд. науч. конф. Т. 4. Новосибирск: СГГА, 2014. С. 291-295.
4. Овчинникова Т.М., Фомина В.А., Андреева Е.Б. и др. Анализ изменений сроков сезонных явлений у древесных растений заповедника Столбы в связи с климатическими факторами // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. 28, № 1–2. С. 54–59.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА ОБЬ-ТОМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ С УЧЕТОМ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Панченко Е.М.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634021, г. Томск, пр. Академический, д. 10/3, panchenkoem@gmail.com

Эколого-хозяйственный баланс (ЭХБ) территории следует понимать как сбалансированное соотношение различных видов антропогенной деятельности различных групп населения на территории с учетом потенциальных возможностей природы, что обеспечивает устойчивое развитие природы и общества и не вызывает негативных экологических последствий [1].

Методические подходы оценки эколого-хозяйственного баланса территории разработаны Б.И. Кочуровым, Ю.Г. Ивановым [1, 2], где учитываются следующие характеристики: распределение земель по видам и категориям, площадь земель по видам и степени антропогенной нагрузки, площадь природоохранных зон, напряженность эколого-хозяйственного состояния территории, интегральная антропогенная нагрузка, природная защищенность территории, экологический фонд территории. Для оценки ЭХБ первым этапом определяют уровень антропогенной нагрузки (АН). Для этого применяют экспертные балльные оценки, где каждому виду земель с учетом его экологического состояния присваивается соответствующий балл.

Нами проведена оценка эколого-хозяйственного баланса Обь-Томского междуречья. Для более подробного расчета эколого-хозяйственного баланса на Обь-Томском междуречье, нами были выявлены основные виды антропогенных факторов, воздействующих на окружающую среду междуречья. В числе наиболее значимых выделено **эксплуатация подземных источников водоснабжения, рекреационные нагрузки, лесные пожары.**

В результате проведенных исследований нами предложена классификационная схема распределения земель (табл. 1), где к существующим категориям земель, добавили новые типы антропогенного воздействия. В том числе: к территориям со **средней антропогенной нагрузкой** были отнесены группы земель природоохранного назначения, припоселковые кедровники, для которых характерны высокие сезонные антропогенные нагрузки. К территориям со **значительной антропогенной нагрузкой** были отнесены группы земель, трансформированные под воздействием Томского водозабора [3]. К территориям значительной антропогенной нагрузки отнесены и сельскохозяйственные территории. В эту же категорию земель были также отнесены и гари. Согласно анализу структуры и факторов антропогенного влияния, на территории междуречья существуют комплексные конфликтные зоны, где сочетается несколько видов техногенного воздействия. Наиболее ярко это проявляется при сочетании негативных проявлений, связанных с воздействием водозабора и других видов антропогенных нагрузок: рекреации, лесопользования или земледелия. Эта категория наиболее трансформированных земель, которой присвоена высокая степень антропогенной нагрузки (табл. 1).

В соответствии с полученными результатами табл. 1, были проведены расчеты коэффициентов K_A и K_O :

$$\begin{aligned} K_A \text{ Обь-Томского междуречья} &= AN_5 / AN_1 = 65,5 / 44,1 = 1,5 \\ K_O \text{ Обь-Томского междуречья} &= (AN_3 + AN_4 + AN_5) / (AN_1 + AN_2) = \\ &= (61,5 + 54,4 + 65,5) / (44,1 + 16) = 181,4 / 60,1 = 3 \end{aligned}$$

Таблица 1. Классификация земель Обь-Томского междуречья по степени антропогенной нагрузки [4]

Категории земель	Степень АН	Балл	Всего по лесничеству	
			площадь, тыс. га	доля %
Общая площадь земель			364	100
Леса и неиспользуемые земли	низкая	1	160,7	44,1
Земли под водой, болота	незначительная	2	29,3	8
Пастбища, сенокосы, многолетние насаждения	средняя	3	49,8	13,7
Природоохранные (рекреационные) территории, припоселковые кедровники	средняя	3	24,8	6,8
Пашня	значительная	4	34,8	9,1
Трансформированные территории, под воздействием водозабора		4	12,2	3,3
Гари	значительная	4	4,5	1,2
Конфликтная зона	высокая	5	20,8	5,7
Земли транспорта, инфраструктуры, населенных пунктов; нарушенные земли	высокая	5	27,1	7,4

Величина коэффициента K_A показывает, что территория уже не относится к благополучным. Значение K_O указывает на то, что здесь существует явно выраженная экологическая напряженность и территория является несбалансированной по степени АН и потенциалу устойчивости природы. Теперь рассчитаем коэффициент естественной защищенности территории (K_{EZ}) при этих условиях:

$$K_{EZ} \text{ Обь-Томского междуречья} = P_{CF}/P_O = 231,6/364 = 0,6$$

Согласно методике Кочурова Б.И., принято считать, что если коэффициент естественной защищенности меньше 0,5, то данная территория перегружена хозяйственной деятельностью [1]. В наших расчетах K_{EZ} оказался равным 0,6, что свидетельствует о напряженном эколого-хозяйственном состоянии территории. Следовательно, уже необходимо принятие первоочередных природоохранных мер по регулированию ситуации.

1. Кочуров Б.И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. – Смоленск: СГУ, 1999. – 154 с.

2. Кочуров Б.И., Иванов Ю.Г. Оценка эколого-хозяйственного состояния территории административного района // География и природные ресурсы, 1987. №4. – С. 49-54.

3. Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. Состояние природной среды в зоне действия Томского водозабора // Сибирский экологический журнал 2011, №1 С.123-134.

4. Лесохозяйственный регламент Тимирязевского лесничества Томской области. Томск, 2014. – 199 с.

ОЦЕНКА ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ АПРОБАЦИИ ВРЕМЕННЫХ ПРАВИЛ РУБОК ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В КЕДРОВЫХ ЛЕСАХ

Пац Е.Н.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, пр. Академический, 10/3, patz_imces@mail.ru

Запрет рубок главного пользования в кедровых лесах по распоряжению СМ СССР от 30 декабря 1989 г. № 2281 вывело из хозяйственного освоения более 6 млрд. м³ лесных ресурсов [3] и не решило проблемы рационального использования и восстановления кедровников. В Томской области введенный запрет на рубки кедров поставил в сложнейшие условия выживания ряд лесозаготовительных предприятий, основой сырьевой базой которых являлись темнохвойные насаждения с 30-50%-ным участием кедров в составе древостоев. По инициативе областной администрации в 2000 г. были разработаны «Временные правила рубок в кедровых лесах и в лесах с участием кедров (потенциальные кедровники) Томской области» [1], которые в 2001-2006 гг. проходили опытно-производственную апробацию.

Для оценки результативности применения правил в 2014 г. нами проведено обследование вырубок в южной тайге (Первомайское лесничество) и в зоне перехода от южной тайги к средней (Улу-Юльское лесничество).

В Первомайском лесничестве до вырубки (согласно материалам лесоустройства 1987 г.) кедровые насаждения имели смешанный состав с долей участия кедров 3 ед. в возрасте 240 лет. Более подробная характеристика вырубленных насаждений приведена в работе Н.М. Дебкова с соавторами [2].

Низкая полнота древостоев (0,4) способствует формированию подростов с хорошими показателями (высота, возраст и густота) в котором 4 ед. приходилось на кедр (4КЗПЗЕ). Лесозаготовительные операции в летний период 2001 г. были проведены с серьезными нарушениями технологии, что сказалось на состоянии подростов.

По данным проведенного в 2014 г. повторного исследования, состав сформировавшегося молодняка резко изменился – 4ОсЗБ2Ив1П, т. е. на хвойный подрост приходится всего 1,4 тыс. шт./га из общих 12,8 тыс. шт./га. Весь пихтовый подрост последующего происхождения не старше 12 лет со средней высотой 1,6 м. Лиственный подрост имеет среднюю высоту от 2,2 до 3,7 м, а его возраст составляет 6-9 лет. Обследование контрольного участка выявило серьезные отличия по составу и количеству хвойного подростов от таксационных данных – 4Е2Б2К2П вместо 4КЗПЗЕ (рисунок), возраст до 16 лет против 25 лет по таксационным данным; 18 тыс. шт./га (из которых 14 тыс. шт./га хвойного подростов) против 6 тыс. шт./га благонадежного подростов по данным лесоустройства (рисунок).

С учетом всего этого можно с уверенностью сказать, что восстановление кедровой вырубки проходит через смену лиственных пород и здесь может сформироваться смешанное насаждение с участием пихты до 2 ед., так как её встречаемость составляет 11%. Отсутствие кедров в составе подростов не позволит восстановиться исходному насаждению. Основной причиной этого является лесозаготовка в летний период без сохранения подростов.

В Улу-Юльском лесничестве кедровые насаждения имели смешанный состав, но со значительным преобладанием кедров (7 ед.) в возрасте 260 лет [2]. До рубки в составе подростов доминировал кедр (4 ед.) с хорошими показателями высоты, возраста и густоты. По данным повторного исследования, усредненный состав сформировавшегося молодняка – 3К6Б1Е+П, а на кедр приходится всего 4 тыс. шт./га из общих 13 тыс. шт./га. Еловый и пихтовый подрост старше 10 лет и в основном предварительного происхождения, а средняя высота 0,5-1,5 м. Кедров возрастом 5-10 лет последующего происхождения со

средней высотой 0,2-0,4 м. Молодняк лиственных пород, хотя и последующего происхождения (4-6 лет), уже имеет среднюю высоту 1,5-2 м. Помимо подроста разного происхождения сохранился второй ярус и тонкомер.

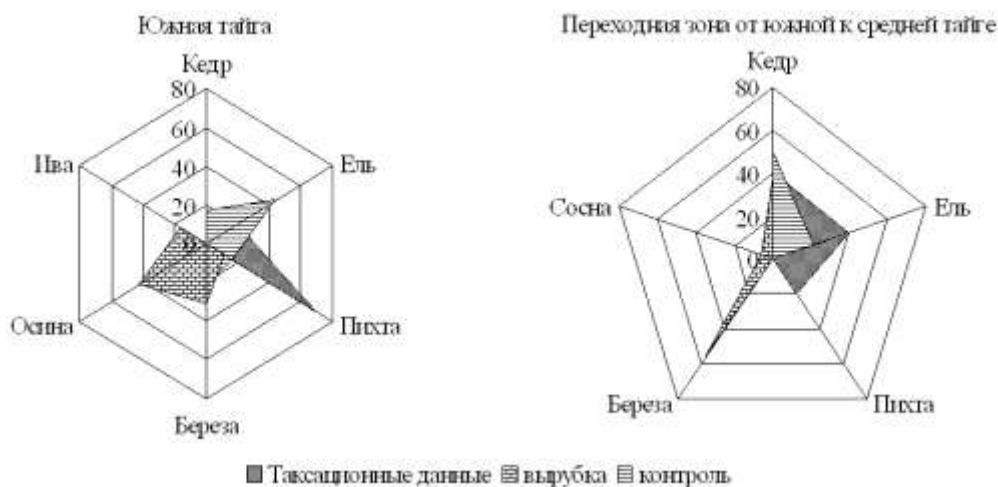


Рисунок. Спектры породного состава подроста

Проведенные исследования показали, что, несмотря на полное несоответствие данных таксационных материалов и нарушение технологии проведения рубок присутствие в подросте кедра и др. хвойных пород позволит в дальнейшем восстановиться материнскому пологу. В то же время в этих насаждениях будет существенной примесь лиственных пород до 2-5 ед. Формирование кедровников на этих участках возможно лишь при направленном уходе, так как породный состав трансформируется в сторону менее ценных хвойных видов.

1. Временные правила рубок в кедровых лесах и в лесах с участием кедра (потенциальные кедровники) Томской области. М., 2000. 40 с.
2. Дебков Н.М., Пац Е.Н., Бисирова Э.М., Кривец С.А. Итоги опытно-производственной апробации Временных правил рубок промежуточного пользования в кедровых лесах и лесах с участием кедра (потенциальные кедровники) Томской области // Лесное хозяйство. 2015. № 2. С. 20-22.
3. О мерах по обеспечению рационального ведения лесного хозяйства в кедровых лесах: Распоряжение № 2281 СМ СССР от 30 декабря 1989 г.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Пологова Н.Н., Дюкарев А.Г.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, пр. Академический, 10/3; pologova@imces.ru

Комбинация климатических условий, растительности и почвообразующих пород, характер и степень увлажнения формирует основной спектр почв природной зоны. В работах по классификации почв России показано существование множественности автономных почв в пределах природных зон [Тонконогов и др., 2009]. Разнообразие почв контролируется конкретными местными условиями – распределением тепла и влаги, особенностями растительного покрова и связано в первую очередь с пространственной неоднородностью баланса поступления, разложения и гумификации органического вещества. На южной границе таёжной зоны типологический спектр автономных почв равно представлен как высокогумусными серыми и органо-аккумулятивными почвами, так и дерново-подзолистыми, различающимися показателями их гумусного состояния. Поскольку доказана практически однозначная связь между глубиной гумификации и длительностью периода биологической активности (ПБА – числом дней с температурами равными и выше 10°C) для гумусового горизонта автоморфных почв [Орлов, Бирюкова, 1984], в задачу наших исследований входило оценить динамику распределения температур в почвах разной степени гумификации и определить факторы обуславливающий их температурный режим.

Измерение температуры почв проводилось с использованием терморегистраторов (АИПТ) [Кураков и др., 2008] на глубинах 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 120, 160, 240 см с интервалом в 1 час с августа 2010 по сентябрь 2014 года. Анализировались средние суточные величины за периоды с 1 октября по 30 сентября за 4 года наблюдений. В качестве основного критерия оценки теплообеспеченности принята сумма температур более 10°C на исследуемых глубинах. За критерий оценки степени суровости зимних почвенных условий принята сумма отрицательных температур на тех же глубинах.

Исследования проводились в пределах Васюганской равнины, на междуречье Бакчар-Икса, на плоской слабодренированной поверхности с абсолютными отметками высот 112-113 м. Точки наблюдения включают: дерново-подзолистую тяжелосуглинистую почву (р.291) под пихтовым мелкотравно-зеленомошным лесом; органо-аккумулятивную тяжелосуглинистую почву (р.252) под осиново-березовым травяно-зеленомошным лесом. В южной оконечности Колывань-Томской возвышенности, на западном склоне Томь-Яйского междуречья исследован температурный режим дерново-глубокоподзоленной суглинистой почвы (р.480) под пихтарником мертвопокровным на плоской вершине водораздела и серая суглинистая почва под кедровником травяным (р.181). Абсолютные отметки высот 190 и 160 м соответственно.

Холодный период (по данным метеостанциям Бакчар и Томск в период трех соседних лет наблюдения) наступает раньше на Васюганье (на 10-15 дней). При этом количество дней между временем наступления отрицательных температур воздуха и установлением снежного покрова заметно отличается: 16-23 дня для м.с. Бакчар и 1-2 дня для м.с. Томск. Высота снежного покрова выше в окрестностях Томска по сравнению с м.с. Бакчар (53-98 и 31-86см соответственно в разные годы). Эти факторы должны способствовать большему промерзанию почв Васюганья, однако как дерново-подзолистая (р.291), так и особенно органо-аккумулятивная (р.252) почва характеризуются меньшими глубинами промерзания из-за их более высокой влажности и гумусированности (рисунок, А). Почвы Томь-Яйского междуречья глубже промерзают зимой, но также и на большую глубину прогреваются летом. Температурные режимы автономных почв с разным строением профиля закономерно различаются в разные по увлажненности годы. Летом в

сухой (2012) год лучше всего прогревались гумусированные почвы (р. 252 и р 181) каждой территории по сравнению с дерново-подзолистыми (на 1-1.5°C). Во влажные годы разница в прогревании на глубине 20 см составила 0.5-1.3°C. На глубине 60 см расхождения между температурным режимом почв проявлялись сильнее (разность 1.6-2.0°C).

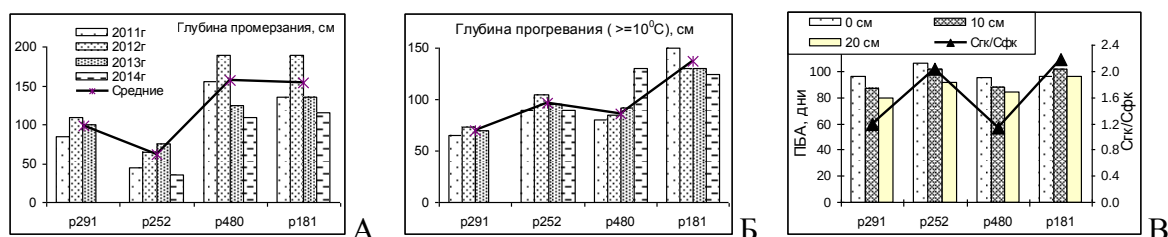


Рисунок. Глубина промерзания (А), прогрева (Б) почв; связь между периодом биологической активности (на поверхности и на глубине 10, 20 см) и гумусным состоянием почв (В).

Дерново-подзолистые почвы Васюганья и Томь-Яйского междуречья по накоплению температур выше 10°C и 5°C оказываются более близкими, чем гумусированные почвы соответствующих территорий. Они также близки по продолжительности периода биологической активности, которая хорошо коррелирует с гумусным состоянием – соотношением гуминовых и фульвокислот в составе гумуса (рисунок, В). На Томь-Яйском междуречье влияние высоты местности (отроги Салаира) обеспечивает глубокое промерзание почв. Однако в профиле серых почв устанавливается режим способствующий поддержанию гумусонакопления, при достаточном увлажнении в травяных кедровниках припоселкового типа.

В более влажных и менее дренированных местообитаниях Васюганья почвы зимой теплее, летом меньше прогреваются, но органо-аккумулятивная почва оказывается теплее дерново-подзолистых почв обеих территорий. Следовательно, можно говорить о существовании на каждой территории экологических ниш почв с разнонаправленными почвенными процессами, поддерживаемых современным температурным режимом. Гидротермический режим гумусированных почв способствует слабому выщелачиванию карбонатов, несмотря на высокое увлажнение, устойчивой аккумуляции органического вещества, сохранению в гумусовой матрице гуматного состава гумуса. Исходя из этого, следует предполагать, что дифференциация местных микроклиматов может играть первостепенную роль при смещении зон и формирования разнообразия почвенного покрова. Для почв плакорных дренированных местообитаний можно полагать квазиравновесное состояние современного гумусонакопления с коренной зональной растительностью пихтовых мелкоотравно-зеленомошных лесов.

1. Кураков С.А., Крутиков В.А., Ушаков В.Г. Автономный измеритель профиля температуры АИПТ // Приборы и техника эксперимента. – М., 2008, № 5. С. 166-167.
2. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н. Гумусное состояние почв как функция их биологической активности // Почвоведение, 1984. №8. С. 39-49.
3. Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И., Хохлов С.Ф. Экологические ниши основных типов почв России: географический аспект новой классификации // Почвоведение, 2009. № 9. С. 1043-1051.

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ТОМЬ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Савичев О.Г.

Томский политехнический университет,
643050, пр. Ленина, 30, г. Томск, e-mail: OSavichev@mail.ru

Город Томск получил своё название по имени реки, на берегах которой он расположен. Однако фактически в настоящее время имеется лишь два относительно хорошо обустроенного доступа горожан к реке – в районе Лагерного Сада и здания Администрации Томской области. В остальных местах побережье и дамба часто представляют собой место для несанкционированного размещения бытовых отходов (с учётом этого, если исходить из степени доступности и посещаемости водного объекта, город мог бы быть переименован в Ушайск по названию притока Томи, протекающему через весь город с востока на запад).

Почему так получилось? На то есть ряд объективных причин. Наиболее важная из них – то обстоятельство, что река сперва течёт с востока на запад (до г. Новокузнецка), а затем – с юга на север, имеет длину 827 км, из которых последние («нижние») 125 км – в границах Томской области. Основная часть водного стока формируется в Кемеровской области, в горных районах Кузнецкого Алатау и Горной Шории, причём в южной части речного бассейна заметно теплее. Из-за этого весеннее половодье начинается сначала в Кемеровской области. Водные массы вместе с льдинами и шугой подходят к границе с Томской области, где на реке обычно еще наблюдается ледостав. В результате формируются ледовые заторы (скопления в русле льдин) и ледовых зажоров (скоплений шуги), возникает значительный подпор и затопление прилегающих к реке территорий [Льготин и др., 2006].

Необходимо отметить, что сложность ситуации на Томи определяет сложившаяся и планируемая хозяйственная деятельность в долине реки и, особенно, в её пойме (периодически затапливаемой части долины). Прежде всего это – деятельность ряда организаций, занимающихся добычей и перевозкой гравия и песка. Негативное влияние на состояние Томи при этом связано с изъятием песчано-гравийного материала, взмучиванием речных вод и, соответственно, ухудшением качества вод и условий жизни гидробионтов (вплоть до их уничтожения), изменением русловых процессов как при добыче, так и размещении временных складов песчано-гравийной смеси по берегам и в русле. Возможно также и позитивное влияние добычи песка и гравия, связанное с повышением транспортирующей способности русла, препятствующей формированию ледовых заторов, а соответственно, и наводнений. В целом, в настоящее время на участке от Томска до устья Томи сформировались условия, благоприятные для накопления ледового материала и последующего формирования ледовых заторов/ зажоров и наводнений (рисунок 1). Углубить русло для улучшения условий выноса ледового материала на этом участке практически невозможно, можно лишь обеспечить усиленный пропуск водно-ледовых масс у островов (за счет их срезки или ликвидации) и на поворотах.

Анализ гидроэкологических условий в нижнем течении реки Томь позволил сделать следующие выводы.

1. Проблема обустройства Томи в Томской области должна решаться комплексно, с учётом требований, предъявляемых для обеспечения безопасности населения от затоплений, подтоплений и размыва берегов и дамб, благоприятной экологической обстановки, обеспечения водой населения, промышленности и сельского хозяйства, нормального функционирования водного транспорта и строительного комплекса.

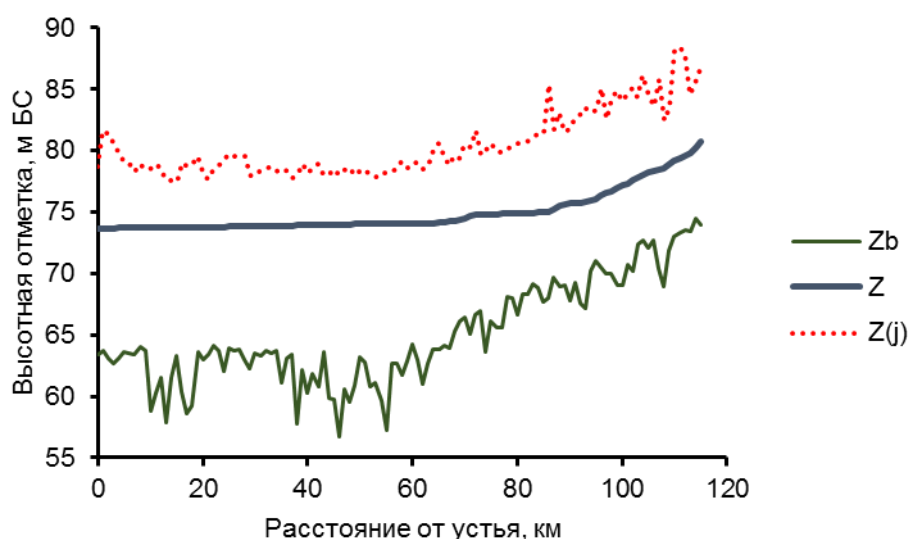


Рисунок 1. Изменение минимальных отметок дна Z_b , расчётных уровней воды при отсутствии Z и наличии ледовых заторов и зажоров $Z(j)$ по длине р. Томь на участке 0–115 км от устья при расходе воды $8000 \text{ м}^3/\text{с}$ и уровне воды в устье 73,64 м БС (29.04.2010 г.) [Савичев, 2012].

2. Если ничего не делать, проблемы не исчезнут, а лишь усилятся в условиях застройки поймы и образования островов.

3. Возможный проект обустройства Томи в Томской области должен предусматривать: а) обеспечение безопасности Томска от затопления и неблагоприятных русловых деформаций за счет поддержания в нормальном состоянии дамбы, руслоисправительных работ (для предотвращения ледовых заторов и задоров) и оптимального размещения жилых и иных объектов; б) обеспечение безопасности Томска от подтопления за счет строительства дренажной системы в пойме и оптимального размещения жилых и иных объектов; в) обеспечение благоприятной экологической среды путем оптимального размещения и эксплуатации очистных сооружений и водозаборов, ликвидации автозаправочных станций и несанкционированных свалок в пойме, несанкционированных выпусков сточных вод; г) обеспечение условий для рекреации за счет создания и поддержания пляжей, зон отдыха и так далее; д) обеспечение условий судоходства от Томска до устья Томи, в т.ч. маломерных судов; е) рациональное использование русла и поймы Томи для добычи строительных материалов; ж) организация охраны водных биоресурсов и, возможно, рыбоводство и рыболовство.

1. Льготин В.А., Савичев О.Г., Нигороженко В.Я. Состояние поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Томской области в 2000–2005 гг. – Томск: Аграф-ПРЕСС, 2006. – 88 с.

2. Савичев О.Г. Гидрологическое обоснование руслоисправительных работ на реке Томи (Западная Сибирь) с целью снижения опасности наблюдений // Гидротехника. – 2012. - № 3 928). – С. 93 – 97.

МОНИТОРИНГ ПОЖАРОВ В ГОРНО-ЛЕДНИКОВОМ БАССЕЙНЕ АКТРУ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Савчук Д.А., Николаева С. А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3, e-mail: savchuk@imces.ru

Пожары – мощный средообразующий фактор естественной или антропогенной природы. Спектр их воздействий на лесные экосистемы чрезвычайно широк: от небольшого обугливания коры и повреждения нижней части кроны деревьев, что не отражается на их росте в высоту и по диаметру, до полного уничтожения таких экосистем на определенной территории. В последнем случае такие пожары являются элементом пирогенной сукцессии как «поддерживающего», так и «угнетающего» характера. Сильные пожары часто связывают с засухами вследствие господства блокирующих антициклонов в атмосфере [2, 3, 5]. В данном сообщении рассмотрены годы и периоды пожаров в лесах горно-ледникового бассейна Актру (Северо-Чуйский хребет).

В горно-ледниковом бассейне Актру на высотах 2100-2350 м над ур.м. лес из кедра и лиственницы занимает нижние части склонов долины. В верхней части бассейна он представлен в основном коренными 350-470 (500)-летними кедровыми и лиственнично-кедровыми древостоями. После прохождения пожаров по смешанным лиственнично-кедровым лесам из их состава обычно выпадает кедр, но сохраняется лиственница. Наличие горевших лесов с сохранившимися живыми лиственницами в нижней части этого бассейна отмечено В.В. Сапожниковым [4] в ходе его экспедиций по Алтаю в конце XIX в. В настоящее время здесь произрастают «производные» 180-240-летние древостои [1], в которых, как правило, в первом ярусе преобладает лиственница, а кедр встречается либо в первом, либо во втором ярусе, а также в виде обильного подроста.

В основании стволов деревьев имеются следы нагара и послепожарные подсушины. Датировка таких подсушин по кернам и спилам деревьев показала, что на левом более сухом склоне сильный пожар был в 1974 г. (рис.). Огонь повредил в основном деревья кедра и небольшую часть деревьев лиственницы. Повреждения со стороны подсушин у отдельных деревьев охватили не только кору и луб, но и 1-2 годичных кольца древесины. Радиальный прирост таких деревьев на следующий год снизился. У взрослых деревьев лиственницы он обычно восстанавливается в течение одного-двух лет (см. рис., 2). У деревьев кедра, особенно молодых, прирост древесины в районе подсушины может сохраняться на низком уровне длительное время (см. рис., 1), при этом годичные кольца сильно засмолются.

По метеорологическим условиям (метеостанция Актру) вегетационный сезон 1974 г. был сухим (на 51% меньше осадков) и жарким (температуры на 1,5-2°C выше) относительно средних многолетних значений, а также по сравнению с предыдущим прохладным и влажным 1973 г. За зиму 1973-1974 гг. выпало на 23% меньше снега, чем обычно. Кроме того, за предыдущий беспожарный период в лесу, по-видимому, накопился горючий материал. Таким образом, в 1974 г. сформировались условия для возникновения и развития пожара.

Локальные пожары в долине р. Актру отмечены в последнем десятилетии (2004, 2011, 2014 гг.). По данным ближайшей метеостанции Кош-Агач, погодные условия в эти годы также были более засушливыми по сравнению со среднемноголетними значениями.

Датировка более ранних пожаров в этой части бассейна по пожарным подсушинам без уничтожения деревьев затруднительна. Буровые керны не всегда могут зафиксировать такие подсушины в далеком прошлом. Кроме того, с увеличением возраста деревьев возрастает вероятность появления у них сердцевинных гнилей. Периоды интенсивных пожаров можно датировать по косвенным признакам, например, по возрастной структуре и дендроклиматическим реконструкциям.

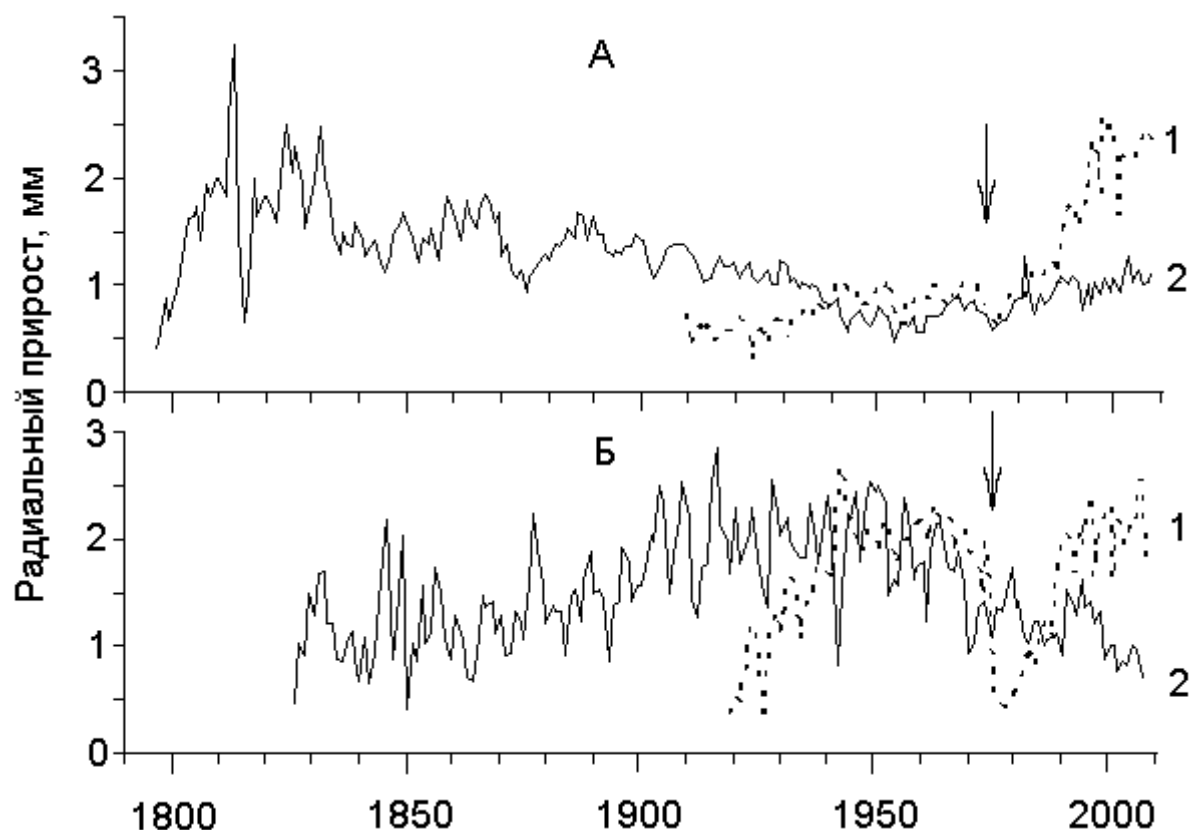


Рисунок. Динамика радиального прироста лиственницы (1) и кедра (2) в лесных сообществах, пройденных пожарами: А – кедрово-лиственничное, Б – лиственничное. Стрелкой обозначен пожар 1974 г.

Время появления новых генераций деревьев кедра и лиственницы на рубежах XIX-XX вв. и XVIII-XIX вв. (рис.) на обоих склонах долины совпадает с периодами потеплений, выявленных по динамике хода реконструированной температуры [1]. Поэтому мы предполагаем, что деревья этих возрастных генераций могли появиться после пожаров, имевших место в горно-ледниковом бассейне Актру в эти периоды.

1. Бочаров А.Ю. Структура и динамика высокогорных лесов Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай) в условиях изменений климата // Вестник ТГУ. 2011. № 352. С. 203-206.
2. Валендик Э.Н., Кисляхов Е.К., Рыжкова В.А. и др. Лесные пожары в Средней Сибири при аномальных погодных условиях // Сиб. лес. журн. 2014. № 3. С. 43-52.
3. Гамова Н.С. Пирогенные смены лесной растительности центральной части Хамар-Дабана (Южное Прибайкалье) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Барнаул: Артика, 2014. С. 55-59.
4. Сапожников В.В. По Русскому и Монгольскому Алтаю. М.: Гос. изд-во геогр. лит-ры, 1949. 578 с.
5. Цветков П.А., Буряк Л.В. Исследование природы пожаров в лесах Сибири // Сиб. лес. журн. 2014. № 3. С. 25-42.

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ В АЛТАЙСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Сахневич М.Б.

Алтайский государственный природный биосферный заповедник,
649000, Республика Алтай
г. Горно-Алтайск, пер. Набережный, 1, а/я 91
e-mail: msaxnevich@mail.ru

Одним из наиболее существенных компонентов динамики природных экосистем горных территорий под воздействием климатических изменений, является сдвиг верхних пределов распространения различных категорий древесной растительности [1]. Высокогорные экосистемы, особенно переходный пояс растительности между верхней границей сомкнутых лесов и верхней границей распространения отдельных деревьев в высокогорной тундре, т.н. экотон верхней границы древесной растительности, являются очень чувствительными к изменениям климата. Происходящие в них изменения неизбежно приводят к воздействию на компоненты экосистемы. Мониторинг верхней границы леса в горных районах является достаточно эффективным методом доказательств последствий климатических изменений для растительного покрова [1]. Изучение процессов возобновления основных хвойных древесных пород, которые в основном и образуют верхнюю границу леса, с этой точки зрения представляет значительный научный интерес.

Широко известным методом изучения динамики древесной растительности на верхнем пределе является профильный подход. В Алтайском заповеднике такими полигонами для исследований стали участки, находящиеся в Прителецкой части заповедника (западная часть Чулышманского нагорья и юго-восточная часть Телецкого хребта), лежащие в пределах влияния единого локального климата и имеющие относительно однородную структуру растительности. Район исследований не подвергался рекреационному воздействию, там не велся выпас скота, не отмечены следы пожаров, отсутствуют явные признаки чрезмерного воздействия диких копытных животных на растительный покров. Исследования по учету возобновления основных древесных видов проводились на Колюштинском и Кожлонском профилях в 2011 и 2012 г.г. Закладка профиля включала в себя серию постоянных пробных площадей размером 20×20 м на четырех высотных уровнях. На каждой пробной площади выполнялся поиск семян древесных растений высотой до 20 см. Для каждого найденного экземпляра древесных растений отмечались такие параметры как: порода, высота (см), жизненное состояние по 5-ти бальной шкале, приуроченность к тому или иному типу напочвенного субстрата, возраст.

Краткая характеристика Колюштинского и Кожлонского профилей, а так же количественные и качественные показатели семян приведены в таблице. Как показали наши наблюдения, возобновление на обоих профилях происходит только за счет кедра. Согласно шкале оценки естественного возобновления В.Г.Нестерова [2] на южном склоне Колюштинского профиля возобновление в целом слабое (от 1-3 тыс. шт./га.), распределение его по местности достаточно неравномерное. Основная часть семян была отмечена на 0-м и 1-м уровнях, на 3-м и 5-м уровнях возобновление отсутствовало. Максимальное число семян было зафиксировано на 0-м уровне, что на 56,5% больше чем на 1-м. Основная масса всходов на 0-м уровне пришлась на 2011 (39%) и 2006 (34,8%) годы появления. На 1-м уровне максимальное число всходов 69% появилось в 2006 году. Жизненное состояние всходов и проростков на всем Колюштинском профиле соответствовало 5 баллам.

Таблица. Характеристика высотных профилей и сеянцев кедра сибирского

№ у р о в н я	Экотон	Высота над ур. м., м	Древостой	Сомкнутость	Бонитет	Количество сеянцев, шт./га	Возраст, лет	Высота, см
Колюштинский профиль								
0	Тундра	2240-2260	10К	0,05-0,1	V	2875	1-13	8-20
1	Редины	2193-2215	8К2П+Е+С	0,1	I V	1625	4-16	7,5-19,5
3	Редколесье	2140-2177	8К1П1Лц+Е	0,2	I V	-	-	-
5	Горные леса	2095-2116	6К3П1Л+Е	0,5	III	-	-	-
Кожлонский профиль								
0	Тундра	2041-2057	10К+Лц	0,05-0,1	V	2375	5-13	5-20
1	Редины	2008-2026	10К+П+Лц+С	0,1	I V	5500	2-14	5-20
3	Редколесье	1964-1978	6К4П+Л	0,2	I V	375	7-13	10-20
5	Горные леса	1894-1933	5К5П+Л	0,5	III	500	7-14	10-20

На юго-западном склоне Кожлонского профиля сеянцы кедра встречались на всех уровнях, их пространственное распределение было неравномерным. Наибольшее количество сеянцев здесь отмечено на 1 уровне, на котором преобладали всходы 1997 года появления, они составили 34% от общего числа. Второй пик возобновления приходился на 2004 г. Вторым по количеству сеянцев кедра являлся 0-й уровень профиля. Число растений здесь было в 2 раза меньше, чем на 1-м уровне. На 3-м и 5-м уровнях максимум появления растений отмечен в 2009 году. Жизненное состояние всходов и проростков на всем Кожлонском профиле соответствовало 5 баллам. Возможно, слабое возобновление кедра или его отсутствие на нижних уровнях профилей связано с увеличением на этих уровнях проективного покрытия древесно-кустарниковых и травянистых видов, а также их высоты. Так, высота кустарникового яруса на 3 уровне колеблется от 30 см до 1 м, отмечается высокий процент подстилки на поверхности почвы. На 5 уровне высота кустарников уменьшалась, но в то же время увеличивалась густота травянистого яруса.

Таким образом, возобновление древесных видов растений в экотоне верхней границы древесной растительности в западной части Чулышманского нагорья и юго-восточной части Телецкого хребта происходит слабо и за счет кедра сибирского. Всходы кедра встречаются очень редко, преимущественно в их верхней части экотона (0 и 1 уровни). Возобновление на нижних уровнях профилей слабое или полностью отсутствует.

1. Моисеев П. А., Шиятов С. Т., Дэви Н. М. Программа мониторинга экотона верхней границы древесной растительности на особо охраняемых природных территориях Алтае-Саянского экорегиона. – Красноярск, 2010. – 86 с.
2. Нестеров, В.Г. Методика изучения естественного возобновления леса / В.Г.Нестеров. – Красноярск, 1948. – 75 с.

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ КАРИОТИПОВ ПОПУЛЯЦИЙ ВИДОВ PINACEAE В БОЛОТНЫХ И СУХОДОЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Седельникова Т.С., Муратова Е.Н., Пименов А.В.

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН,
660036 Красноярск, Академгородок 50/28, e-mail: tss@ksc.krasn.ru

Значительная часть обширной территория Западной Сибири занята лесоболотными экосистемами, доминирующую роль в которых играют виды семейства Pinaceae Spreng. ex. F. Rudolphi. Разнообразный спектр гидротермически и трофически контрастных условий болотных местообитаний и смежных с ними суходолов обуславливают различные направления микроэволюционных преобразований в данных экотопах, определяют физиономический облик древостоев и особенности их размножения. В настоящем сообщении представлены результаты сравнительного изучения хромосомных наборов, то есть компонентов, определяющих наследственные особенности потомства, у видов Pinaceae на болотах и суходолах.

Материал для кариологических исследований собирался в древостоях (популяциях) 5 видов семейства Pinaceae: сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), произрастающих на болотах различных типов водно-минерального питания (олиготрофных и евтрофных), а также на суходолах, расположенных в южно-таежной подзоне Западной Сибири на территории Томской области. Индивидуально исследованы модельные деревья с аномалиями развития типа «ведьмины метлы», произрастающие на болотах.

При изучении кариотипической структуры формирующих болотные и суходольные популяции видов Pinaceae установлено, что все они являются диплоидами с основным числом хромосом $2n = 24$. В болотных популяциях всех изученных видов распространены нарушения числа хромосом. Особенно часто встречается миксоплоидия, при которой растения, наряду с нормальными клетками, содержат клетки с измененным числом хромосом – полиплоидные или анеуплоидные. У пихты сибирской с евтрофного болота обнаружено нарушение числа хромосом, которое сопровождалось отклонением положения центромеры от нормального у одной пары гомологов в результате перичентрической инверсии. В популяциях ели сибирской найдены добавочные, или В-хромосомы ($2n = 24 + 1B$). В популяции ели сибирской с евтрофного болота В-хромосомы выявлялись в тетраплоидных клетках ($2n = 48 + 1B$).

Идентификация хромосом производилась с помощью метода поликариограммного анализа. В популяциях сосны обыкновенной идентифицируются 9 пар длинных (I-IX) и 3 пары более коротких хромосом (X, XI, XII). Все хромосомы метацентрические. У кедра сибирского 11 пар длинных симметричных хромосом (I-XI) образуют единую группу с одинаковыми параметрами. Отдельно идентифицируется 1 пара более коротких и асимметричных хромосом (XII). Все хромосомы относятся к метацентрическому типу. В популяциях лиственницы сибирской выделяются две группы и индивидуально 1 пара хромосом. Первая группа состоит из 6 пар длинных метацентрических хромосом (I-VI). Более короткие субметацентрические хромосомы образуют вторую группу из 5 пар (VII-XII). Отдельно идентифицируется 1 пара хромосом интерцентрического типа (VII), занимающая промежуточное положение по длине. Выявлено, что в популяциях ели сибирской 8 пар метацентрических хромосом (I-VIII) образуют единую группу. Индивидуально идентифицируются 4 пары хромосом – IX, X, XI и XII. В популяциях пихты сибирской отдельно идентифицируется группа, состоящая из 7 пар длинных метацентрических хромосом (I-VII). Более короткие субметацентрические хромосомы объединяются в группу из 5 пар (VIII-XII).

Дальнейшая идентификация хромосом проводилась с использованием вторичных перетяжек. Вторичные перетяжки являются важнейшими маркерами кариотипа, поскольку в зоне их локализации расположен ядрышковый организатор, ответственный за синтез рибосомальной РНК. Наиболее характерной особенностью, присущей хвойным на болотах, является увеличение числа вторичных перетяжек в хромосомных наборах всех исследованных видов. Очень высокое число вторичных перетяжек выявлено в хромосомных наборах деревьев, произрастающих в наиболее экстремальных условиях олиготрофных болот, а максимальное – у растений, имеющих аномалии развития – «ведьмины» метлы. Увеличение числа вторичных перетяжек в хромосомах болотных популяций хвойных происходит за счет активизации дополнительных локусов в так называемых «блокированных» и «запретных» зонах плеча хромосомы, диагностирующих возможные структурные перестройки ядрышковых организаторов типа инверсий или транслокаций.

Поскольку синтез рРНК и рибосомальных цистронов осуществляется при участии ядрышка, связанного с ядрышковым организатором, выявленное увеличение числа ядрышек в интерфазных ядрах болотных популяций Pinaceae, по сравнению с суходольными популяциями, может интерпретироваться в качестве адаптации, регулирующей белковый метаболизм в клетках деревьев в экстремальных условиях произрастания. В интерфазных ядрах деревьев с аномалиями типа «ведьмины метлы» впервые для хвойных наблюдалась трансформация морфологии ядрышек, которая свидетельствует о наличии факторов, ингибирующих синтез белка.

Установлено, что семенное потомство болотных популяций видов Pinaceae, по сравнению с суходольными популяциями, характеризуются широким спектром и высокой встречаемостью хромосомных мутаций, выявляемых на стадиях метафазы и ана-телофазы. Возникновение различных типов мутаций и их высокая встречаемость в потомстве деревьев болотных популяций Pinaceae, с одной стороны, свидетельствует о деструктивных процессах в клетках растений, с другой – может рассматриваться как мера их генетического разнообразия и отражать высокую степень экологической пластичности.

Таким образом, изменчивость хромосомных чисел, увеличение количества вторичных перетяжек в хромосомах и ядрышкового материала в интерфазных ядрах, а также полиморфизм по хромосомным перестройкам, как возможные пути эволюции кариотипов, отличают болотные популяции видов Pinaceae от суходольных и свидетельствуют об их дифференциации, которая обусловлена различным вектором естественного отбора в контрастных экологических условиях произрастания.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН № 30 “Живая природа: современное состояние и проблемы развития”

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПОЖАРООПАСНОСТИ ОСУШЕННЫХ БОЛОТ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Синюткина А.А., Бурнашова Е.Н., Беленко А.А., Гашкова Л.П.

ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа», г. Томск, Гагарина, 3, ankalaeva@yandex.ru

Осушительная мелиорация часто приводит к изменениям природной среды и влечет за собой ряд негативных последствий, в том числе возникновение пожаров. Опасность возникновения пожара, в пределах антропогенно нарушенных болот, главным образом определяется низким уровнем болотных вод, что вносит существенный вклад в увеличение потенциальной пожароопасности осушенных с целью торфодобычи болот, для которых характерно понижение уровня болотных вод до 1 м и ниже, а также брошенных участков торфодобычи с оставшимися торфяными буртами. Целью исследования является проведение оценки потенциальной пожароопасности осушенных болот типичных для Томской области. В качестве объектов исследования выбраны следующие болота – Короткино (Колпашевский район), Суховское (Бакчарский район), Усть-Бакчарское (Чаинский район). Определение потенциальной пожароопасности проведено с использованием бальной системы оценки факторов возникновения пожаров в пределах заболоченных территорий [1] на основе данных полевых ландшафтных исследований, проведенных в 2014 г [2]. Бальная система оценки потенциальной пожароопасности включает в себя ряд шкал, построенных на основе характеристик основных компонентов болотных геосистем (доминанты растительных ярусов, уровень болотных вод, тип торфа верхнего горизонта), а также степени антропогенной нагрузки на них, и определяется как сумма баллов по каждому критерию оценки. В зависимости от суммы баллов выделяются пять зон потенциальной пожарной опасности от очень низкой, где опасность возгорания торфа практически отсутствует, до очень высокой.

Болото Короткино расположено в 35 км на юго-восток от г. Колпашево в окрестностях с. Старокороткино на первой левобережной террасе р. Оби. Растительность болота представлена березовыми травяными и мохово-травяными, ивово-березовыми низинными и переходными сообществами. Торфяная залежь образована преимущественно низинными торфами, на отдельных участках верхний горизонт (0-25 см) сложен переходным торфом. Вдоль западной окраины болота проходит трасса Томск-Колпашево. Осушение залежи осуществляется сетью открытых канав. В настоящее время их русла повсеместно подвержены зарастанию осоковыми кочками и кустарничковой растительностью. Степень потенциальной пожароопасности определяется положением болота вблизи дорог и населенных пунктов, и как следствие, доступностью для местного населения, низким уровнем болотных вод в результате проведенной осушительной мелиорации, при низкой естественной способности к возгоранию березовой, ивовой и травяной растительности и низинного торфа. Таким образом, при незначительных пространственных различиях, определяющихся неоднородностью растительного покрова и торфяной залежи, в целом болото характеризуется средним уровнем потенциальной пожароопасности.

Болото Суховское расположено в 12 км на северо-восток от с. Бакчар в окрестностях с. Сухое на первой надпойменной террасе р. Бакчар. Растительный покров болота однородный, представлен березово-травяными низинными сообществами с развитым древесным ярусом высотой до 10 м. Торфяная залежь полностью образована низинными видами торфа. Вдоль болота проходит грунтовая дорога (с. Сухое – с. Подольск). В пределах торфяного месторождения проложена осушительная сеть в виде карттовых и валовых каналов. Расстояние между каналами 40 м. Потенциальная пожароопасность болота определяется низким уровнем болотных вод вследствие проведенной осушительной мелиорации, близостью к дороге и населенным пунктам при низкой

способности к возгоранию низинного торфа, березовой и травяной растительности и характеризуется как средняя.

Болото Усть-Бакcharское расположено в 23 км на юго-запад от с. Подгорное на второй надпойменной террасе р. Бакchar. До проведения осушительной мелиорации в растительном покрове болота доминировали олиготрофные виды – сосна, сфагновые мхи и др. В настоящее время, произошло появление эвтрофных видов – береза, гипновые мхи. Растительный покров болота не однороден, распространены березово-кустарничковые осоково-гипновые, сосново-кустарничковые сообщества. Верхние горизонты торфяной залежи до глубины 160 см и более сложены верховыми торфами моховой группы. С северной стороны в 0,7 – 1,2 км от болота проходит трасса Колпашево-Подгорное-Бакchar. Для осушения болота заложена сеть открытых каналов. Руслу каналов подвержены обильному зарастанию сфагновыми мхами, осоками и кустарничковой растительностью. Болото характеризуется высокой потенциальной пожароопасностью, определяющейся низким уровнем болотных вод, высокой способностью к возгоранию и скоростью распространения горения верхового торфа, увеличивающейся на участках с доминированием в растительном покрове сосны и сфагновых мхов.

Проведенные исследования показали, что для рассмотренных болот характерен средний и высокий уровень потенциальной пожароопасности, что главным образом связано с низким уровнем болотных вод вследствие проведения осушительной мелиорации, доступностью болота для местного населения как места проведения охоты и сбора дикоросов. Наибольшая потенциальная пожароопасность характерна для верхового осушенного болота, что связано со свойствами растительного покрова и торфяной залежи. Таким образом, проведенные исследования позволили выявить территории наиболее подверженные возникновению пожаров и могут являться основой для разработки рекомендаций по рациональному использованию и снижению пожароопасности антропогенно нарушенных болот Томской области.

1. Хакимов И.Р., Синюткина А.А. Комплексная система оценки пожароопасности заболоченных территорий (на примере Шегарского района Томской области) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2014 – Том 16, № 1(3). – С. 688-691
2. Синюткина А.А., Малолетко А.А., Беленко А.А., Гашкова Л.П., Харанжевская Ю.А. Оценка современного состояния перспективных для освоения участков торфяных месторождений Томской области // Достижения науки и техники АПК, 2014 - № 12, Том 28. – С. 72-75

СВЯЗЬ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ NDVI РАДИОМЕТРА AVHRR С МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАБАЙКАЛЬЯ

¹Соснина М.А., ²Курганович К.А.

¹Забайкальский государственный университет, г. Чита, ул. Александро–Заводская, 30,
Marina-Sosnina1993@yandex.ru

²Институт природных ресурсов, экологии и криологии, г. Чита, ул. Недорезова 16а,
naptheodor@mail.ru

Космические исследования растительного покрова и его изменений под действием природных и антропогенных факторов – весьма актуальная задача для научных исследований окружающей среды. Методы космического мониторинга помогают существенно дополнить недостающую наземную информацию о растительных ресурсах поверхности Земли и, благодаря высокой обзорности, изучить природные процессы на больших территориях. Забайкалье, благодаря своему сложному поверхностному рельефу и неоднородности климата с ярко выраженной зональностью и высотной поясностью растительных сообществ, является уникальным объектом для региональных исследований растительного покрова на больших по протяженности площадях [1]. В настоящее время, методы дистанционного зондирования растительности в основном направлены на изучение вегетационных индексов – показателей, представляющих собой комбинацию из различных спектральных каналов излучения, отраженного от изучаемого объекта. Самый распространенный и наиболее часто используемый вегетационный индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный разностный вегетационный индекс.

В данном исследовании качестве исходных данных дистанционного зондирования поверхности земли (ДЗЗ) использовались космические снимки радиометра AVHRR с космических спутников серии NOAA за период с 01.07.1981 по 31.12.2006 г. Для анализа были приняты прошедшие предварительную обработку и свободно распространяемые продукты GIMMS с сервера Колумбийского университета IRI/LDEO Climate Data Library (<http://iridl.ldeo.columbia.edu>), представляющие собой растры NDVI с пространственным разрешением 8 км. Для анализа связи динамики растительных сообществ, определяемой по вегетационным индексам NDVI и метеорологических параметров подстилающей поверхности проведено сопоставление данных ДЗЗ и наземных наблюдений сети Росгидромета. В качестве данных наземных наблюдений были приняты сведения, полученные с 77 метеостанций, расположенных в пределах Забайкалья. Исследовались следующие характеристики – среднемесячная температура воздуха, сумма осадков за месяц, как основные показатели термического режима территории и ее увлажненности.

В связи с тем, что данные AVHRR имеют 16-дневный временной масштаб, была проведена интерполяция значений NDVI до ежедневных, а затем приведение их до среднемесячных значений, соответствующих масштабу времени наземных наблюдений. Для оценки долговременных тенденций изменения индекса NDVI был проведен анализ временных рядов максимальных значений NDVI за год, как характеристик, показывающих наибольшую степень сезонного развития растительных сообществ в году. Анализ годовых максимумов NDVI показывает их существенное различие по территории Забайкалья, максимальные значения соответствуют таежным сообществам – с. Баргузин (0,982), с. Черемховский перевал (0,978), с. Усть-Баргузин (0,965), с. Средний Калар (0,947). Минимальные значения годовых максимумов NDVI соответствуют степным растительным сообществам – г. Борзя (0,402), ст. Оловянная (0,332). За период с 1981 г. по 2006 г. индексы NDVI претерпевали межгодовые изменения, которые характеризуют многолетнюю динамику растительности в Забайкалье. Наименьшая амплитуда

межгодовых колебаний максимума NDVI наблюдалась в пунктах с. Мухоршибирь (0,104), с. Урюпино (0,112), с. Цакир (0,125), наибольшие колебания отмечены в пунктах ст. Оловянная (0,48), с. Нижний Цасучей (0,454), с. Соловьевск (0,423).

Для оценки влияния метеорологических факторов подстилающей поверхности на сезонную динамику растительных сообществ был проведен корреляционный анализ NDVI и характеристик температуры и осадков. Корреляционный анализ соотношения величины среднемесячного индекса NDVI и температуры показывает наличие тесной связи между этими характеристиками, коэффициент линейной корреляции r – высокий и изменяется от 0,759 (с. Нижний Цасучей) до 0,914 (с. Замакта). Коэффициенты линейной корреляции r между NDVI и температурой воздуха за предыдущий месяц изменяются от 0,757 (с. Нижний Цасучей) до 0,913 (с. Замакта), причем коэффициент корреляции r между NDVI и температурой и коэффициент корреляции r между NDVI и температурой за предыдущий месяц мало отличаются. Общая форма соотношения между NDVI и температурой воздуха имеет нелинейный вид.

Общий коэффициент корреляции r между значениями NDVI и осадками по всем пунктам наблюдений составил 0,746, что свидетельствует о наличии связи. Наибольшая величина r отмечена на станциях с. Тунгокочен (0,816) и с. Шелопугино (0,805), наименьшая – с. Усть-Баргузин (0,537), с. Баргузин (0,586) и с. Курумкан (0,673). Связь между NDVI и осадками за предыдущий месяц для некоторых пунктов была также высока – с. Тунгокочен (0,818), с. Улеты (0,797), с. Шелопугино (0,806), коэффициенты корреляции между NDVI и осадками за соответствующий месяц и предыдущий для метеостанций отличаются незначительно.

Таким образом, установлено что для Забайкалья имеется тесная связь вегетационного индекса NDVI и среднемесячных температур воздуха и сумм осадков за месяц – основных климатических характеристик, влияющих на сезонную динамику растительных сообществ. Кроме того, на индекс NDVI оказывают влияние температурный режим и режим увлажнения за период, предшествующий рассматриваемому.

1. Курганович К.А., Макаров В.П. Использование вегетационных индексов NDVI для оценки влияния пожаров на динамику растительности Цасучейского бора // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. – №2. С.27–36

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ФТОРА В ТВЁРДЫХ ОСАДКАХ Г. КРАСНОЯРСКА

Спицына Т.П.¹, Куприянова Т.М.¹, Тасейко О.В.²

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный технологический университет»,
tom-rad@mail.ru

²ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени
академика М.Ф. Решетнёва»

В Сибирском федеральном округе находятся крупнейшие в России и в мире заводы по производству алюминия объединенной компании РУСАЛ. Это Братский, Красноярский, Саяногорский, Хакассский, Иркутский и Новокузнецкий заводы, сконцентрированные в южной части округа в благоприятных природных условиях, подверженных влиянию выбросов фтора. Фтор оказывает токсическое воздействие на все компоненты окружающей среды и приводит к их угнетению и деформации.

Цель исследований заключалась в определении пространственно-временной динамики распределения фторидов в твердых осадках зоны влияния алюминиевой промышленности в зимний период.

Для этого был проведен комплекс работ: снегосъёмочные работы; отбор проб снега (по факелу алюминиевого завода в радиусе 7 км); лабораторные исследования химического состава снеговой воды на содержание фторидов.

Маршрутные снегомерные наблюдения проводились в конце февраля по стандартной методике (Василенко, 1985). В ходе исследований были отобраны 11 проб (таблица) твердых осадков по факелу выбросов ОК «РУСАЛ Красноярск» в зимний период (2011-2012гг., 2012-2013гг. и 2013-2014гг.) Содержание фторидов в снеговой воде определяли потенциометрическим методом с ионселективным электродом.

**Таблица. Интегральные характеристики климата в зимний период и
содержания фтора в твердых осадках**

Показатель	2011-2012 гг.	2012-2013гг.	2013-2014гг.
количество выпавших осадков, мм	100,8	153,9	185,9
средняя скорость ветра, м/с	0-4		
направление ветра	ЗЗЮ		
среднее значение зимних температур, °С	-9,8	-12,2	-6,9
средняя концентрация фторидов, мг/кг	16,23	16,37	13,76
доля ПДК*	21,54	21,83	18,35
доля от регионального фона**	228,59	230,56	193,80

* – ПДК для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение (равен 0,75 мг/л).

** – за фоновое значение принято среднее содержание фторидов в снеговой воде, пробы (5 проб) которой отобраны в 40-50 км от источника загрязнения в бассейне р. Базаиха на территории заповедника «Столбы» в 2013г.

Более низкие концентрации фтора в твердых осадках в 2013-2014 гг. объясняются тем, что хоть количество выпавших осадков в зимний период больше, чем в предыдущие два года, но из-за более высоких зимних температур снег таял, переводя фтор во внутрпочвенный. Кроме того, из проанализированных данных метеостанции «Красноярск. Опытное поле» за три зимних периода (таблица) видно, что направление и средняя скорость ветра были неизменными. Однако, в зимний период 2013-2014гг. скорость ветра в пределах 5-6 м/с увеличилась в 2 раза, а в пределах 7-8 м/с в 3 раза, что говорит о выдувании снега в отдаленные и пониженные участки. Так же из таблицы видно, что исследуемая территория под факелом завода значительно загрязнена соединениями фтора (до 21,83 ПДК, до 62,01 доли от фона). Пространственное

распределение соединений фтора в снегу представлено на рисунке.

При изучении рассеяния загрязняющих веществ вблизи предприятий пробы обычно отбирают на участках визуально ненарушенной почвы при средней высоте снежного покрова (В.Н. Василенко). При удалении от источника загрязнения (от 4 км) концентрации убывают (диапазон изменения концентраций от 5,33 до 21,68 мг/л). Наиболее тяжелые частицы выбросов оседают ближе к источнику. Зафиксировано повышенное содержание фторидов в пониженных формах рельефа.

Как показали исследования, средняя концентрация фторидов под факелом алюминиевого завода превышает ПДК более, чем в 20 раз, и региональное фоновое значение более, чем в 220 раз. Максимальные концентрации зафиксированы в 1,5 км от источника загрязнения, что негативно сказывается на окружающей среде и здоровье населения.

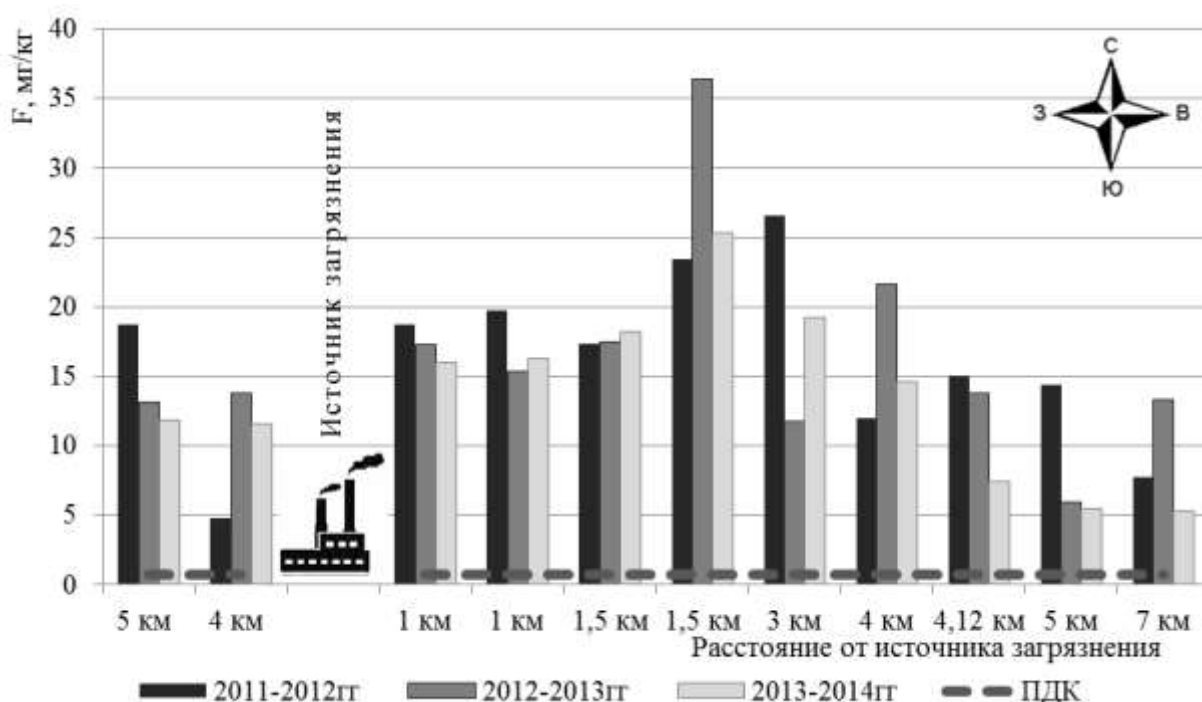


Рисунок. Содержание фторидов в точках отбора снега в районе деятельности ОК «РУСАЛ Красноярск».

1. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». Дата введения 15 июня 2003г.
2. РД 52.24.360-2008. Массовая концентрация фторидов в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом, 2008 г. – Гидрохимический институт. – 16 с.
3. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. – М.: Госкомитет СССР по гидрометеорологии, Минздрав СССР, 1991. – 693 с.
4. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 182 с.
5. Павлов, И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения / И.Н. Павлов. – Улан-Уде, 2006. – 360 с.

ТРАНСФОРМАЦИЯ АЛЮМИНИЯ, МАРГАНЦА И ЖЕЛЕЗА В ПРИРОДНЫХ СРЕДАХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Спицына Т.П.¹, Тасейко О.В.²

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный технологический университет»,
t-spitsina@mail.ru

²ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени
академика М.Ф. Решетнёва»

Проблема формирования качества вод сегодня привлекает большое количество исследователей из-за растущей антропогенной нагрузки на реки. Исследования концентрируются на изучении отдельных аспектов данной проблемы в различных регионах. Научных работ по изучению формирования качества вод в Европе, включая Европейскую часть России, выполнено много. В Сибири такие исследования единичны.

Целью работы является изучение механизмов трансформации Fe, Mn и Al в почве, поверхностных водах и донных отложениях бассейнов малых рек Мана, Базаиха и Большая Слизнева. Результаты в дальнейшем могут быть использованы для разработки региональных нормативов качества воды. Исследования проводились в средней части бассейна р. Енисей, возле г. Красноярска.

Для решения поставленных задач была использована информация о пространственно-временной динамике загрязнения вод малых рек за последние 12 лет (с 1999 по 2010 гг.). На рассматриваемой территории расположены 4 створа гидрохимической сети: 2 створа р. Базаиха: 9 км выше устья и в устье; р. Мана – выше пос. Манский; р. Большая Слизнева, устье. Реки Большая Слизнева и Базаиха могут рассматриваться, как фоновые, поскольку сброс сточных вод в эти реки не осуществляется.

Самой длинной и полноводной рекой считается Мана, далее Базаиха и Большая Слизнева (таблица 1). Гидрограф расхода воды по среднесезонным данным показывает, что половодье в реках происходит синхронно и длится с мая по июнь.

Таблица 1. Гидрографические характеристики водотоков

Название реки	Длина, км	Площадь водосбора, км ²
Мана	475	9320
Базаиха	128	1000
Большая Слизнева	27	110

В результате анализа данных, измеряемых на постах «Государственного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями» в реках Мана, Базаиха и Большая Слизнева, были выбраны те вещества, концентрации которых превышают ПДК и имеют природные и антропогенные источники. К ним относятся Al, Mn, Fe. В целом, для данных веществ, обнаружено значительное превышение норм ПДК в реках, мало подверженных влиянию человека. Следует отметить, что за последние 10 лет сброс сточных вод в рр. Базаиха и Большая Слизнева не осуществлялся. Но уровень загрязнения рек рассматриваемыми металлами остаётся достаточно высоким.

Установление нормативов допустимого содержания химических веществ производится на основе параметров естественного регионального фона [1]. Для расчета фоновых характеристик были использованы временные ряды данных за 9 лет для каждого вещества. Последний из рассматриваемого периода год принимается за опорный. Из предыдущих лет выбираются данные только за те годы, в которых концентрации

несущественно отличаются от концентраций за опорный год (непараметрический критерий Вилкоксона-Мана-Уитни). В таблице 2 представлены значения рассчитанного фона в сравнении ПДК_{р.х} и кларками соответствующих веществ в морской воде и почве по А.П. Виноградову[2].

Таблица 2. Расчетные фоновые значения концентраций металлов в поверхностных водах и их кларки

Показатель	Al	Fe	Mn
Фон, мкг/л	84	88	11
ПДК _{р.х} , мкг/л	40	100	10
Кларк (морская вода), мкг/л	10	50	10000
Кларк (морская вода), %	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Кларк (почвы), %	7,12	3,8	0,085

Расчетные фоновые значения для алюминия в 2,1 раз больше ПДК и в 8,4 раза – кларка для морской воды. Фоновые значения железа и марганца близки к ПДК.

Следующий этап при разработке региональных нормативов качества воды – учет местных особенностей миграции металлов на основе анализа литературных данных и собственных результатов. В ходе работы была предложена общая схема миграции металлов в регионе на примере Al, Mn, Fe. Химический состав поверхностных вод зависит от дождевых осадков, температуры, типа почв, пород дна водоемов, морфологии флоры и фауны, а также от длительности воздействия перечисленных факторов. Металлы в гидросфере концентрируются главным образом в придонном осадке и биоте, тогда как в самой воде они остаются лишь в сравнительно небольших концентрациях.

Железо мигрирует в основном в виде гидроксидов и имеет тенденцию находиться в коллоидной фазе поверхностных вод, накапливаться в иллювиальном горизонте почв, донных отложениях водных объектов. Соединения алюминия обнаруживают низкую биофильность, их миграция в большей степени определяется абиотическими факторами среды. Главная форма содержания марганца – взвеси, поэтому коэффициент накопления этого элемента в донных отложениях очень значителен.

В работе были получены следующие результаты: обнаружено природно-фоновое загрязнение рек соединениями алюминия, марганца и железа; разработана региональная схема особенностей миграции Mn, Fe и Al относительно поверхностных вод; выявлено, что соединения Mn преимущественно поступают из подземных вод, а Fe и Al с поверхностным стоком с территории бассейна.

Для уточнения региональной схемы миграции металлов и перевода ее на уровень математического описания необходимы дальнейшие исследования возможной связи содержания металлов в снежном покрове и поверхностных водах суши. Разработка региональных ПДК должна быть ориентирована на учет самоочищающих способностей водной экосистемы и отклика на загрязнение гидробионтов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ 15-07-06982

1. РД 52.24.622-2001. МУ. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi>.
2. Водяницкий, Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН. 2008. – 86 с.

СТРУКТУРА ЗАПАСОВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЭКОСИСТЕМАХ БОЛОТНОГО КОМПЛЕКСА «МУХРИНО» (НИЖНЕЕ ПРИИРТЫШЬЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Степанова В.А., Косых Н.П., Коронатова Н.Г.

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090 Новосибирск,
пр. Ак. Лаврентьева, 8/2, verastep1985@rambler.ru

Экологический мониторинг, оценка количественных и качественных параметров функционирования природных экосистем позволяет прогнозировать их устойчивость к антропогенному воздействию и изменению климата. Целью данной работы является оценка запасов широкого спектра химических элементов в растительном веществе верхового болотного комплекса «Мухрино» (60°54' с.ш., 68°42' в.д.), расположенного на левом берегу нижнего Иртыша в Западной Сибири, недалеко от г. Ханты-Мансийск. Площадки для изучения запасов растительного вещества и отбора для элементного анализа были заложены нами по профилю элементарных ландшафтов: рослый рям – низкий рям – гряда и мочажина (в ГМК) – олиготрофная топь. Запасы элементов (мг/м²) рассчитывались как произведение концентрации элемента (мг/кг) и запаса растительного вещества (г/м²). Запасы элементов определялись для мхов, кустарничков, трав и подстилки, без учета древесного яруса. Территория исследования удалена от промышленных и прочих объектов загрязнения и является фоном.

Высокие запасы растительного вещества наблюдаются на рьях и грядах, причем максимальный отмечен нами на низком рьяе (2400 г/м²), вследствие увеличения подстилки до 500 г/м². На рослом рьяе и гряде он составил около 2200 г/м². Запасы сфагновых мхов в экосистемах слабо изменяются: 900-1100 г/м². Кустарнички, доминанты рьямов и гряд, дают в этих экосистемах запасы 760-780 г/м². Минимальные запасы характеризуют мочажину (1100 г/м²), которые на 96% дают сфагновые мхи, в олиготрофной топи он увеличивается до 1600 г/м², за счет трав *Scheuchzeria palustris* (700 г/м²).

Структура запасов Al, V, Ga, Hf, Th и редкоземельных элементов имеет схожие распределения. Максимальные запасы растительного вещества отмечены нами на низком рьяе, минимальные - в мочажине. Высокие запасы этих элементов характеризуют рослый рям и гряду. Среди отдельных групп, больший вклад во всех экосистемах вносят сфагновые мхи. Максимальна их доля в мочажине, где она может достигать 99%. На низком рьяе влияние сфагновых мхов снижается до 30-51%, за счет увеличения подстилки до 33-45%. В экосистемах, занимающих более высокие элементы болотного ландшафта (рьямы и гряды) увеличивается доля кустарничков (12-32%) и подстилки (9-45%).

Структура запасов Fe, Co, As, Sb имеет схожее строение, однако увеличиваются запасы растительного вещества в олиготрофной топи, благодаря участию мхов (до 69%) и трав (до 46%). Большие запасы Ba, Zr, Nb, Cr отмечены на рослом рьяе, запасы Pb и U увеличены в рослом рьяе и топи. Максимальными запасами Mo в растительном веществе характеризуются рьямы и гряды.

Структура запасов других элементов различна. Большими запасами B, P, Mg и Sr характеризуются рьямы, гряды и олиготрофная топь. Больший вклад в запасы этих элементов в экосистемах, занимающих более высокие элементы болотного ландшафта, вносят мхи (17-58%) и кустарнички (25-59%). Участие подстилки может увеличиваться до 39%. В олиготрофной топи увеличивается доля B, P, Mg и Sr за счет трав (*Scheuchzeria palustris*) до 62-79%. В мочажине запас этих элементов небольшой, большую часть которого дают сфагновые мхи (до 80-95%).

Структура запасов Cs, K, Rb, Na имеет схожее строение. Большими запасами характеризуются рьямы, гряды и топь, меньшими - мочажина. На рьях и грядах

увеличивается доля участия сфагновых мхов до 64-83%. В топяных экосистемах также увеличивается доля сфагновых мхов в общем запасе этих элементов: до 98% в мочажине и до 62% в топи.

Большие запасы Ca, Ni и Cu отмечены нами для рямов и гряд, которые определяются мхами (до 69%) и кустарничками (до 35%) в этих экосистемах. Для отдельных экосистем участие подстилки может достигать 30%. Низкими запасами Ca, Ni и Cu характеризуются мочажина и топь, большую часть которых дают сфагновые мхи (до 97%). В топи доля трав увеличивается до 64% (*Scheuchzeria palustris*).

Запасы Mn и Tl на рямах и грядах сильно превосходят их в топяных экосистемах, большая доля в их структуре принадлежит кустарничкам - 47-66%.

Структура запасов Zn и Cd в пределах болотного комплекса сильно отличается от других элементов. Максимальный запас наблюдается нами в олиготрофной топи, минимальный – в мочажине. На рямах и грядах доля сфагновых мхов и кустарничков примерно одинакова. Участие подстилки в отдельных экосистемах может достигать 20%. В мочажине бóльший вклад в общие запасы Zn и Cd, как и других исследуемых элементов, дают сфагновые мхи (до 96%). В олиготрофной топи большая роль принадлежит *Scheuchzeria palustris* (до 87%).

Как уже было отмечено нами раньше, бóльшими запасами почти всех исследуемых элементов характеризуются экосистемы, занимающие более высокие элементы болотного ландшафта, - рямы и гряды, вследствие больших запасов надземной и подземной биомассы в них. Большая роль в них принадлежит сфагновым мхам особенно в формировании запасов Cs, K, Rb, Na, Ni и Hf, кустарничкам - B, P, Mg Ca, Mn и Tl, подстилке – Sr, Al, V, Ga, Sb, Hf, Th и редкоземельных элементов. Олиготрофная топь характеризуется большими запасами Cs, Na, K, P, Mg, Rb, Sr, Zn и Cd, которые накапливаются в *Scheuchzeria palustris*. Экосистема мочажины имеет самые низкие запасы всех исследуемых элементов, которые обеспечиваются сфагновым мхом (*Sphagnum balticum*).

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ОСЛАБЛЕНИЯ СВЕТА В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ВОДЫ РАЗНОТИПНЫХ ОЗЁР АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Суторихин И.А., Букастый В.И., Акулова О.Б.

Институт водных и экологических проблем СО РАН, 656038, Алтайский край
г. Барнаул, ул. Молодёжная, 1, sia@iwer.ru

Осенью 2014 г. и зимой 2015 г. были проведены исследования по пространственному распределению спектрального показателя ослабления света ε и концентрации хлорофилла "а" C_{chl} в поверхностном слое разнотипных озёр. Основными водными объектами для исследования были выбраны два водоёма Алтайского края: надпойменное озеро Красиловское и эрозийное озеро Бол. Островное. Водоёмы отличаются по происхождению и положению в ландшафте, по морфологии, проточности и степени трофности, т.е. являются разнотипными, что обусловлено гидрологическими особенностями экосистем, литологией пород, составом вод питающего бассейна и различной степенью антропогенной нагрузки. Для данного случая было обработано 30 проб воды и проведено 96 серий измерений коэффициента пропускания (прозрачности) на трёх длинах волн – 430, 550 и 670 нм, до и после фильтрации проб озёрной воды через фильтры с диаметром пор 0,22 мкм. На рисунке 1 указаны точки отбора проб воды на озёрах Красиловское (Т.1–Т.13) и Бол. Островное (Т.1–Т.5).



Рисунок 1. Карта-схема озёр Красиловское – а) и Бол. Островное – б)
с указанием точек отбора проб

Получено, что наибольшие значения показателя ослабления света ε приходятся на длину волны $\lambda=430$ нм. Это связано с тем, что в видимой области спектра находятся два максимума поглощения природной водой [1, 2]: первый – это область спектра 400–450 нм, которая соответствует полосе поглощения гуминовыми соединениями и второй – это максимум поглощения света хлорофиллом "а" в районе 430–440 нм. На длине волны $\lambda=550$ нм значения ε больше, чем при $\lambda=670$ нм. Это можно объяснить повышенным содержанием органико-минеральной взвеси, которое подтверждается результатами наших расчётов по спектральному вкладу компонентов озёрной воды в общий показатель ослабления света (вклад взвеси в пределах от 56,6 до 94,6%). В результате анализа пространственного распределения показателя ослабления света ε на длине волны $\lambda=430$ нм осенью на оз. Красиловское было установлено, что значения ε варьировали в пределах от 6,1 до 9,6 м⁻¹. Величины ε мало отличались во всех точках водоёма, за исключением точки Т.13, где зафиксировано максимальное значение ε , равное 9,6 м⁻¹. Это можно объяснить тем, что точка Т.13 находится в непосредственной близости от села Красиловое

(на юго-востоке), где озеро используется для хозяйственно-бытовых и рекреационных целей местными жителями. Зимой значения ε при $\lambda=430$ нм были меньше и находились в пределах от 2,5 до 4,2 м⁻¹. Максимальное значение показателя ослабления света, равное 4,2 м⁻¹, зафиксировано в точке Т.7. Для двух других длин волн осенью прослеживается аналогичная ситуация, т.е. наибольшие величины ε зарегистрированы в той же точке Т.13; при $\lambda=550$ нм значение ε составило 6,0 м⁻¹ (диапазон величин ε в остальных точках от 3,0 до 5,2 м⁻¹), а при $\lambda=670$ нм – 4,9 м⁻¹ (вариации значений ε в других точках отбора проб от 2,2 до 4,0 м⁻¹). При этом глубина в точке Т.13 осенью составила 155 см, при максимальной глубине озера 545 см, которая зарегистрирована в точках Т.3 и Т.6, в центральной наиболее широкой зоне водоёма. В этих же тринадцати точках отбора проб, на всех, кроме точки Т.11, осенью зарегистрированы значения концентрации хлорофилла "а" C_{chl} , превышающие 30,0 мг/м³. Максимальная величина $C_{chl}=38,0$ мг/м³ и соответствует точке Т.3, которая расположена в пелагиальной зоне широкой части водоёма. Зимой значения концентрации хлорофилла "а" варьировали в пределах от 1,6 до 4,2 мг/м³. Данное озеро по содержанию C_{chl} может быть отнесено к объектам высокой степени экологического неблагополучия согласно критериям экологической оценки. Прозрачность воды в оз. Красиловское, измеренная в точке Т.3 (именно в этой точке каждый сезон проводится отбор проб по глубине водоёма) с помощью диска Секки 2 октября 2014 г., составила 105 см, что свидетельствует о значительной толщине фотического слоя до 3 м. Зимой (18 февраля) в точке Т.3 толщина снега была 15 см, льда – 58 см. По сравнению с предыдущим водоёмом, на оз. Бол. Островное осенью были зафиксированы наиболее высокие значения показателя ослабления света ε при $\lambda=430$ нм значения параметра изменялись в пределах от 22,7 до 27,8 м⁻¹, что примерно в два раза превышает подобные величины оз. Красиловское; при $\lambda=550$ нм – от 17,8 до 21,5 м⁻¹; при $\lambda=670$ нм – от 14,9 до 19,0 м⁻¹. Зимой значения ε при $\lambda=430$ нм заметно понизились и находились в пределах от 7,4 до 8,4 м⁻¹. Максимальное значение показателя ослабления света, равное 8,4 м⁻¹, зафиксировано в точке Т.5. Все точки отбора проб на оз. Бол. Островное расположены на небольшой его части, отдалённой от основной водной массы насыпной дамбой. На северном берегу водоёма находится село Мамонтово, к нему ближе всего расположена точка Т.2, на которой осенью зафиксирован максимальный вклад жёлтого вещества – 31,6% при $\lambda=430$ нм. Относительная прозрачность в точке Т.4 (именно в этой точке каждый сезон проводится отбор проб по глубине) по диску Секки на озере 7 октября 2014 г. составила 35–40 см. Зимой (19 февраля) в точке Т.4 толщина снега была 20 см, льда – 61 см. На пяти точках водоёма осенью зарегистрированы высокие концентрации хлорофилла "а". Почти на всех обследованных точках (кроме точки Т.4) значения C_{chl} превышают 40,0 мг/м³, что позволяет отнести озеро к классу объектов высокой степени экологического неблагополучия. В точке Т.1 (литоральная зона водоёма) осенью зафиксирована максимальная величина концентрации хлорофилла – 51,1 мг/м³. Зимой значения концентрации хлорофилла "а" варьировали в пределах от 10,2 до 14,0 мг/м³. Данные по содержанию C_{chl} на оз. Бол. Островное также значительно выше, чем на оз. Красиловское.

1. Оптика океана / Под ред. Мониной А.С. – Т. 1. Физическая оптика океана. – М.: Наука, 1983. 372 с.
2. Шифрин К. С. Введение в оптику океана. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 278 с.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА “А” В РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Суторихин И.А., Букастый В.И., Фроленков О.М., Фроленков И.М.
ИВЭП СО РАН, Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодёжная 1, Frolencov@mail.ru

Важной частью экологических исследований является изучение состава, структуры и функционирования водных экосистем, а также качества воды изменяющееся под влиянием природных и антропогенных факторов. В водных экосистемах фитопланктон является одним из основных источников органического вещества, поэтому для характеристики состояния водной среды необходимо знать его обилие и физиологическое состояние [1]. Из всех пигментов, содержащихся в фотосинтетическом аппарате водорослей фитопланктона, хлорофиллу “а” отведена важнейшая роль в процессе фотосинтеза. Информация о концентрации хлорофилла “а” и ее изменчивости в водном объекте служит критерием при оценке запасов биомассы фитопланктона, а также индикатором загрязнения вод [2].

Целью работы является измерение концентрации хлорофилла “а” в разнотипных озерах Алтайского края спектрофотометрическим методом. Для определения содержания основного пигмента хлорофилла пробы воды объемом 1,5 л отбирались одновременно в различных точках озера из поверхностного слоя и по одной пробе на его различных глубинах. Концентрация хлорофилла “а” определялась спектрофотометрированием ацетоновых экстрактов клеток водорослей фитопланктона, осевших на мембранных фильтрах “Владипор” типа МФАС-ОС-3 с размером пор 0,8 мкм и диаметром 35 мм. Для этой цели использовался спектрофотометр ПЭ-5400УФ. Концентрация хлорофилла вычислялась по формулам согласно ГОСТу 17.1.4.02-90 [3].

Объектами исследования являются разнотипные озера Алтайского края: Лапа, Красиловское, Большое Островное. Результаты измерений концентрации хлорофилла “а” в исследуемых озерах в зимний период 2012-2015 гг. на разных глубинах представлены на рисунок 1-3. Экспериментальные данные за 2012-2014 гг. взяты из работ [4,5]. Необходимо отметить, что в большинстве случаев отмечается увеличение содержания хлорофилла с ростом глубины. Это может быть связано с возрастанием количества взвеси, в том числе фитопланктона с ростом глубины озера. Кроме того, во всех озерах имеет место значительное увеличение (в 1,5-2 раза и выше) концентрации основного пигмента в 2014-2015 гг. по сравнению с более ранним периодом (2012-2013 гг.), что свидетельствует о постепенном эвтрофировании изучаемых водоемов.

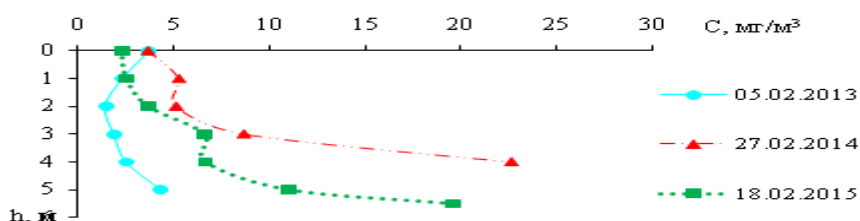


Рисунок 1. Зависимость концентрации хлорофилла “а” от глубины в зимний период на оз. Красиловское

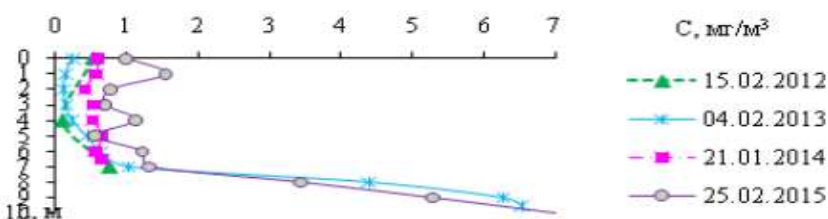


Рисунок 2. Зависимость концентрации хлорофилла “а” от глубины в зимний период на оз. Лапа

оз. Лапа

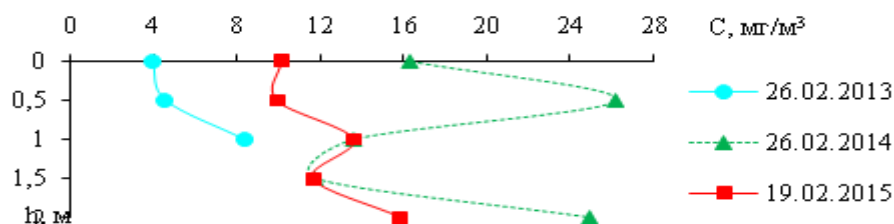


Рисунок 3. Зависимость концентрации хлорофилла “а” от глубины в зимний период на оз. Большое Островное

В зимний период 2015г. были также проведены эксперименты по изучению пространственного распределения концентрации хлорофилла в вышеуказанных озерах. Пробы отбирались 18.02.2015 г. их поверхностного слоя (глубина 5см), данные измерений концентрации хлорофилла “а” в этих точках отбора с указанием из координат приведены в таблице 1.

Таблица 1. Концентрация хлорофилла “а” в различных точках поверхностного слоя оз. Красиловское

Точка отбора	Координаты точек	Глубина в месте отбора проб, см	Концентрация хлорофилла “а”, мг/м³
T.1	53,1887° с.ш. 84, 3585° в.д.	95	3,36
T.2	53,1861° с.ш. 84, 3586° в.д.	545	2,93
T.3	53,1839° с.ш. 84, 3555° в.д.	190	2,96
T.4	53,1860° с.ш. 84, 3637° в.д.	390	4,24
T.5	53,1804° с.ш. 84, 3611° в.д.	135	1,68
T.6	53,1813° с.ш. 84, 3707° в.д.	155	3,05

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МОНИТОРИНГА ЭКОСИСТЕМНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОР

Тимошок Е.Н., Тимошок Е.Е.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, Томск, пр. Академический 10/3. E-mail: ten80@mail.ru, timoshokee@mail.ru

В июле 2014 г. в университете Невады (г. Рино, США) была проведена конференция "The Global Fair and Workshop on Long Term Observatories on Mountain Socio-Ecological Systems". Организаторы конференции поставили задачей получение обзора современного мониторинга климатических, экосистемных и социальных изменений в горных районах Земли, а также получение более или менее однозначных ответов на вопросы о состоянии современного мониторинга и о возможных направлениях его развития в будущем. Результаты проведенных в рамках конференции семинаров, обсуждений и последовавшего за конференцией интернет-обсуждения основных вопросов были суммированы д-ром Грегом Гривудом (Исполнительный директор программы "Горная Исследовательская Инициатива", MRI) и опубликованы в им в обобщающей статье 'Summary of Summaries' (Greenwood, 2014). Знакомство с этой статьей может представлять интерес не только для тех, кто занимается проблемами экосистемных изменений, но так же и тех, кто связан с климатическим мониторингом, управлением данными, мониторингом социальных систем и так далее.

В целом важной особенностью мониторинга в США и странах Западной Европы является его глубокая интеграция в цикл принятия решений органами власти, общественными организациями, предприятиями крупного и среднего бизнеса. Таким образом, в этих странах прикладное значение мониторинга очень велико. К сожалению, в России подобный уровень интеграции еще не достигнут, и мониторинг более связан с фундаментальными исследованиями.

Зарубежные исследователи уделяют значительное внимание исследованию высокогорных лесов, включая, но, не ограничиваясь границей леса. Несколько меньшее внимание уделяется водным местообитаниям. Палеоэкологические исследования и исследования рефугимов считаются необходимыми для понимания современного состояния экосистем. Значительное внимание уделяется моделированию, рассматриваемому как основной инструмент прогноза, а также историческим и палеореконструкциям, необходимым для создания основы для современного и будущего мониторинга. Отечественная постановка задач, в целом примерно аналогична.

Практически повсеместно мониторинг экосистемных изменений связан с исследованиями, организованными вдоль высотных градиентов. Однако методологическая база пост-советского пространства и стран Запада, в настоящий момент сильно отличается. Невозможно не отметить преимущества европейских и американских ученых в степени математизации мониторинга и вовлечения в решение основных задач мониторинга математического аппарата, средств механической фиксации (например - фенологического мониторинга с использованием сетей фото- и видеокамер) и средств дистанционного зондирования (к примеру использования для мониторинга растительных сообществ аэрофотосъемки и спутниковой съемки в визуальном, ближнем инфракрасном и инфракрасном диапазонах). С другой стороны эмпирическая методология, используемая отечественными учеными и учеными стран ближнего зарубежья, существенно превосходит разработанные в западных странах аналоги. Подобное расхождение осложняет не только обмен данными, но и обмен результатами мониторинга.

В настоящий момент практически всем стало очевидно, что долгосрочные программы мониторинга предоставляют лучшие результаты, чем краткосрочные программы, нацеленные на увеличение числа показателей или областей мониторинга. В целом, по мнению ряда зарубежных коллег, зарубежный мониторинг испытывает

"озабоченность вплоть до одержимости" предсказанием и прогнозом. Результатом этого стало стремление получения максимального количества количественных данных, в ущерб качественным. Современные сети, направленные на прямой мониторинг, такие например как GLORIA, упускают значительный объем эмпирической информации в силу несовершенства зарубежной эмпирической методологии. Большая же часть мониторинговых задач решается в основном за счет механической фиксации и дистанционного зондирования, практически полностью упускающих эмпирическую информацию, которая может быть получена только на основе прямых наблюдений.

По мнению д-ра Г. Гринвуда (MRI) основными вызовами современности в области мониторинга экосистемных изменений можно считать: вопросы экстраполяции результатов мониторинга на большие территории, особенно в тех частях земного шара, где точки наблюдений значительно удалены друг от друга, сравнительно невысокий уровень международного обмена данными и результатами, отчасти вызванный экономическими, языковыми и культурными барьерами. Значительную сложность в развитии мониторинга создают различия в финансировании науки - разница между Западом, Россией и многими развивающимися странами очень велика. Многие решения, приемлемые для стран Запада практически недоступны для развивающихся стран.

Рассматривая перспективы развития мониторинга необходимо упомянуть, в первую очередь, имеющуюся тенденцию к увеличению обмена результатами и данными не только внутри сетей мониторинга, но и между сетями - формирование своего рода "Сети Сетей", а также движение к действительно комплексному мониторингу, который охватывал бы прямые наблюдения, механические наблюдения и спутниковый мониторинг и сочетал возможность быстрого получения больших объемов данных, возможность их качественной верификации и средства экстраполяции.

Greenwood G. конференция The Global Fair and Workshop on Long Term Observatories on Mountain Socio-Ecological Systems – Summary of Summaries [Электронный ресурс]. – Bern. 2014 - электрон. публ. – режим доступа: <http://mri.scnatweb.ch/en/mri-global-events/2014-07-1619-reno-usa-mountain-observatories/synthesis/2437-mtnobservatoriessummaryofsummaries>, свободный.

МОНИТОРИНГ ЗАСЕЛЕНИЯ ПОДРОСТА В ЭКОТОНЕ ЛЕС-ТУНДРА СЕВЕРО-ЧУЙСКОГО И ЮЖНО-ЧУЙСКОГО ХРЕБТОВ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Филимонова Е.О.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, тел. (3822) 49–27–43,
e-mail: smelena82@mail.ru

Лесотундровые экотоны, являющиеся переходной зоной между сомкнутыми лесами и высокогорной тундрой, представляют объект особого интереса для изучения возобновления хвойных [1]. В высокогорных экотонах виды деревьев произрастают в экстремальных климатических условиях и наиболее чутко реагируют на изменения природных процессов и явлений.

Исследования подроста проводились в экотоне лес-тундра в двух модельных бассейнах: р. Актру на северном макросклоне Северо-Чуйского хребта и р. Джазатор на южном макросклоне Южно-Чуйского хребта (Горный Алтай) на высотах 2200–2485 м над ур. м. В условиях экотона к подросту относили молодые особи, не достигшие высоты 1,5 м и возраста 50 лет.

Верхнюю границу леса на Северо-Чуйском и Южно-Чуйском хребтах образуют два индикаторных вида – кедр сибирский и лиственница сибирская [2].

В бассейне р. Актру (Северо-Чуйский хребет) основной породой, формирующей взрослое поколение в экотонных насаждениях, является кедр сибирский, а лиственница сибирская в их составе имеет незначительное участие [3]. Среди подроста преобладает кедр сибирский.

Подрост кедра, произрастающий на восточно-юго-восточном склоне этой долины, имеет средний возраст 42 года. Здесь отмечены экземпляры от 3 до 50 лет. Подрост лиственницы представлен единичными экземплярами от 27 до 50 лет. Преобладают особи кедра от 41 до 50 лет (рис. 1 А). Заселение экотона подростом кедра происходило в основном в 60–70-е гг. XX века. В настоящее время наблюдается снижение активности заселения подростом. В целом, на этом сухом склоне в условиях экотона чем моложе подрост, тем ниже его плотность.

На западно-северо-западном склоне долины р. Актру встречен подрост кедра от 2 до 50 лет. Средний возраст подроста кедра (28 лет) здесь меньше, чем на противоположном склоне. Единичные особи лиственницы имеют возраст от 29 до 50 лет. Плотность подроста кедра в возрасте от 31 до 50 лет имеет близкие значения с таковым на противоположном склоне, но участие молодого подроста здесь значительно больше (рис. 1 Б). Основное заселение экотона подростом кедра происходило в течение последних трех десятилетий.

Ранее был проведен анализ динамики заселения подростом кедра в экотоне Северо-Чуйского хребта в двух долинах: Актру и Корумду. Выявлено более активное заселение экотона в течение трех последних десятилетий на западно-северо-западных склонах обоих долин, чем на восточно-юго-восточных. Что связано с большей увлажненностью первых по сравнению со вторыми [4].

В экотоне лес-тундра Южно-Чуйского хребта на склоне восточно-юго-восточной ориентации долины р. Джазатор в составе насаждений во взрослом поколении преобладает лиственница сибирская, а в составе подроста – кедр сибирский. При сравнении возрастных спектров с двух разных склонов выявлено, что распределение подроста по возрасту в экотоне Южно-Чуйского хребта (рис. 1 В) сходно с таковым на восточно-юго-восточном склоне долины р. Актру Северо-Чуйского хребта (рис. 1 А). Но в отличие от последнего в долине р. Джазатор плотность подроста выше и отмечается высокое участие молодого подроста 11–20 лет. Заселение здесь экотона происходило в

основном в 60–70-е гг. XX века, а в последние 10 лет активность заселения значительно снизилась.

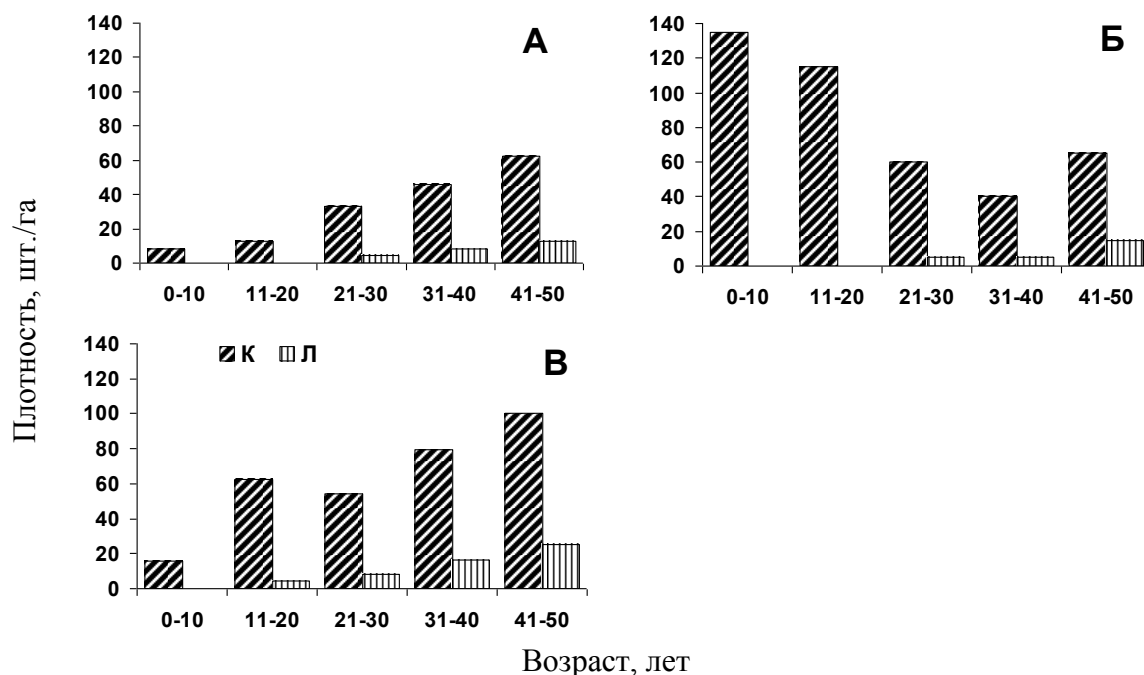


Рисунок 1. Динамика заселения кедр в экотоне лес-тундра Северо-Чуйского (А, Б) и Южно-Чуйского (В) хребтов.

А – восточно-юго-восточный склон долины р. Актру, Б – западно-северо-западный склон долины р. Актру, В – восточно-юго-восточный склон долины р. Джазатор; К – кедр сибирский, Л – лиственница сибирская

Таким образом, экотон лес-тундра Северо-Чуйского и Южно-Чуйского хребтов заселяется преимущественно кедром сибирским и, будучи влаголюбивой породой, он более активно распространяется на влажных склонах. На сухих склонах заселение экотона происходило в основном в период с 1965 по 1985 гг., на влажных склонах – в последние 20 лет. Подрост лиственницы сибирской появился в период с середины 60-х до конца 90-х гг. XX века и представлен единичными особями.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (№ 13-05-00762).

1. Горчаковский П.Л., Шиятов С.Г. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. М.: Наука, 1985. 208 с.
2. Куминова А.В. Растительный покров Алтая. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960. 449 с.
3. Тимошок Е.Е., Филимонова Е.О., Пропастилова О.Ю. Структура и формирование древостоев хвойных в экотоне верхней границы древесной растительности Северо-Чуйского хребта (Центральный Алтай) // Экология, 2009, №3. С. 187-194.
4. Филимонова Е.О. Структура насаждений кедр сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) в лесотундровом экотоне Северо-Чуйского хребта (Центральный Алтай): автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Томск, 2014, 23 с.

ГИДРОМОРФНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА КОЛКОВ ОБЬ-ТОМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Чернова Н.А.^{1,2}

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, пр. Академический 10/3,

²Томский государственный университет, г. Томск, пр. Ленина, 36,
e-mail: naitina@rambler.ru

Осиново-березовые колки в западинах преимущественно суффозионно-просадочного происхождения типичны для лесостепной и подтаежной зон Западной Сибири. Они являются характерным элементом ландшафтов и древней равнины Обь-Томского междуречья, где преобладают суглинистые отложения (Дюкарев, Пологова, 2011). Формирование широкого спектра местообитаний в колочных западинах с разными морфометрическими и экологическими параметрами (размер, форма, глубина вреза, водно-минеральный режим, переменность режима увлажнения и др.) обуславливает высокое разнообразие растительных сообществ. Наибольшим разнообразием фитоценозов отличаются полугидроморфные и гидроморфные местообитания, но в литературе в основном приводятся данные лишь о растительности автоморфной части колочных западин (Лашинский, Ветлужских, 2009; Макунина, Мальцева, 2008 и др.).

Наращение гидроморфности местообитаний от умеренно влажной периферии к центральной части колочных западин приводит к существенной перестройке фитоценозов – смене доминирующих видов и групп видов напочвенного покрова, изменению проективного покрытия различных ярусов, изменению экологических спектров растительных сообществ (появлению ряда влаголюбивых видов, сокращению доли мезофитов в подпологовых ярусах, исчезновению ксеромезофитов). Так, в березово-осиновых разнотравных лесах (рисунок), характерных для периферийной полосы колков Обь-Томского междуречья, основу подпологовой растительности составляют мезофильные травянистые растения (проективное покрытие 70–90%). В то же время на первых этапах гидроморфной трансформации в основном формируются растительные сообщества с густым подлеском (проективное покрытие 55–85%) из гидромезофильных черемухи или ивы пепельно-серой, без выраженного травяного яруса (проективное покрытие 0–7%). В колочных западинах с более сырым центром основная роль в сложении напочвенного покрова вновь переходит к травам. Здесь формируются заболоченные вейниковые и осоковые березовые леса, а также сабельниковые с ивой пепельно-серой фитоценозы, в которых появляется сильно разреженный моховой покров (до 20% площади фитоценоза). Практически полное отсутствие моховидных в мертвопокровных черемуховых зарослях связано с резкопеременным в течение вегетационного периода режимом увлажнения, а в разнотравных березово-осиновых лесах с формированием густого травостоя.

По мере повышения гидроморфности местообитаний колочных западин изменяется видовая насыщенность фитоценозов (на площадь 400 м²). Максимальна (46 видов) она в разнотравных лесах (рисунок), занимающих автоморфные позиции, а минимальна в кустарниковых фитоценозах, где составляет в среднем 18 видов в крупнопоротниковых черемуховых зарослях, 19 видов в мертвопокровных серолозняках и 21 вид в мертвопокровных черемуховых зарослях. В более сырых и стабильных гидрологических условиях, к которым приурочены вейниковые и осоковые березняки, видовая насыщенность растительных сообществ составляет 32 и 27 видов соответственно.

Видовое разнообразие подлеска остается практически неизменным (в среднем 3 вида), только в мертвопокровных черемуховых зарослях резко повышаясь до 4–9 видов. При этом происходит смена мезофильной группы кустарников на гидромезофильную. В травяном покрове при переходе от автоморфных местообитаний к полугидроморфным и

гидроморфным количество видов снижается почти втрое – от 41 вида до 10–16 видов. При этом доминирующая роль также переходит от мезофильных к влаголюбивым травянистым растениям. Мхи, как бескорневые растения, наиболее чутко реагируют на изменения гидрологических условий. Довольно большое видовое разнообразие напочвенных моховидных (6–11 видов) наблюдается только в центральной части наиболее глубоких и крупных колков в вейниковых и осоковых березняках и сабельниковых фитоценозах.

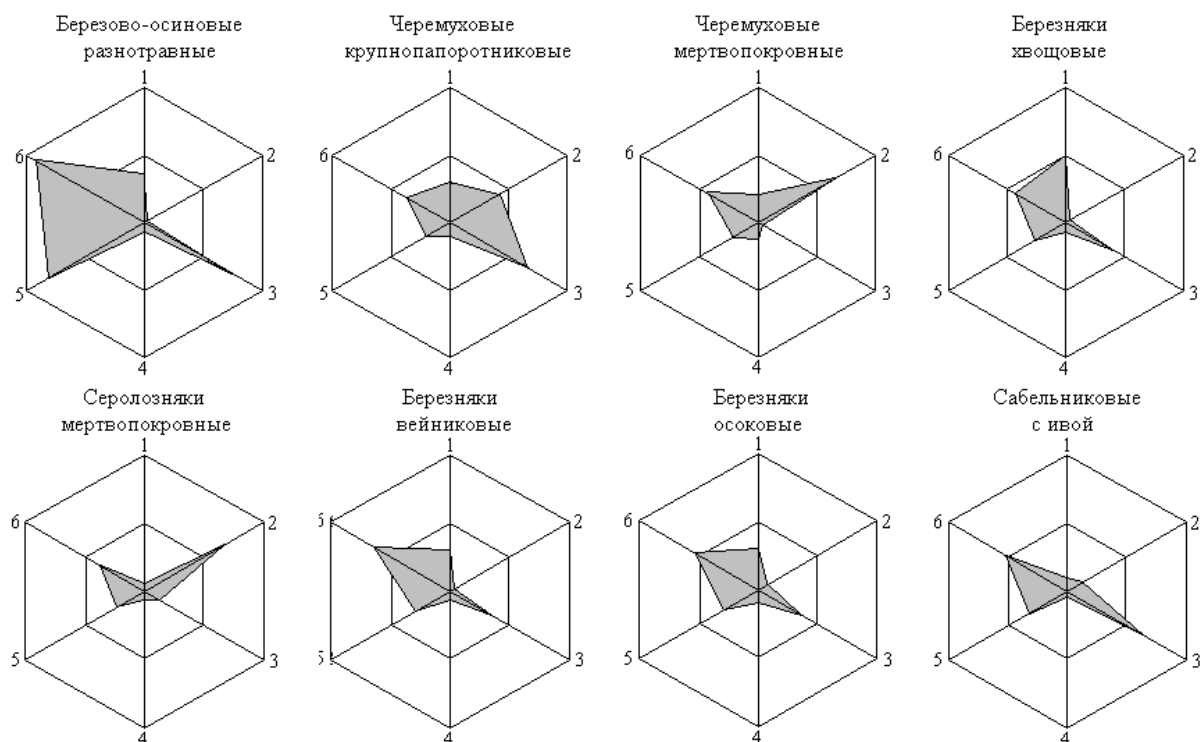


Рисунок. Основные характеристики растительных сообществ (%). 1 – сомкнутость крон; 2 и 3 – проективное покрытие подлеска и трав соответственно; 4 и 5 – количество видов подлеска и трав соответственно; 6 – видовая насыщенность фитоценозов.

Таким образом, по мере нарастания гидроморфизма от автоморфной периферии к центру колочных западин, в растительных сообществах происходит существенная перестройка ярусной и экологической структуры, флористического состава, видового разнообразия ярусов и видовой насыщенности фитоценозов. Такая трансформация растительных сообществ при постепенной смене гидрологического режима является проявлением механизмов адаптации этих экосистем к изменяющимся условиям среды.

1. Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. Почвы Обь-Томского междуречья // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2011. № 3 (15). С. 16–37.
2. Лашинский Н.Н., Ветлужских Н.В. Леса класса *Brachypodio pinnati* – *Betuletea pendulae* на северном пределе их распространения // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2009. № 3 (7). С. 5–18.
3. Макунина Н.И., Мальцева Т.В. Растительность лесостепных и подтаежных предгорий Алтае-Саянской горной области // Сибирский ботанический вестник: электронный журнал, 2008. Том 3, выпуск 1–2, С. 45–156.

ПОЧВЕННО-БОТАНИЧЕСКИЕ РЯДЫ КОЛОКОВ ОБЬ-ТОМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Чернова Н.А.^{1,2}, Пологова Н.Н.¹

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, пр. Академический 10/3,

²Томский государственный университет, г. Томск, пр. Ленина, 36,
e-mail: naitina@rambler.ru

Почва и растительность являются ключевыми элементами во взаимосвязи «климат – экосистема», кроме того, они наиболее полно определяют функционирование биоценоза. Растительные сообщества оказывают существенное влияние на почвенный компонент, но при этом и состояние и степень развития почвы детерминирует особенности экологической структуры фитоценозов и их видового состава.

Колочные западины были выбраны в качестве модельных объектов изучения, так как являются характерными элементами ландшафта лесостепи и подтайги. Различие морфометрических и гидрологических параметров суффозионно-просадочных западин на территории Обь-Томского междуречья позволила выделить 5 разных почвенно-ботанических рядов. Основным критерием являлось изменение экологических условий, обуславливающих формирование различных типов почв и растительных сообществ.

Автоморфная часть всех западин занята осиново-березовыми разнотравными лесами с абсолютным господством мезофитов, близкими к фоновым для территории Обь-Томского междуречья (Чернова, Пологова, 2012) и сформировавшимися на темно-серых почвах (Дюкарев, Пологова, 2011). Вследствие этого дифференциация почвенно-ботанических рядов проводилась на основе данных транзитно-аккумулятивных (склоновые поверхности) и аккумулятивных (оформленное дно) местообитаний, находящихся на разных этапах гидроморфной трансформации.

По градиенту увлажнения (рассчитано стандартным экологическим шкалам Л.Г. Раменского, 1956) растительные сообщества колочных западин можно выстроить в единый ряд: автоморфные березово-осиновые разнотравные леса → черемуховые заросли крупнопоротниковые и мертвопокровные → березняки хвощовые → березняки осоковые → серолозняки мертвопокровные → березняки вейниковые → сабельниковые с ивой. При изменении гидрологического режима от периферии западин к центру сменяются и комплексы почв: темно-серые, элювоземы дерновые, собственно элювоземы, элювоземы глееватые конкреционные, элювоземы перегнойно-глеевые, элювоземы глеевые (Пологова, Дюкарев, 2012).

В большинстве небольших дренированных западин с плоским дном представлен ряд (рисунок) с черемуховыми зарослями крупнопоротниковыми в транзитно-аккумулятивной части (иногда выпадает из спектра) и черемуховыми мертвопокровным в центре с элювоземами дерновым и метаморфическим соответственно. Эти местообитания как правило отличаются переменным режимом увлажнения в течение вегетационного периода, что проявляется как в почвенном профиле, так и в существенной перестройке растительных сообществ (изменению проективного покрытия ярусов, смене доминантных групп видов подпологовой растительности, переход доминирующей роли от мезофитов к гидромезофитам и т.п.). Иногда в небольших дренированных плоских западинах идет накопление органического вещества, формируется перегнойно-глееватый сегрегационный элювозем и развиваются хвощовые березняки с почти полным отсутствием подлеска и господством гидромезофитов.

В колочных западинах среднего размера с более стабильным гидрологическим режимом нередко по мере удаления от периферии осиново-березовые разнотравные леса на серой почве сменяются черемуховыми мертвопокровными зарослями и осоковыми березняками на элювоземах с разной степенью проявления процессов оглеения.

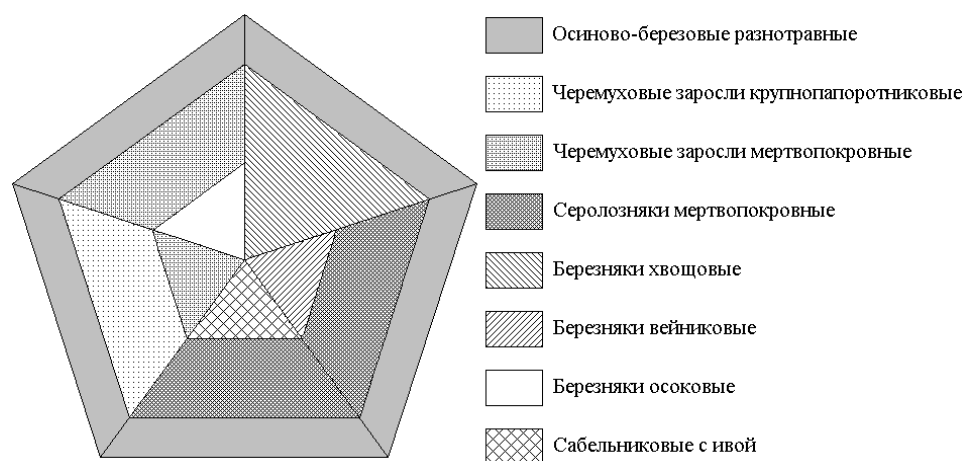


Рисунок. Спектры растительных сообществ разных типов колочных западин Обь-Томского междуречья.

В наиболее крупных западинах с постоянным переувлажнением и четко выраженными процессами заболачивания плоского дна формируются почвенно-ботанические ряды, в которых транзитно-аккумулятивная часть западин занята мертвopокровными серолознями по элювозему глеевому, а в центральной части с перегнойно-глеевыми и торфянисто-глеевыми почвами появляются вейниковые березняки и сабельниковые фитоценозы с ивой пепельно-серой. Эти сообщества формируются на последних стадиях гидроморфной трансформации минеральных почв и отличаются господством в напочвенном покрове гемигидрофитов и гипогидрофитов.

Таким образом, формирование разных почвенно-ботанических рядов в колках обусловлено особенностями западин и, прежде всего, водного режима местообитаний. Постепенное повышение гидроморфизма в растительных сообществах сопровождается сменой доминантной экологической группы с мезофильной на гидромезофильную, гемигидрофильную или гипогидрофильную и перестройкой ярусной структуры. В почвенном профиле повышение увлажнения приводит к формированию почв с разной степенью проявления процессов оглеения а при стабильном переувлажнении к постепенному накоплению мощного перегнойного горизонта.

1. Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. Почвы Обь-Томского междуречья // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2011. № 3 (15). С. 16–37.
2. Пологова Н.Н., Дюкарев А.Г. Почвы колочных западин Обь-Томского междуречья // Материалы международной конференции “Биогеоценология и ландшафтная экология: итоги и перспективы” памяти Ю.А. Львова. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 2012. С. 405–409.
3. Чернова Н.А., Пологова Н.Н. Фитоценотическое разнообразие осиново-березовых колков Обь-Томского междуречья // Материалы международной конференции “Биогеоценология и ландшафтная экология: итоги и перспективы” памяти Ю.А. Львова. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 2012. С. 296–300.
4. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.

РАСЧЕТ ИСПАРЕНИЯ С ВЕРХОВЫХ БОЛОТ В МЕЖДУРЕЧЬЕ РЕК БАКЧАР И ИКСА МЕТОДОМ ТУРБУЛЕНТНОЙ ДИФФУЗИИ

Шевчук К.Р.¹, Харанжевская Ю.А.^{1,2}

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, Томск, пр. Ленина, 36, rudmila_17_08_93@mail.ru

²ФГБНУ «Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа»,
634050, Томск, ул. Гагарина, 3, kharan@yandex.ru

Испарение является одной из основных расходных статей водного баланса болот, доля которой в общем расходе колеблется для верховых болот от 60 до 75%, а для низинных – от 70 до 100% [1]. В условиях болот процесс испарения определяется тремя факторами: количеством приходящей солнечной энергии, водно-физическими свойствами торфяной залежи и наличием условий отвода паров от испаряющей поверхности. При этом суммарное испарение с болотного массива, кроме собственно испарения с поверхности торфяной залежи, включает испарение с водной поверхности озер и транспирацию растительностью [1, 2]. Следует отметить, что испарение с болот таежной зоны Западной Сибири изучено весьма слабо, последние крупные обобщения сделаны для зоны распространения многолетней мерзлоты [3], а данные по изменению величины испарения под влиянием осушения для данной территории отсутствуют полностью. Поэтому целью данной работы является расчет испарения с верхового болота и оценка его суточной и сезонной динамики в естественных условиях и под влиянием осушения.

Исследования проводились в пределах верхового осушенного сосново-кустарничково-сфагнового болота в бассейне р. Гавриловка, левобережного притока р. Икса и аналогичного участка в пределах естественного верхового болота в бассейне р. Ключ, правобережного притока р. Бакчар. Исследуемое верховое болото является частью Васюганской болотной системы. В качестве исходных данных для расчета испарения использовались результаты инструментальных наблюдений за температурой и влажностью воздуха на двух высотах, скоростью ветра, уровнями болотных вод за май, июнь, июль, 2014 г. Измерения проводились с помощью системы автоматического мониторинга «САМ», установленной в пределах верхового болота, с временным шагом 30 минут. Расчет суммарного испарения проводился методом турбулентной диффузии по 5 срокам [4]. Расчет интенсивности суточного испарения проводился по 12 срокам наблюдения (0:00, 2:00, 4:00, 6:00, 8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00) в характерные дни вегетационного периода.

Проведенные исследования показали, что в целом за исследуемый период 2014 г. суммарное испарение с верхового болота в бассейне р. Гавриловка составило 85 мм, в сезонной динамике максимальная величина испарения наблюдается в июне 44 мм которая резко снижается в июле до 7 мм. Максимальное за сутки испарение с верхового болота было отмечено 12.06.2014 и составило 4 мм.

В бассейне р. Ключ величина суммарного испарения с верхового болота за исследуемый период составила 269 мм, в сезонной динамике максимальное суммарное испарение за месяц наблюдается в мае 102 мм и июне 101 мм. Максимум испарения за сутки составил 13 мм и был отмечен 24.06.2014.

Совместный анализ изменения величин суточного испарения с верхового болота и температуры воздуха в бассейне р. Гавриловка позволил отметить, что резкое возрастание величины испарения в середине июня обусловлено совместным действием двух факторов, а именно снижением уровней болотных вод и повышением температуры воздуха. В дальнейшем при снижении уровней болотных вод до отметки -55 см отмечается практически полное прекращение испарения.

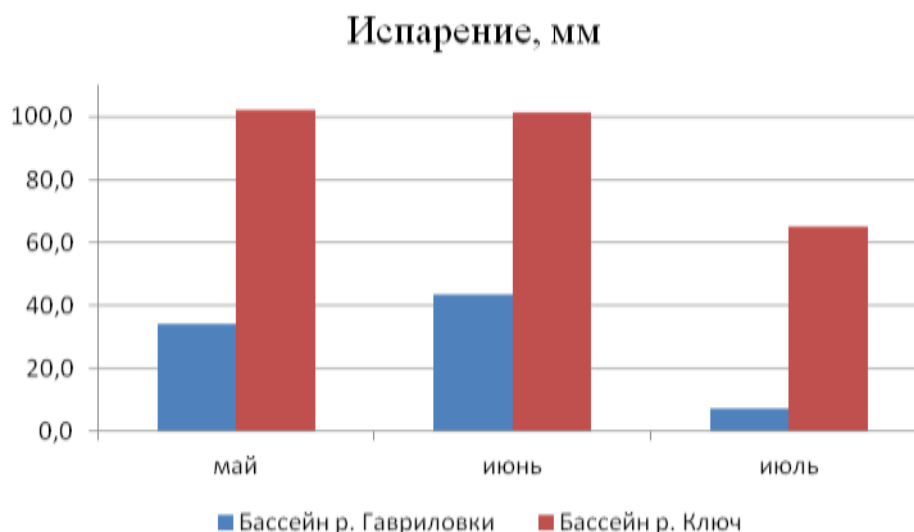


Рисунок Суммарное испарение с участков верхового болота в бассейнах рек Гавриловка и Ключ

Анализ условий испарения в бассейне р. Ключ показал, что в отличие от бассейна р. Гавриловка, где отмечается синхронность хода величины испарения и температуры воздуха, на данном участке наблюдается запаздывание на 3-4 дня наступления максимумов суточного испарения при повышении температуры воздуха. При этом величина испарения с болота в бассейне р. Ключ значительно выше. Совместный анализ динамики уровней болотных вод и величины испарения показал, что при понижении уровня болотных вод до 40 см ниже поверхности болота отмечается резкое снижение испарения с верхового болота.

Суточная динамика испарения с болота в бассейне р. Гавриловка характеризуется плавным повышением испарения в течение дня, начиная с 8-10 ч и максимумом с 14 до 18 ч. Следует отметить, что в конце сезона вегетации наблюдается смещение времени наступления максимальных величин испарения за сутки на более ранний срок на 12-14 ч. В бассейне р. Ключ суточная динамика испарения с болота характеризуется плавным повышением испарения в течение дня, начиная с 10-12 ч и появлением максимальной величины испарения в интервале 14-16 ч.

Анализ полученных результатов показал, что в сезонной динамике в 2014 г. максимум испарения с болот отмечается в наиболее теплообеспеченный период года (май-июнь), а в июле наблюдается уменьшения величины испарения в условиях снижения уровней болотных вод. Исследования показали, что осушение болот способствует значительному (в 2,8 раз) снижению величины испарения.

1. Романов В.В. Гидрофизика болот. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 359 с.
2. Иванов К.Е. Гидрология болот. Л.: Гидрометеиздат, 1953. 295 с.
3. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири / Под ред. С.М. Новикова. СПб.: ВВМ, 2009. 536 с.
4. Константинов А.Р. Испарение в природе. - Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 531 с.

Секция 3.
ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ,
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА

ОЦЕНКА РАСТИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА ПО ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИМ РАДАРНЫМ ДАННЫМ

Батуева Е.В., Кирбижекова И.И.

ИФМ СО РАН, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, elizavlad@mail.ru

Благодаря физико-географическим особенностям Байкальского региона радиолокационные методы дистанционного зондирования Земли должны найти широкое применение в междисциплинарных научных исследованиях [1].

По Байкальскому региону база спутниковых радиолокационных данных с полной поляриметрической информацией представлена в основном снимками, полученными радаром с синтезированной апертурой ALOS PALSAR Японского аэрокосмического агентства JAXA в L-диапазоне (длина волны 24 см), полученных во время миссии 2006-2011 г.г. Предыдущие исследования по классификации природных и искусственных объектов на радарных изображениях Байкальского региона показали наибольшую эффективность декомпозиционных методов Клода-Поттье [2] и Фримана.

Сравнение результатов классификации с наземными данными свидетельствует о достаточно высокой точности $H-A-\alpha$ -классификации, отражающей морфологические особенности растительного покрова мезомасштаба [3]. Результат классификации радарных изображений также выявляет локальные вариации. Для лесных массивов различия обусловлены главным образом биометрическими характеристиками и физическими условиями.

Сравнение результатов декомпозиции методом Клода-Поттье разносезонных изображений ALOS PALSAR выявило значительные изменения процессов рассеяния в лесных массивах в зимний период времени, обусловленные изменением проводящих свойств растительности при отрицательных температурах. Установлено, что при смене сезонов осень-зима на 20 % территории радиолокационных изображений L-диапазона происходит смена доминирующего процесса рассеяния с объемного на поверхностное, что частично обусловлено общим снижением биомассы, частично - изменением рассеивающих и отражательных свойств лесной среды.

В докладе представлены результаты исследования перераспределения процессов рассеяния при смене сезонов весна-лето на основе пары радиолокационных изображений ALOS PALSAR по территории Байкальского региона 28 мая 2007 г. и 17 апреля 2009 г.

1. Шмуллиус К., Дарижапов Д.Д., Доржиев Б.Ч., Кирбижекова И.И., Ширапов Д.Ш., Ширапова Н.Н. Исследование земных покровов Байкальского региона на основе радарных данных // Сибирский экологический журнал, №6. 2003. С.763-766.
2. Cloude S.R. and E. Pottier, 1997, "An Entropy-Based Classification Scheme for Land Applications of Polarimetric SAR". IEEE Trans GRS. vol. 35(1). pp. 68-78.
3. Кирбижекова И.И., Батуева Е.В. $H-A-\alpha$ -классификация данных ALOS по дельте реки Селенга // Изв. ВУЗов. Физика. 2010. Т.53. №9/2. С.25–26.

НОВОЕ ДОПОЛНЕНИЕ К ИНФОРМАЦИОННО-ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ МЕТЕОСТАНЦИЙ АМК-03 ДЛЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА КОСМОДРОМЕ «ВОСТОЧНЫЙ»

Богушевич А.Я.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, Томск, Академический пр., 10/3
E-mail: bay@imces.ru

Создание в РФ нового космодрома «Восточный», что на данный момент быстро приближается к финишу, востребовало его обеспечение различными средствами метеорологических измерений. Состав и виды этих средств измерений, которые планируется разместить на этом космодроме, решалось сверху и здесь не обсуждается. По факту на нем оказались востребованы наши ультразвуковые метеостанции АМК-03 в качестве передвижных (мобильных) средств метеорологических измерений [1]. При этом заявлено, что они будут находиться в зоне доступа в Интернет через беспроводное соединение Wi-Fi и должны автоматически передавать на сервера Центра управления полетов данные своих измерений как электронную почту с файловыми вложениями в формате XML. Порядок создания этих файлов утвержден единым (для всех средств измерений на космодроме) протоколом. Указанные технические требования принудили автора выполнить разработку нового программного обеспечения для метеостанций АМК-03, реализованного им как отдельное Windows - приложение под названием «АМК-sndMail», работающего совместно с базовой для этих устройств программой «METEO 3.0» [2] в качестве вспомогательного компонента.

Внешний вид главного окна программы названием «АМК-sndMail» показан на рис.1. Ее пользователь может задать:

- параметры метеостанции АМК-03, выходные данные измерений которой требуется передавать по электронной почте;
- параметры настройки отправки почты через два (основной и резервный) сервера исходящей почты SMTP;
- параметры настройки прокси-сервера (если необходимо);
- в принципе не ограниченное количество адресов получателей почтовых сообщений программы.

После отладки настроек Интернет - соединений отправка почты в этой программе может выполняться автоматически с заданной пользователем периодичностью во времени (минимальная ее дискретность – 1 минута). В каждое почтовое сообщение вкладывается XML-файл (рис.2) с новыми данными о значениях метеорологических величин, измеряемых АМК-03 и вычисляемых в METEO 3.0. В случае неудачной попытки отправки почты подготовленный файл данных сохраняется и присоединяется к последующим почтовым сообщениям до тех пор, пока не будет успешно отправлен. Программа «АМК-sndMail» автоматически чистит свой мусор на жестком диске, удаляя создаваемые ею XML-файлы. Запросы и получение внутренних данных METEO 3.0 в «АМК-sndMail» выполняются через оперативную память компьютера с помощью классической в Windows технологии DDE (Dynamic Data Exchange). По своей сути эта программа мало отличается от программных роботов, применяемых для рассылки в Интернете рекламных спам-сообщений. Ее защитой от подобного неправомерного использования является только ее узкая специализация, требующая наличия у пользователя метеостанции АМК-03.

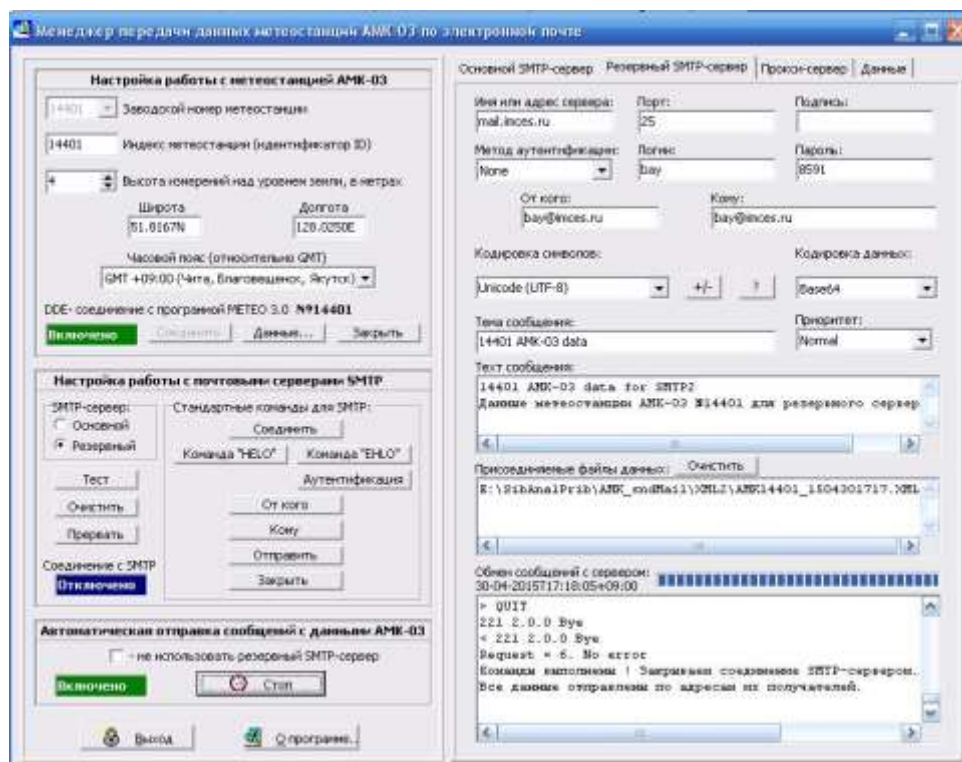


Рисунок 1. Главное окно программы «АМК-sndMail».

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<message>
  <report TIME="30-04-2015T17:17:08+09:00">
    <station ID="14401" LAT="51.8167N" LON="128.0250E" Z="4M" Name="АМК-03 No14401" />
    <parameter VAR="WS" Z="4M">
      <value PROC="AVE" TYPE="0" T="8M">3.90</value>
      <value PROC="MAX" TYPE="0" T="8M">4.05</value>
      <value PROC="MIN" TYPE="0" T="8M">3.67</value>
      <value PROC="AVE" TYPE="1" T="8M">6.51</value>
    </parameter>
    <parameter VAR="WD" Z="4M">
      <value PROC="AVE" TYPE="0" T="8M">192.31</value>
    </parameter>
    <parameter VAR="TA" Z="4M">
      <value PROC="AVE" T="8M">22.42</value>
    </parameter>
    <parameter VAR="AP" Z="4M">
      <value PROC="AVE" T="8M">988.07</value>
    </parameter>
    <parameter VAR="TD" Z="4M">
      <value PROC="AVE" T="8M">34.14</value>
    </parameter>
    <parameter VAR="RH" Z="4M">
      <value PROC="AVE" T="8M">33.64</value>
    </parameter>
    <parameter VAR="WVP" Z="4M">
      <value PROC="AVE" T="8M">0.34</value>
    </parameter>
    <parameter VAR="AHD" Z="4M">
      <value PROC="AVE" T="8M">0.68</value>
    </parameter>
    <parameter VAR="DA" Z="4M">
      <value PROC="AVE" T="8M">1.3707</value>
    </parameter>
  </report>
</message>
```

Рисунок 2.Файл данных АМК-03 в формате XML.

1. Тихомиров А.А., Корольков В.А., Богушевич А.Я., Азбукин А.А., Шелевой В.Д. Бортовой метеорологический комплекс на базе многоцелевых гусеничных и колесных машин // Вестник Академии военных наук, 2008, № 3 (24), с. 144-148.
2. Богушевич А.Я. Ультразвуковая метеостанция, версия 3.0 ("МЕТЕО 3.0"). / Роспатент / Свид. об офиц. рег. прогн. для ЭВМ № 2002612038 от 3.12.02.

СРАВНЕНИЕ ДАННЫХ ПО ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

Бородина И.А., Рудиков Д.С., Кижнер Л.И., Богословский Н.Н., Ерин С.И.
Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, пр. Ленина, 30

e-mail: bia_5@mail.ru, dumkaonoff@gmail.com, kdm@mail.tsu.ru, bogoslovskii@gmail.com,
sergei.erin@mail.ru

Современный этап развития метеорологии характеризуется широким применением математических моделей атмосферы. Для увеличения точности прогнозов состояния атмосферы необходимы более точные начальные поля метеовеличин.

Влажность почвы является одной из основных переменных в гидрологии и метеорологии. В различных дисциплинах эта переменная является либо начальным, либо граничным условием соответствующих гидрометеорологических моделей. Влажность почвы применяется при прогнозировании погоды, точного моделирования и прогноза изменения климата, в сельском хозяйстве, в управлении водными ресурсами, для прогнозирования засухи, картирования зон затоплений, а также для экосистемного мониторинга состояния почв.

Измерение поверхностной влажности почвы с требуемой точностью и разрешением необходимо для удовлетворения всех этих потребностей. Влажность почвы в настоящее время измеряется в масштабах от точечного мониторинга на сетях станций до спутникового покрытия при различных временных разрешениях.

Целью работы является оценка получаемой спутниковой продукции, в частности, по влажности почвы, при сопоставлении с данными наземных наблюдательных сетей; выявление закономерностей, аномалий и причин их появления. Это необходимо для оценки возможности использования данных по влажности почвы на территории нашей страны, наблюдательная сеть которой недостаточна, а площади обширны.

Для работы была выбрана территория США как имеющая большое количество на одной и той же территории как наземных сетей станций, так и спутниковых данных.

В работе использованы данные с марта по ноябрь 2012 года для двух сетей наблюдений: SNOTEL и USCRN. SNOTEL – автоматизированная система для наблюдения за снежным покровом (название от сокращения «снежная телеметрия»). Помимо первоочередного назначения сеть имеет дополнительные данные и о влажности почвы. Было выбрано 229 репрезентативных станций. USCRN – Климатическая справочная сеть США. Предназначена для мониторинга изменения климата. Отобрано 113 станций.

Спутниковая информация получена со спутника MetOp-A с установленным на нем скаттерометром ASCAT. Коэффициент обратного рассеяния, измеренный скаттерометром, зависит от диэлектрических свойств поверхности, шероховатости и растительности. Так как сигнал радара проникает под поверхность, ASCAT может получать данные о состоянии подповерхностных слоев.

Обработка данных спутниковых и прямых наблюдений за влагосодержанием почвы заключалась в выделении синхронных по времени наблюдений, а также данных, попадающих в одну и ту же точку на местности (расстояние между точками сравнения меньше 5 км не различимо и обусловлено точностью наблюдения со спутника). Помимо этого, была проведена работа по классификации станций (в Mat Lab) по типу ландшафта, и сравнивались точки, относящиеся к одинаковому типу растительности. Сравнение массивов осуществлялось путем расчета абсолютной ошибки, стандартного отклонения и коэффициента корреляции между станционными и спутниковыми наблюдениями. Для удобства были построены карты, чтобы визуально представлять, где согласованность массивов хорошая, а где является неприемлемой.

Получено, что практически на всей территории встречаются станции с коэффициентом корреляции, близким к нулю, или отрицательной корреляцией.

Визуальная оценка расположения точек сравнения (с использованием карт Google) показала, что меньшая относительная ошибка и достаточно хорошая связь отмечается на равнинной или слабохолмистой местности, с лугами и сельскохозяйственными угодьями, лесами.

Близость к водохранилищам, озерам, а также к территориям с резко изменяющейся альтитудой вызывает увеличение шума и ухудшение корреляции до отрицательных значений. При построении Кригинг-карты становится очевидной крайне неблагоприятная область применения спутниковых данных в плане мониторинга влажности почвы. Это Невада и юго-восток Калифорнии. Точечные графики зависимостей корреляции от широты и долготы тоже подтверждают эти минимумы. Минимальные коэффициенты корреляции сосредоточены на юге Невады, вблизи Лас-Вегаса и Долины Смерти.

Выводы:

- Для большинства из обработанных станций существует тесная прямая зависимость влажности почвы между прямыми наблюдениями на станциях и спутниковыми наблюдениями (коэффициент корреляции >0.5).
- Теснота связи не зависит от расстояния между точками сравнения.
- Теснота связи определяется степенью однородности подстилающей поверхности в точках сравнения.
- Самая тесная зависимость и наименьшая относительная ошибка характерна для станций с типом растительности – луг, пахотные земли, саванны. Точки сравнения имеют однотипную поверхность.
- Самую слабую связь и большую относительную ошибку имеют станции с типом растительности – открытая местность с кустарником. Точки сравнения с плохой зависимостью имеют неоднородную подстилающую поверхность, различия могут быть в рельефе, растительном покрове. Они располагаются в горных, предгорных и пустынных районах. Скорее всего, ошибочный сигнал, принимаемый спутником, обусловлен сложной топографией, разбросом попадания спутника относительно заданной точки.

1. Wagner W. The ASCAT Soil Moisture Product: A Review of its Specifications, Validation Results, and Emerging Applications // Meteorologische Zeitschrift. February 2013. Vol. 22, № 1. 5–33 p.

2. Бородина И. А., Кижнер Л. И., Богословский Н. Н., Ерин С. И., Рудиков Д.С. Сравнение спутниковых данных измерений влажности почвы ASCAT с прямыми измерениями // Вестн. Том. гос. ун-та. 2014. № 380. С. 181–184.

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (№ 5.628.2014/К).

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Ботыгин И.А.¹, Тартаковский В.А.²

¹Томский политехнический университет, г. Томск, пр. Ленина, 30, bia@tpu.ru

²ИМКЭС СО РАН, г. Томск, Академический пр., 10/3, e-mail: trtk@list.ru

В научных исследованиях, особенно когда идет речь об использовании компьютерных средств в вычислительных целях, актуальна концепция облачных вычислений. Исследователей привлекает схема предоставления компьютерных ресурсов и различных приложений, при которой эти ресурсы предоставляются как сервисы и услуги, доступные через Интернет, работающие на любых пользовательских платформах и устройствах. Но специфика научных исследований, как процесса получения новых знаний, требует, по крайней мере, комплексного и междисциплинарного подхода при анализе больших объемов значимых и сопутствующих параметров изучаемых явлений. Отсюда и первая проблема – консолидация ИТ-инфраструктуры научных подразделений, объединивших свои усилия для решения поставленных научных задач. И желательна такая консолидация на уровне виртуальной организации, чтобы можно было осуществлять эффективное мультизадачное управление проводимыми исследованиями.

Проблему обработки больших объемов данных, на первый взгляд, решает разработка высокопроизводительных кластеров. Но не все так просто в вычислительно емких научных задачах. Предоставляемую современными высокопроизводительными вычислительными системами многоядерность нужно уметь использовать. Оптимизация выполнения приложений под многопоточность, поддерживаемую операционными системами для параллельного задействования вычислительных ядер, требует профессионального погружения в программный код. Другими словами, распараллеливание подразумевает разработку требуемого функционального программного обеспечения заново, с чистого листа. При этом, консолидация информационного пространства на уровне виртуальной организации может физически, из-за различных используемых исследователями платформ, препятствовать использованию возможностей кластерной операционной системы.

С другой стороны, при обработке сверхбольших рядов геофизических данных, на первое место выходит именно распараллеливание и итеративное выполнения отдельных математических процедур их обработки. Время обмена результатами вычислений в таких математических процедурах уже не является критическим фактором для ускорения процессов обработки. Именно это обстоятельство делает перспективным разработку распределенной мультиагентной вычислительной системы со слабо связанными совокупностями вычислителей в качестве инструментария информационно-компьютерной поддержки портала анализа и прогноза климатических процессов. Реализовать же какие-либо этапы обработки данных геофизических наблюдений на узлах такой слабосвязанной вычислительной системы стандартными и существующими или специально разработанными средствами – задача, но не такая сложная. Все текущие системно-ориентированные задачи в такой распределенной системе возлагаются на специальное программное обеспечение, взаимодействующее с устанавливаемыми на терминалы исследователей профессиональными клиентскими агентами.

В рамках представленной идеологии спроектирован сетевой пилотный программный комплекс с унифицированными платформно-независимыми системными и прикладными сервисами организации и выполнения в распределенной гетерогенной вычислительной среде приложений для мониторинга, анализа и прогноза природно-климатических вычислительно емких процессов. Сервисы обеспечивают информационную поддержку систематизации, хранения и получения как накопленных, так и вновь поступающих

больших объемов геопривязанных данных наблюдений и измерений для задач комплексных исследований климато-экологического мониторинга.

Разработанная вычислительная среда представляет собой кластер распределенных в пространстве серверов исследователей (рис.1).

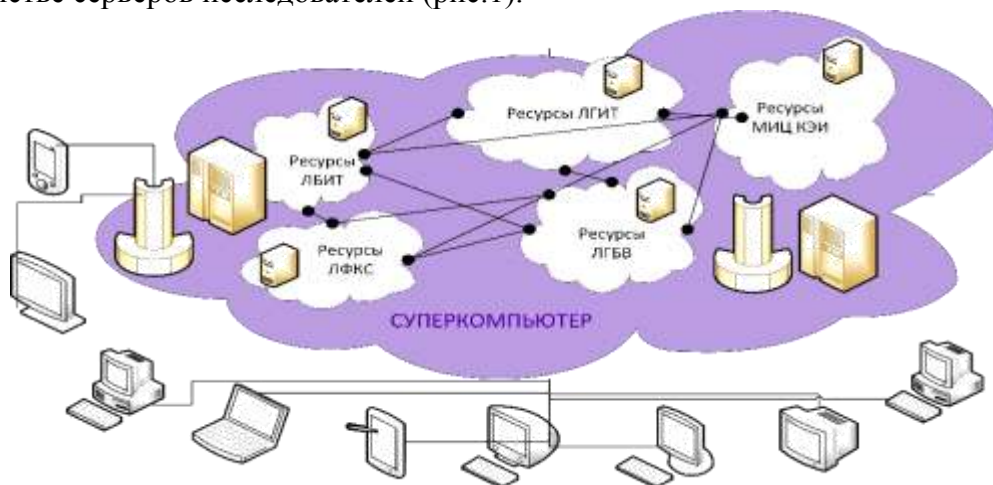


Рисунок. 1. Автоматизированные рабочие места исследователей

Базовые протоколы взаимодействия компьютеров в кластере – семейство протоколов TCP/IP. Модификация функционала кластера осуществляется посредством специализированного менеджера управления.

Основным преимуществом разработанной системы является доступность для анализа больших архивов метеорологических данных, представленных многолетними рядами инструментальных наблюдений и результатами расчетов глобальных и региональных метеорологических моделей. Визуализация может отражать данные в виде графиков временного хода, диаграмм, двух- и трехмерных карт поверхности, что позволяет охватить широкий спектр исследовательских интересов.

Для реализации прототипа был выбран язык Java версии 1.8. Для этого есть несколько причин – язык Java не зависит от платформы, содержит множество удобных библиотек для передачи и хранения данных и легко собирается в исполняемый файл. Для обмена данными между диспетчерами, узлами и клиентской библиотекой использовался протокол HTTP, а формат передаваемых данных – JSON. Для хранения данных использовалась база данных levelDB.

В коммерческой версии системы такой состав используемых технологий не допустим из-за больших требований к производительности. Ядро базы данных должно быть максимально оптимизировано и написано на компилируемом языке вроде C++. Протокол HTTP и формат JSON тоже избыточны. В коммерческой версии они должны быть заменены на свой протокол с использованием технологии Sockets.

Для сборки проекта и управления зависимостями применена технология Maven. Использовались следующие библиотеки: OkHttp (com.squareup.okhttp) – библиотека с удобным интерфейсом и множеством решений для протокола HTTP. Для сериализации и десериализации данных в формат JSON использовалась Gson (com.google.code.gson) – одна из быстрых библиотек для работы с текстовым форматом обмена данными JSON (JavaScript Object Notation).

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗОТОПНОГО МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (ТомЦКП СО РАН) ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ветрова О.В.¹, Мелков В.Н.¹, Симонова Г.В.^{1,2}

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический 10/3

²Национальный исследовательский Томский государственный университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, e-mail: galina_simonova@inbox.ru

Изотопная масс-спектрометрия (IRMS) - важный аналитический метод, позволяющий установить точный изотопный состав различных элементов. Особый интерес для биологов и геологов представляют органогенные элементы (Н, О, С, N, S)[1]. Существует прямая взаимосвязь между изотопным составом этих элементов в окружающей среде (осадки, углекислый газ атмосферы, природные воды) и их составом в живых организмах. Компоненты данных организмов представлены органическими и неорганическими соединениями (целлюлоза растений, липиды и белки животных, карбонаты раковин моллюсков и т.д). Органогенные элементы, по крайней мере частично, присутствуют в данных соединениях.

В ходе природных физических и химических процессов происходит изменение изотопного состава элементов (фракционирование). Например, в процессе фотосинтеза происходит обогащение легким изотопом ¹²С относительно СО₂, используемого растениями для синтеза органических соединений. Сравнение изотопного состава современных и ископаемых живых организмов с учетом фракционирования позволяет составить представление о

климатических и экологических особенностях древних эпох (палеоклиматология и палеоэкология). Изучая распределение изотопов в ископаемых формах углерода, можно установить происхождение органических соединений в древних отложениях, например, установить генетическую связь углеводородов нефти с их биологическими предшественниками. Это дает возможность использовать изотопные отношения в качестве критерия для распознавания биогенных и абиогенных соединений в отложениях.

Наиболее целесообразно при этом исследовать состав индивидуальных соединений, относящихся к определенному классу (н-алканы, карбоновые кислоты и т.п.). Изучение изотопного изменения определенного элемента на таком уровне, позволяет избежать ошибок из-за потери какой-либо фракции в ходе того или иного процесса, например, при диагенезе осадочных пород. В биологических исследованиях такой подход также полезен. Например, исследование изотопного отношения углерода и водорода н-алканов из листьев растений может служить для установления связей между физиологией разных типов растений, выраженной в строении и биохимическом составе листьев/иголок, и изотопными параметрами этих растений[2].

Широкое применение метода изотопной масс-спектрометрии при исследовании объектов окружающей среды обусловлено оснащением современных масс-спектрометров специализированными автоматизированными устройствами подготовки проб. На рис.1 представлен изотопный масс-спектрометрический комплекс (ТомЦКП СО РАН, ИМКЭС), функционирующий в системе постоянного потока. Наличие специальных приборов и устройств масс-спектрометрического комплекса позволяет проводить одновременно не только изотопный, но и элементный анализ образцов. Твердые, жидкие образцы и газы в результате сжигания, пиролиза, химического окисления или изотопного уравнивания системы «жидкость-газ» превращаются в простые газы СО₂, СО, N₂, Н₂, а затем анализируются с помощью изотопного и квадрупольного масс-спектрометров.



Рисунок 1. Изотопный масс-спектрометрический комплекс (ТомЦКП СО РАН, ИМКЭС):
1- IRMS – изотопный масс-спектрометр DELTA V Advantage; 2 - ICG – квадрупольный масс-спектрометр, позволяющий идентифицировать органические соединения и проводить их количественный анализ; 3 - GC/C/TC – газовый хроматограф, соединенный с окислительным реактором и пиролизатором; 4 - ConFlo – интерфейсный блок для соединения приборов; 5 - GasBench – универсальный прибор для определения карбонатов и исследования водных образцов; 6 - EA, TC/EA – элементный анализатор и пиролизатор.

Следует вкратце упомянуть наиболее интересные исследования с использованием IRMS. Этот метод успешно применяется за рубежом для анализа атмосферных аэрозолей [3]. Он позволяет установить источник аэрозольных компонентов. При оценке уровней загрязнения атмосферы можно ориентироваться не только на изотопы углерода и водорода, но и азота [4]. Очень интересны работы по изучению изотопного состава кислорода и серы в вулканическом сульфатном аэрозоле во время извержения вулкана [5]. Правда, эти работы находятся пока на начальном этапе развития данного научного направления.

1. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды. Москва: Техносфера, 2013. – 632 с.
2. Проблемы аналитической химии//Отделение химии и наук о материалах РАН. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2011. Т.15:Изотопная масс-спектрометрия легких газообразующих элементов/ Под .ред. В.С. Севастьянова; Ин-т геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН. – 2011. – 240 с.
3. Shinya Yamamoto and Kimitaba Rawamura. Compound-specific stable carbon and hydrogen isotopic compositions of n-alkanes in urban atmospheric aerosols from Tokyo. *Geochimical Journal*, Vol.44, P. 419-430, 2010
4. Fabian Beyn et al. Do N-isotopes in atmospheric nitrate deposition reflect air pollution levels? *Atmospheric Environment*, Vol. 107, P. 2811-288, 2015.
5. Mather T.A. et al. Oxygen and sulfur isotopic composition of volcanic sulfate aerosol at the point of emission. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 111, 2006.

АЛГОРИТМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕГИОНА В СРЕДЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Волкова Е.С.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, Томск, Академический 10/3, elevolko@yandex.ru

Одним из перспективных направлений развития энергетики в современных условиях дефицита энергоносителей является более активное использование возобновляемых источников. Многие страны уже сегодня большую часть энергии и тепла получают от установок, работающих от солнечной и ветровой энергии, энергии текучих вод, на биотопливе. В некоторых случаях они обеспечивают до 70% выработки электроэнергии в национальных энергосетях [1, 2]. Для территории России с ее большим потенциалом возобновляемых источников энергии задача комплексной оценки этих ресурсов весьма актуальна. При этом важной составляющей становится анализ природно-ресурсного потенциала отдельного субъекта РФ, поскольку каждый регион имеет свой специфический набор возобновляемых ресурсов, способный создавать дополнительный объем энергии.

Коллективом авторов лаборатории самоорганизации геосистем ИМКЭС СО РАН на примере Томской области апробирован ряд методик, позволяющих рассчитывать скорость накопления солнечной энергии в различных типах почв, ветропотенциал, скорость аккумуляции солнечной энергии древесной растительностью по приросту фитомассы, потенциальные суммарные биоэнергетические ресурсы, получаемые из отходов животноводства, в результате утилизации твердых бытовых отходов и переработки осадка сточных вод [3]. Существенным преимуществом предлагаемых методик является возможность перевода массовых и объемных единиц в их энергетические эквиваленты (Дж, кал). Это снимает проблему разнозначимых количественных показателей, принятых в оценке запасов отдельных видов природных ресурсов (например, потенциал лесов оценивается в тыс. м³; почвенный потенциал – см гумусового горизонта, потребности в энергоносителях – т.у.т.).

Использование данных методик в совокупности с применением средств программного обеспечения ArcGIS позволяет на более высоком современном уровне провести комплексную оценку возобновляемых источников энергии в региональном масштабе. Преимущество использования универсального ГИС пакета ArcGIS 10.2. в решении данной проблематики состоит в возможности создания обширной информационной базы, сочетающей цифровые и картографические характеристики возобновляемого природно-ресурсного потенциала исследуемого региона. ГИС-пакет позволяет с помощью базовых функций и дополнительных модулей проводить пространственную оценку разных видов возобновляемых ресурсов, при этом быстро и наглядно редактировать и визуализировать полученные результаты.

Комплексная оценка возобновляемых природных ресурсов региона в среде ГИС-технологий предполагает определенный последовательный алгоритм. Начальный этап подразумевает сбор необходимого статистического и картографического материала по выделенным показателям в рамках каждого вида возобновляемого ресурса. Фактографическая база, основа для формирования атрибутивных таблиц, складывается из разных источников – это могут быть статистические сборники, метеоданные, отчеты о НИР, космоснимки и др. Например, показатели эксплуатационных запасов древесины, видового и возрастного состава древостоя могут быть получены из Отчетов лесоустроительных организаций; показатели по скорости ветра, величине солнечной активности из данных Гидрометцентра России.

Следующий шаг – создание цифровой картографической основы, т.е. формирование базовых пространственных данных. Здесь предпочтительней использовать

топографические карты масштаба не мельче 1:100000, детально отображающие абсолютные высотные отметки, изогипсы, отметки урезов рек. Чем больше таких данных, тем точнее оценка. Кроме этого необходим широкий набор тематических пространственных данных, которые для каждого конкретного региона будут различаться. В состав некоторых могут входить следующие слои: почвенно-растительный покров, гидросеть, лесничества, населенные пункты, дорожно-транспортная сеть, административные районы и т.п. Для дальнейшей оценки все пространственные данные должны быть приведены к единой системе координат с учетом проекций, искажений и уровня генерализации. Оценка ресурсов, связанных с гидрометеорологическими показателями (скорость ветра, суммарная солнечная радиация, расход воды) проводится по сети гидропостов и метеостанций, также имеющих общую пространственную привязку.

Информация заносится в атрибутивные таблицы слоев, включающих количественную характеристику пространственных объектов. Особенности и структура сформированной базы данных позволяет добавлять и изменять требуемую информацию. Для каждого региона требуется собственная база геоданных по возобновляемым природным ресурсам, которая, в зависимости от поставленных целей, обрабатывается в среде ГИС-пакета. Например, оценка пространственного перераспределения солнечной энергии по территории на основе ArcGIS 10.2. делается с помощью модуля 3D Analyst в результате построения цифровой модели рельефа (ЦМР). На основе количественного анализа ЦМР можно построить интегральную карту, отражающую поступление на поверхность солнечной радиации в зависимости от экспозиции и крутизны склонов. Если ввести в анализ характеристику подстилающей поверхности, то оценка получится более точной и информативной. Подобные инструменты позволяют в оперативном режиме моделировать речные бассейны [4], и в дальнейшем рассчитывать гидропотенциал территории.

Важным этапом проводимой оценки является процедура визуализации, которая предполагает создание серии тематических карт, отражающих как отдельные виды возобновляемых ресурсов, так и общую интегральную картину. Результатом визуализации становится районирование территории по степени обеспеченности запасами возобновляемых природных ресурсов в энергетических эквивалентах, что позволяет выделить территории с наибольшей плотностью потенциальных источников энергии.

1. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии и местным видам топлива (показатели по территориям). – М.: ИАЦ Энергия, 2007. – 272 с.
2. Yearbook of Energy Statistics, 2009 [Electronic resource]. – Англ. – Режим доступа: <http://www.slideshare.net/undes/2009-energy-statistics-yearbook>
3. Трансформация энергетических характеристик геосистем в условиях глобальных климатических изменений (на примере модельных геосистем в характерных географических зонах Сибири) [Текст]: отчет о НИР (заключ.) ИМКЭС СО РАН; рук. Поздняков А.В. – Томск, 2012. – 75 с. – № ГР. – 01201051562.
4. Кащавцева А.Ю., Шипулин В.Д. Моделирование речных бассейнов средствами ArcGIS 9.3. //Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «География». – Т. 24(63). – 2011. – №3. – С. 85-92.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИНОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ВИДОВ ОБЛАЧНОСТИ

Зуев С.В., Красненко Н.П., Карташова Е.С.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический 10/3,
zuev@imces.ru, krasnenko@imces.ru, sunny@imces.ru

Особое внимание в изучении климата территорий следует уделять механизмам взаимодействия полей облачности и радиации, поскольку климат имеет сильную чувствительность к ним [1]. При этом различные формы и виды облачности по-разному влияют на величины интенсивности приходящей к поверхности Земли прямой и рассеянной радиации, которые зависят от таких ее параметров, как количество и распределение по небосводу, высота верхней и нижней границы, вертикальная и горизонтальная протяженность и др. Каждая форма и вид облачности имеет свои характерные и обычные особенности в части их оптической толщины, которые можно разделить по признакам "просвечивающие – полупросвечивающие – непросвечивающие облака" [2], для чего удобно использовать коэффициент пропускания облачным слоем

прямой радиации $C_S = \frac{S}{S_0}$ и коэффициент изменения рассеянной радиации $C_D = \frac{D}{D_0}$,

где S и D – измеренные значения, а S_0 и D_0 – значения прямой и рассеянной радиации при безоблачном небе при той же высоте Солнца соответственно. Используя такой подход, каждый вид облачности можно описать специфическим, характерным только для нее, влиянием на прямую и рассеянную радиацию и соответственно, на коэффициенты C_S и C_D (табл. 1).

Таблица 1. Примерные значения коэффициентов C_S и C_D для различных видов облачности

№ п/п	Вид облачности	Коэффициент пропускания C_S	Коэффициент изменения C_D
1.	<i>Ci fib. Cc und.</i>	0,8 – 0,9	1,0 – 1,2
2.	<i>Ci sp. Cc cuf. Cs fib. Cs neb.</i>	0,7 – 0,8	1,0 – 1,5
3.	<i>Ac und. Ac trans. Ac cuf. Ac floc.</i>	0 – 0,6	2,5 – 5,0
4.	<i>Ac op. Ac lent. Ac inh. Ac cast. As und. trans. Sc vesp.</i>	0 – 0,5	1,2 – 2,5
5.	<i>Ac cug. Ac vir. As neb. trans. Sc trans. Sc cuf. Sc diur. Cu med. Cu cong. Cb calv. Cb cap. Cb cap. inc. Cb cap. hum. Cb cap. mam.</i>	0 – 0,3	1,5 – 2,5
6.	<i>As neb. As neb. op. As neb. pr. As und. Sc lent. Sc cast. Sc mam.</i>	0 – 0,3	1,0 – 1,5
7.	<i>As und. op. As und. pr. Sc und. St neb. St und. St fr. Cu cong. pil.</i>	0 – 0,3	1,0 – 1,2
8.	<i>Sc op. Cu hum. Cu fr.</i>	0 – 0,3	2,5 – 5,0
9.	<i>St frnb. Ns Cb calv. arc. Cb cap. arc.</i>	0 – 0,3	0,5 – 1,0

Таким образом, используя только признаки оптической толщины, влияющие на величину интенсивности прямой и рассеянной радиации, становится возможным

параметризовать различные виды облачности. Кроме амплитудных признаков, влияющих на величины интенсивности прямой и рассеянной радиации, каждый вид облачности формирует свои временные признаки, зависящие от таких морфологических характеристик, как степень неоднородности облачного поля, наличие просветов или отдельных облаков, волокнистость строения и др. Используя такие временные признаки, каждый вид облачности можно описать такими характеристиками, как время нахождения солнечного диска в открытом или закрытом (полузакрытом) состоянии и частота смены таких состояний за некоторый промежуток времени для прямой радиации, или частота изменения величины интенсивности для рассеянной радиации в зависимости от изменения оптической толщины облаков или их количества, что позволит более точно параметризовать отдельные виды облачности.

1. Зуев В.Е., Титов Г.А. Оптика атмосферы и климат. Томск: Изд-во "Спектр" ИОА СО РАН, 1996. 272 с.
2. Атлас облаков / Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), ГГО им. А.И. Воейкова ; [Д. П. Беспалов и др. ; ред.: Л. К. Сурыгина]. – С-Пб : Д'АРТ, 2011. – 248 с.

АЛГОРИТМ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СПИСКА ПРЕДИКТОРОВ В ЗАДАЧЕ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Игнатов А.В.¹, Чекмарёв А.А.¹, Петкун О.Э.²

¹ Институт географии им.В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск ул. Улан-Баторская 1,
E-mail: cvv32@yandex.ru

² Красноярский аграрный университет, г. Красноярск пр.Мира, 90

При построении прогностической модели на основе применения статистических методов число возможных предикторов предсказываемой переменной в исходных данных часто оказывается значительно больше, чем может быть включено в описание зависимости при сохранении устойчивости решения задачи. Существует два основных пути преодоления этой проблемы: агрегирование предикторов в меньшее число некоторых новых переменных [1] и выбор оптимального ограниченного списка из исходного избыточного списка предикторов [2]. Обсуждаемый здесь алгоритм относится ко второму пути решения данной задачи.

Процедура выбора оптимальной комбинации предикторов, так или иначе, сводится к проверке различных их комбинаций и выбора из них наилучшей по заданному критерию. В практических задачах полное число возможных пробных комбинаций предикторов часто оказывается очень велико. Полный их перебор практически недоступен даже при использовании современной вычислительной техники. Поэтому используются различные усеченные схемы формирования пробных комбинаций предикторов. Многие из таких комбинаций очень мало различаются между собой по значению критерия выбора оптимума. Получаемый результат также сильно зависит от исходных данных, от способа генерации пробных комбинаций предикторов, от типа математической структуры оператора описания зависимости от них прогнозируемой переменной. В итоге решение, особенно при наличии существенной взаимосвязи между предикторами, оказывается неустойчивым.

Естественная идея уменьшения названной неустойчивости состоит в вариации вызывающих ее факторов и статистическом осреднении различных полученных решений. Эта идея реализована в виде алгоритма поиска оптимальной комбинации предикторов, которая входит в качестве специальной процедуры в инструментарий программы «Стохастическое моделирование» [3].

Названная процедура работает следующим образом. Из исходных данных формируется выборка совместных реализаций прогнозируемой функции и всех возможных ее аргументов. Затем исходный список, независимо от его первоначальной длины, с применением различных процедур формирования пробных комбинаций аргументов сокращается до 21-го наиболее вероятного предиктора. Далее на основе такого ограниченного списка с использованием различных аппроксимирующих зависимость операторов формируется еще более короткий оптимальный список, удовлетворяющий выбранному критерию качества модели. Полученный результат запоминается.

Процедура многократно повторяется в цикле для каждой новой выборки. В результате выполнения этого цикла формируется список предикторов, ранжированный по частоте их встречаемости в разных моделях и на разных выборках. Такой список образуют все предикторы, которые, по крайней мере, один раз были включены в любой из промежуточных оптимальных списков.

Далее ранжированный список делится на две части по частоте встречаемости предикторов. Предикторы с относительной частотой встречаемости, превышающей некоторый заданный уровень, помечаются как обязательные для включения их в финальную модель, остальные рассматриваются как возможные аргументы прогнозируемой функции. На последнем этапе делается попытка улучшения качества

модели за счет подключения к обязательным предикторам некоторого количества дополнительных аргументов, отмеченных в ранжированном списке как возможные. Блок-схема, поясняющая работу процедуры, представлена на рис. 1.

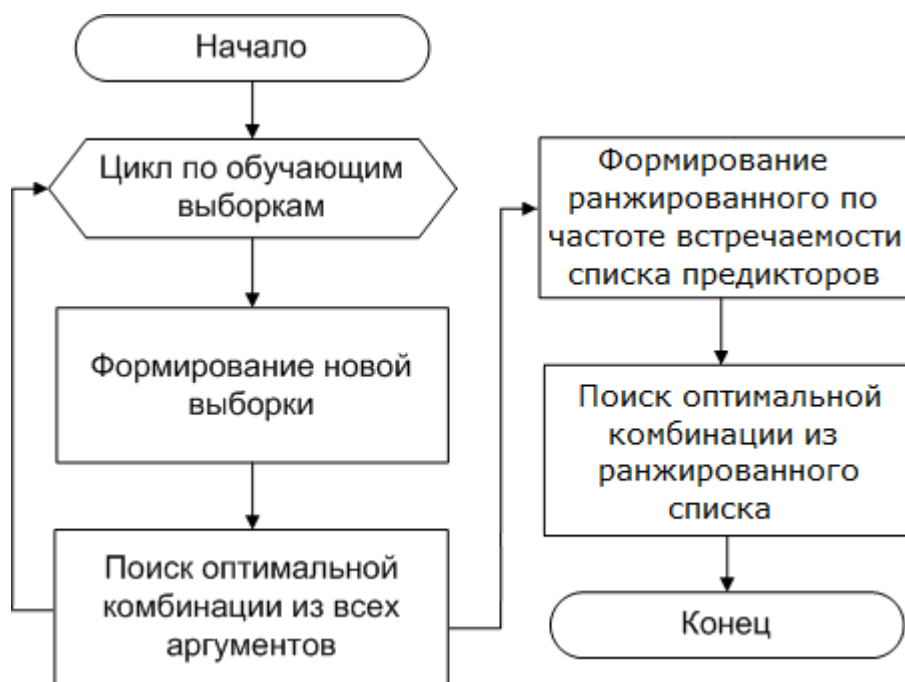


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма подбора оптимального списка предикторов на основе их предварительного ранжирования по частоте встречаемости в разных моделях

Разработанный алгоритм, проверялся на задаче по разработке модели для прогнозирования среднего притока во втором квартале года в Саяно-Шушенское и Красноярское водохранилища. В качестве потенциальных предикторов использовались характеристики состояния их водосборов, измеряемые до начала прогнозируемого периода. В исходный список возможных аргументов входило 93 переменных. Многие из них были в значительной степени коррелированы между собой. Для решения задачи применялись разные алгоритмы выбора наилучшего списка предикторов. Устойчивость решения проверялась на различных контрольных выборках. Описанный здесь алгоритм, включающий в себя построение ранжированного списка предикторов, показал наилучшие результаты по итогам сравнения прогностических расчетов с независимыми фактическими данными.

1. Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности. — М.: Финансы и статистика, 1989. — 607 с.
2. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. — М.: Статистика, 1973. — 392с.
3. Игнатов А.В., Кравченко В.В., Чекмарев А.А. Стохастическое моделирование (пакет программных инструментов для построения, исследования и применения моделей) - <http://www.irigs.irk.ru/work.html>.

ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ДАТЧИКА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

Кальчихин В.В., Кобзев А.А., Корольков В.А., Тихомиров А.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Россия, 634055, г. Томск, пр. Академический 10/3, e-mail: alexey-kobzev@mail.ru

Датчики атмосферных осадков позволяют автоматически определять наличие осадков, а также, при необходимости, время начала и окончания осадков без их накопления. Известные на сегодняшний день технические решения задачи детектирования наличия осадков можно разделить на две основные группы: это контактные и бесконтактные датчики осадков.

К контактным датчикам относят технические решения, предполагающие непосредственный контакт частиц осадков с поверхностью чувствительного элемента. Одним из первых методов детектирования осадков, является микрофонный метод, который был предложен еще в 1925 г. для определения параметров капель дождя [1]. Метод состоит в определении массы капель по величине импульса, образующегося при ударе капли о мембрану микрофона. Существует группа, так называемых, сигнализаторов осадков [2]. Принцип их работы состоит в том, что собранные воронкой жидкие осадки через ее носик выходят таким образом, чтобы капли воды кратковременно замыкали контакт между двумя электродами и, не задерживаясь, покидали систему. Другой принцип используется в устройстве, представляющем собой коробку, верхние и нижние поверхности которой подогреваются. Температура поверхностей определяется при помощи термочувствительных элементов. При отсутствии осадков верхняя и нижняя поверхность имеют одинаковую температуру. В случае выпадения осадков на верхнюю поверхность, ее температура понижается по сравнению с температурой нижней поверхности, что свидетельствует о наличии осадков. Возможная техническая реализация датчика осадков, основанного на принципе регистрации изменения проводимости. Принцип действия индикатора основан на изменении величины проводимости в зазоре между двумя проводниками, при попадании в указанный зазор жидкости [3]. Существуют контактные датчики осадков, основанные на принципе регистрации изменения емкости. Капли воды вносят изменения в диэлектрические свойства изолятора между двумя изолированными друг от друга тонкопленочными проводниками, что вызывает изменение емкости [4]. Система управления следит, когда емкость достигнет определенного уровня и в этом случае формирует сигнал «осадки». Емкостные датчики осадков выпускаются различными зарубежными коммерческими фирмами, например, фирма Vaisala [5] (Финляндия).

К бесконтактным датчикам атмосферных осадков относят технические решения, предполагающие регистрацию частиц осадков в зоне своего действия до момента их контакта с поверхностью. Существуют возможности реализации датчика осадков на основе применения различных видов излучения (оптического, акустического, микроволнового и даже радиоволн). Наиболее распространение получают оптические датчики осадков. Их принцип действия основывается на теневом методе или на регистрации рассеянного на частицах осадках оптического излучения. Теневой метод основан на регистрации фотодетектором изменения его освещенности при прохождении частиц осадков между источником и приемником оптического излучения. Данный метод реализован в датчике Precipitation sensor №441501 [6] фирмы Fisher (Германия). Принцип работы другой группы датчиков основан на регистрации величины рассеянного сигнала. Чувствительную площадку формируют на пересечении луча от источника и диаграммы направленности приемника излучения. Приемник регистрирует интенсивность излучения, а затем из общего сигнала происходит выделение импульсов, создаваемых рассеянием на

частицах осадков. К техническим решениям, в основе которых лежит измерение прямого рассеяния, относятся датчики текущей погоды PWD10 [7] фирмы Vaisala (Финляндия).

Обозначенные варианты технических решений для датчика осадков имеют свои достоинства и недостатки. Их значимость во многом определяют цели и задачи проведения измерений. Так для контактных датчиков осадков можно отметить уменьшение чувствительности, вызванное смачиванием датчика и загрязнением его поверхности. Достоинством данных датчиков является простота их изготовления, на стойки и относительно низкая стоимость. Бесконтактные методы регистрации осадков, несомненно, являются современным подходом к решению задачи мониторинга осадков, к тому же, они свободны от большинства недостатков контактных методов. Главным преимуществом бесконтактных датчиков является возможность расширения функциональных возможностей. Путем дополнительной обработки измерительной информации можно добиться расширения набора определяемых характеристик, например, за счет оценки интенсивности выпадения осадков.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ № МК-3298.2015.5.

1. Kurtyka J.C. Precipitation Measurement Study. State of Illinois, Illinois State Water Survey, Urbana, 1953. – Report of Investigation № 20. – 290 p.
2. Литвинов И.В. Осадки в атмосфере и на поверхности земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 208 с.
3. Пат. 81813 RU. МПК G 01 W 1/14. Индикатор атмосферных осадков/ Белан Б.Д., Давыдов Д.К./ № 2008141480/22, заявка 20.10.2008., опубл. 27.03.2009.
4. Пат. 77691 RU. МПК G 01 W 1/14. Электронный индикатор атмосферных осадков/ Пестунов Д.А./ №200812227/22, заявка 03.06.2008., опубл. 27.10.2008.
5. Датчик дождя Vaisala: [Электронный ресурс]: Предложение продукции. URL: <http://www.vaisala.ru/ru/products/rainandprecipitationsensors/Pages/DRD11A.aspx> (дата обращения 24.03.2015).
6. Precipitation sensor. Meteoclima: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fischer-barometer.de/meteoclima/en/products.php?line=type&cat=25&art=65> (дата обращения 24.03.2015).
7. PWD10 [Электронный ресурс]: Vaisala: Visibility sensors. URL: <http://www.vaisala.com/en/products/visibilitysensors/Pages/PWD1020W.aspx> (дата обращения: 24.03.2015).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПО ДАННЫМ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СУМАРНОЙ РАДИАЦИИ ПРИ КУЧЕВОЙ ОБЛАЧНОСТИ

Карташова Е.С., Красненко Н.П., Зуев С.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Россия, 634055, г. Томск, пр. Академический 10/3,
sunny@imces.ru, krasnenko@imces.ru, zuev@imces.ru

Лучистая энергия Солнца является практически единственным источником энергии, за счет которой совершаются атмосферные движения и происходят многие разнообразные процессы в атмосфере и поверхностных слоях земной коры. Проходя через атмосферу, лучистая энергия испытывает сложные преобразования. На пути от внешней границы атмосферы до земной поверхности происходит ее рассеяние и поглощение. Вследствие рассеяния лучистой энергии, на уровне земной поверхности наблюдается не только прямая солнечная радиация в виде параллельного пучка лучей, идущих от Солнца, но также и рассеянная радиация, падающая от всех точек небесного свода. Прямая солнечная и рассеянная радиации составляют в совокупности суммарную радиацию. Почти 98% солнечной радиации сосредоточено в коротковолновой области спектра от 0,3 до 4 мкм. В связи с этим особое значение приобретают инструментальные измерения элементов радиационного режима, определяющие баланс коротковолновой радиации [1, 2], основным из которых является суммарная радиация

$$Q = S' + D,$$

где $S' = S \cdot \sin h$ – прямая солнечная радиация S , приходящая на горизонтальную поверхность при высоте стояния солнца над горизонтом h ;

D – рассеянная солнечная радиация.

Предлагаемый способ измерения, позволяет в автоматическом режиме с помощью незатененного пиранометра получать значения прямой S и рассеянной D радиации, продолжительности солнечного сияния, а также определять коэффициент прозрачности P и фактор мутности T атмосферы по стандартным методикам, изложенным в [2, 3], без использования дополнительных приборов и оборудования. Кроме того, предлагаемая методика при необходимости дает возможность проводить коррекцию измеренной величины суммарной радиации Q согласно поверочным свидетельствам применяемых пиранометров.

Суть предлагаемого способа заключается в использовании облачности в качестве затеняющего экрана пиранометра, как естественного затенителя солнца, т.к. солнце сквозь кучевые Cu и кучево-дождевые Cb облака совершенно не просвечивает. Это возможно ввиду того, что рассеянная радиация изменяется линейно в зависимости от высоты стояния солнца и от прозрачности атмосферы и не зависит от степени покрытия облаками солнечного диска [3, 4]. Исходя из этого, используя минимальные значения суммарной радиации в утренние, вечерние часы и в полдень, соответствующие моментам, когда солнечный диск полностью закрыт облаками и прямая радиация $S = 0$ и, соответственно, $Q = D$, можно построить график параболической регрессии, который с некоторой погрешностью будет описывать суточный ход рассеянной радиации (рис. 1). В случае же, когда выделение таких точек затруднительно, можно использовать многолетние данные о рассеянной радиации при ясном небе для конкретного пункта измерения.

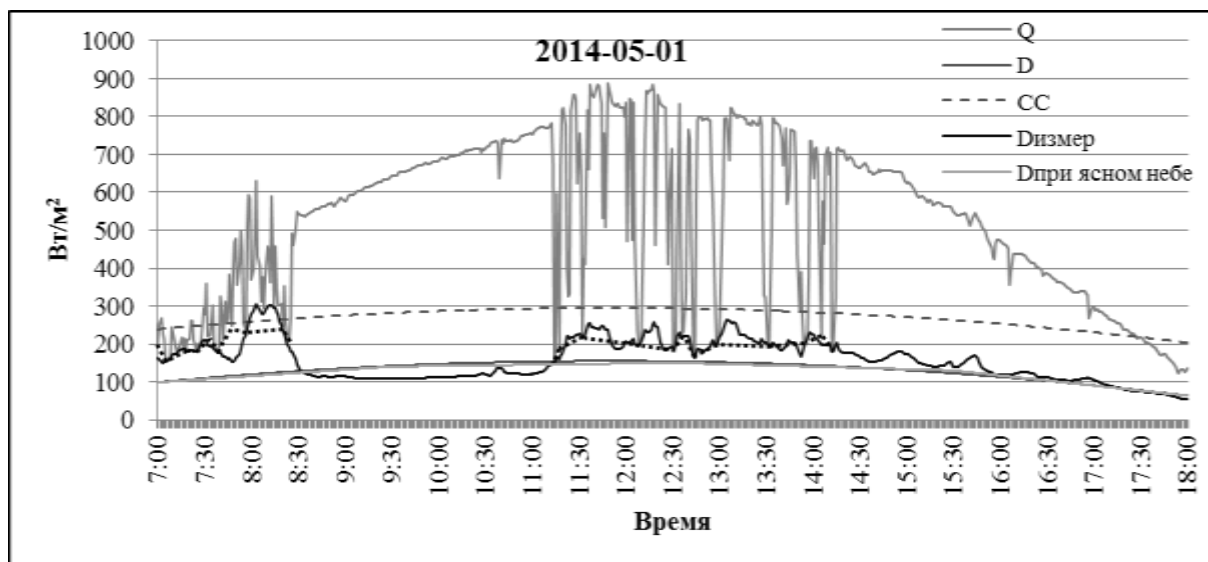


Рисунок 1. Суточный ход суммарной и рассеянной радиации

Соединяя между собой точки минимумов Q в диапазоне значений от уровня идеальной параболической регрессии D до уровня солнечного сияния $CC = D + 140 \text{ Вт/м}^2$, соответствующие полному закрытию солнечного диска кучевой Cu или кучево-дождевой Cb облачностью, с помощью кусочно-линейной или кусочно-полиномиальной регрессии можно восстановить ход рассеянной радиации при открытом солнце.

1. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1968. 232 с.
2. Руководство гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям / Под ред. Г.П. Гущина, Е.П. Барашковой. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 224 с.
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Метеорологические наблюдения на станциях. Часть I / Под ред. Г.И. Слабковича. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 301 с.
4. Атмосфера. Справочник (справочные данные, модели) / Под ред. Ю.С. Седунова. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 511 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ТОЛЩИНЫ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ОЛИГОТРОФНОГО БОЛОТА С ПОМОЩЬЮ ГЕОРАДАРА «ОКО-2»

Клоков А.В.¹, Мироньчев А.С.¹, Дюкарев Е.А.², Смирнов С.В.²

¹Томский государственный университет, г. Томск, пр. Ленина, д. 36,
701-kav@mail.tsu.ru

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, пр. Академический, д. 10/3, egor@imces.ru

В работе проведено исследование мощности торфяной залежи олиготрофного болота «Тимирязевское», а также пространственного распределения снежного покрова в конце зимнего периода. Для оценки глубины торфяной залежи и высоты снежного покрова использовался георадар «ОКО-2». Данные, полученные георадаром, сравнивались с данными прямых измерений (зондирования) глубины торфа и снегомерной съёмки. В летнее время на Тимирязевском болоте было пробурено более 60 зондировочных скважин и сделано более 30 описаний растительности. Площадь болота составляет 14,4 га, из них 25 % занимает осоково-сфагновая топь, большая часть территории занята рямом около 70 % и лишь небольшая часть на границах между рямом и топью представлена рямово-мочажинными комплексами. Средняя мощность торфяной залежи для всего болота составляет 4 м, с максимальной глубиной 8 м. [1].

Для оценки глубины торфяной залежи и обеспечения высокой проникающей способности был выбран большой антенный блок АБ-90 георадара «ОКО-2». Антенна имеет среднюю частоту спектра излучения 90 МГц и амплитуду импульса 700 В. Перемещение геолокатора по поверхности болота производилось с помощью снегохода на мягкой сцепке. Для детальной прорисовки рельефа дна болота шаг сканирования был выбран 5 см. Общая длина профиля составила 425 м. Для выбора развертки по глубине был произведен ряд тестовых замеров с разной длительностью временного окна и в результате выбрана оптимальная развертка – 400 нс. Для повышения контрастности эхограммы было учтено экспоненциальное ослабление излучения с глубиной при проникновении в среду исследования. Коррекция этого ослабления путём перенормировки всех измеренных сигналов на усредненное экспоненциальное убывание позволила выровнять между собой вклад всех слоев и тем самым повысить контрастность эхограммы.

На рис. 1 виден характерный рельеф минерального дна болота. На участке от 210 до 320 м наблюдается выраженное повышение дна болота. Сильное отражение на участках 0–100 и 320–400 м, соответствующее времени от 50 до 130 нс, говорит о незамерзшей воде в слое торфа. В данном месте в болотной толще присутствует водяная линза мощностью 0,5–2 м перекрытая сплавной из сфагновых мхов и переплетённых корней трав.

Прямые измерения глубины торфяной залежи были выполнены летом 2011 г. с помощью торфяного бура. По данным 60 измерений глубины торфа и оконтуривания границ болота по космоснимку была построена карта рельефа минерального дна болота [1]. На основе этой карты были получены значения глубины торфа вдоль трека зондирования георадаром. На рис. 2 приведено сопоставление данных бесконтактного и контактного методов измерения глубины торфяной залежи. Как видно, наблюдается достаточно хорошее совпадение. Данные георадара показывают микрорельеф минерального дна болота, обнаруживая даже мелкие неровности, которые невозможно обнаружить контактным способом.

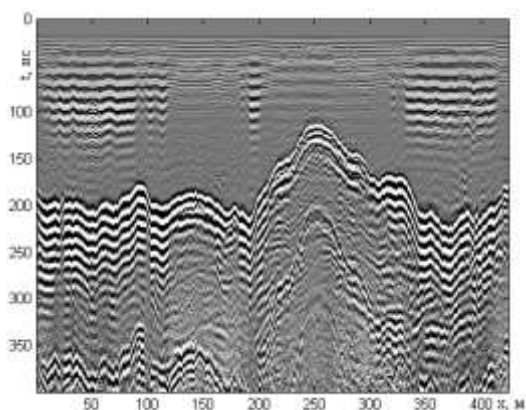


Рисунок 1 – Данные зондирования торфяной залежи с учётом экспоненциального ослабления сигнала.

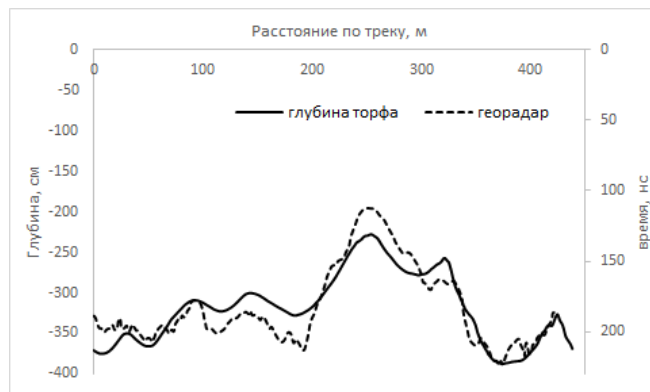


Рисунок 2 – Сопоставление данных измерений глубины торфозалежи с помощью георадара и торфяного бура.

Для оценки толщины снежного покрова использовался малый антенный блок АБ-1700 георадара «ОКО-2». Антенна имеет среднюю частоту спектра излучения 1700 МГц, максимальную разрешающую способность по глубине 0,03 м. Траектория движения, шаг сканирования и общая длина профиля остались такими же, что и при определении глубины торфяной залежи. Развертка по глубине выбрана равной 16 нс. Процедура обработки данных аналогична применяемой при определении глубины болота. Используя данные зондирования толщины снежного покрова можно восстановить рельеф поверхности болота. Это связано с тем, что зимой снег ложится ровным слоем, образуя практически плоскую горизонтальную поверхность. Следует учесть, что полученная глубина снега на 15 см ниже реальных значений, вследствие уплотнения снега под снегоходом.

Сопоставление замеров высоты снега традиционным способом и с использованием георадара показало хорошее согласование. Высота снега на исследуемом болоте изменялась от 50 до 80 см. Верхний слой 9–12 см – это рыхлый, свежеснеживший снег. Под ним располагался плотный наст толщиной 10 см. В центральной части болота под снегом наблюдался 4–8-см слой воды. Поверхность болота под снегом находилась в виде льда или мерзлого торфа толщиной от 8 до 30 см, глубже торф был незамерзшим и насыщенным водой. Плотность снега, определённая весовым методом с помощью снегомера ВС-43, составила 230 и 170 кг/м³ в начале (330-й метр на профиле) и конце (415-й метр) трассы снегосъёмки соответственно.

Проведённое исследование показало высокую корреляцию обнаруженных особенностей структуры болота «Тимирязевское» и мощности снежного покрова по данным геолокационных и контактных измерений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 13-05-98048 «Оценка современного ресурсного потенциала болот и скорости возобновления торфяных ресурсов Томской области по данным наземных и спутниковых наблюдений») и в рамках программы повышения конкурентоспособности Национального исследовательского Томского государственного университета (проект № 13-02-98032 «Разработка физических и математических основ радиоволновой подповерхностной томографии для комплексного анализа земных покровов в геофизике» (2013–2015 гг.)).

1. Головацкая Е. А., Дюкарев Е. А., Смольянинов Е. Е. Ландшафтно-экологическая характеристика олиготрофного болота «Тимирязевское» // Современные проблемы генезиса, географии и картографии почв: V всерос.конф. 2011 г. Томск: ООО «Копи-М», 2011. С. 282–285.

2. Якубов В. П., Шипилов С. Э., Суханов Д. Я., Клоков А. В. Радиоволновая томография: достижения и перспективы. Томск: НТЛ, 2014. 264 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОДНОМ СЛОЕ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ КОНВЕКТИВНОЙ ОБЛАЧНОСТИ ЗИМОЙ

Кобранова А.А.¹, Морозов В.Н.², Нагорский П.М.³, Пустовалов К.Н.³

¹НИ Томский государственный университет, г. Томск,

²Главная геофизическая обсерватория им. Воейкова, г. С.-Петербург

³Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск

Одним из важнейших внешних параметров, управляющими электропроводностью ($\lambda_{\pm}$) приземного слоя атмосферы являются осадки, которые осаждают атмосферный аэрозоль и ДПР радона. Во время метелей, выпадения осадков в виде ливневого снега зарегистрировано как возрастание напряжённости электрического поля, так и его уменьшение. При прохождении мощной конвективной облачности одним из выявленных видов являются согласованное уменьшение числа легких ионов обеих полярностей зимой [1]. Возможной причиной уменьшения $\lambda_{\pm}$ является выпадение осадков в виде ливневого дождя и снега. В этом случае систему уравнений, описывающих динамику числа легких ионов, следует записать в следующем виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial n_{1,2}}{\partial t} \pm b_{1,2} \frac{\partial}{\partial z} (E(t)n_{1,2}) - \frac{\partial}{\partial z} \left(D_T(z) \frac{\partial n_{1,2}}{\partial z} \right) &= q(z,t) - \alpha n_1 n_2 - \eta n_{1,2} N_0, \\ \frac{\partial E}{\partial z} &= 4\pi e(n_1 + N_1 - n_2 - N_2), \end{aligned} \quad (1)$$

где η – коэффициент взаимодействия легких ионов и гидрометеоров (коэффициент коагуляции); $N_0 = N_0$, $N_{1,2}$ – концентрация нейтральных и заряженных гидрометеоров, $\eta=10^{-4}$ м³/с; $D_T=(Kz+\gamma)/(z+\beta)$ – коэффициент турбулентной диффузии ($K=5$; $\gamma=5 \cdot 10^{-5}$ м³/с; $\beta=10$ м); $b_{1,2}$ – подвижность ионов; $\alpha(z)$ – коэффициент рекомбинации легких ионов. Концентрация выпадающих осадков определялась по соотношению:

$$N(z,t) = \begin{cases} N_c \cdot \left[1 - \left(z - (z_c - V_c t) \right)^2 / \Delta z_c^2 \right]^2, & \left| (z - (z_c - V_c t)) / \Delta z_c \right| < 1, \\ 0, & \left| (z - (z_c - V_c t)) / \Delta z_c \right| > 1, \end{cases} \quad (2)$$

где $N_c=10^2$ м⁻³ – максимальная концентрация в центре снежного заряда; $z_c=1,8$ км – высота первоначального расположения снежного заряда; $\Delta z_c=0,4$ км – полутолщина снежного заряда; $V_c = 50$ м/мин – скорость падения снежинок. Поскольку частицы осадков являются проводящими, то электростатическая индукция будет способствовать коагуляции, а величина $\eta=\epsilon_1\epsilon_2$ будет определяться произведением вероятности столкновения ϵ_1 на вероятность их слияния ϵ_2 . Из-за конечности размеров возможно зацепление мелкой частицы за крупную. Эффект зацепления играет основную роль при вымывании $n_{1,2}$.

Представленные в [1] результаты моделирования получены в предположении, что основной источник поступления легких ионов в атмосферу постоянен и не зависит от высоты. Рассмотрим изменения $n_{1,2}$ при совместном воздействии вариаций поля E ; вымывания $n_{1,2}$ осадками и вариаций источников ионизации. Представим ионизацию атмосферы радионуклидами в виде $q(z,t) = q_s(z) + q_v(z,t)$. Стационарную часть представим в виде: $q_s(z) = q_0 + C_a \cdot e^{(-z/\Delta z_a)} + C_b \cdot e^{(-z/\Delta z_b)}$, где $C_a = 5q_0$; $C_b = 3q_0$; $\Delta z_a = 20$ м; $\Delta z_b = 200$ м; а вариативную – в виде:

$$q_v(z,t) = \begin{cases} C_0 \cdot \left[1 - \left(z - (z_{\text{и}} - V_{\text{и}}t) \right)^2 / \Delta z_{\text{и}}^2 \right]^2, & \left| (z - (z_{\text{и}} - V_{\text{и}}t)) / \Delta z_{\text{и}} \right| < 1, \\ 0, & \left| (z - (z_{\text{и}} - V_{\text{и}}t)) / \Delta z_{\text{и}} \right| > 1, \end{cases} \quad (3)$$

где $C_b = 2q_0$; $\Delta z_{\text{и}} = 500$ м; $z_{\text{и}} = 1,5$ км, $V_{\text{и}} = 60$ м/мин – скорость осаждения ДПР.

Серия нормированных на невозмущенное значение $n_{\infty} = \sqrt{q_0 / \alpha}$ вертикальных разрезов концентрации n_1 и n_2 с тактом 10 минут построена на рис. 1.

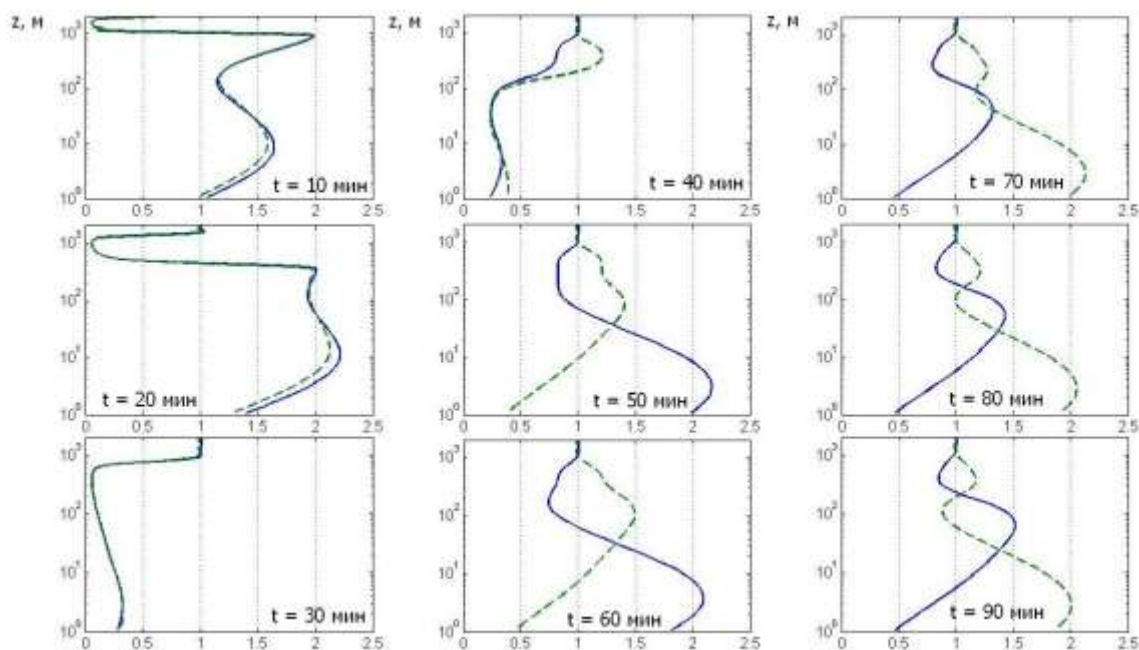


Рисунок 1. Нормированные вертикальные разрезы концентрации легких ионов

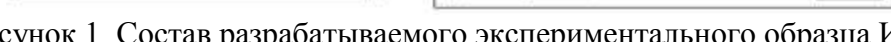
Если под воздействием электрического поля происходят противофазные изменения в n_1 и n_2 , а воздействие осадков приводит к согласованному исчезновению легких ионов обеих полярностей [1], то перенос и распад в атмосфере ДПР приводит к согласованному росту n_1 и n_2 . Учет в модели вышеперечисленных факторов позволит разделить эффекты их воздействия на приземную атмосферу во время зимних гроз. Приведенный рисунок наглядно иллюстрирует совместное воздействие на формирование и динамику электродного слоя вариаций электрического поля E , вымывания легких ионов осадками, стационарной и вариативной частей ионизирующей радиации.

Модельный эксперимент по воздействию основных факторов на электрическое состояние приземной атмосферы наглядно иллюстрирует сложность и возможную неоднозначность в динамике электрической структуры приземной атмосферы во время одного из наиболее быстропротекающих и опасных природных явлений.

1. Nagorskiy P. M., Morozov V.N., Pustovalov K.N., Ryazanov A.A., Smirnov S.V. Winter Convective Clouds and Unstationary Electrode Layer // XV International Conference on Atmospheric Electricity, June 15–20, 2014, Norman, Oklahoma, USA, Proc., 4 p. http://www.nssl.noaa.gov/users/mansell/icae2014/preprints/Nagorskiy_202.pdf

2. Нагорский П.М., Морозов В.Н., Смирнов С.В., Пустовалов К.Н. Электродный слой в электрическом поле мощной конвективной облачности // Известия вузов. Радиофизика. 2013. Т. 56. № 11. С. 853–863.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Академический



АПС, необходимые для определения типа стратификации и восстановления вертикальных профилей.

Удаленность друг от друга и количество комплексов ДУМК с одной стороны определяется масштабом территории, с другой - ограничивается наличием корреляции станций между собой. Кроме того в состав стационарного измерительного комплекса планируется включить датчики радиационного фона и оптический измеритель осадков (ОПТИОС), основанный на теневом методе измерения параметров осадков.. Этот метод обладает высокой чувствительностью измерения количественных характеристик осадков, а также позволит определять их структурные характеристики.

В состав МИК помимо ДУМК и ОПТИОС входит оборудование для контактного измерения профилей метеовеличин и анализа газовых примесей в атмосфере. Для подъема метеодатчиков на необходимые высоты используются беспилотные летательные аппараты (БПЛА) гексакоптерного типа и привязной аэростат. Возможная высота подъема аэростата – 1500 м.

Система экологического мониторинга включает в себя мобильную многокомпонентную оптическую систему газоанализа (МОСГ/м) в которую входит газоанализатор на эффекте спонтанного комбинационного рассеяния (СКР). Для измерения концентрации паров ртути в атмосфере используется анализатор на основе поперечного эффекта Зеемана. МОСГ/м будет измерять концентрации следующих газов: CO₂, CO, NO, NO₂, CH₄, CH₃OH, SO₂, NH₃, HCHO, C₆H₅CH₃, бензол. Все компоненты системы оборудуются контроллером сбора и обработки данных (КСОД) на основе промышленных компьютеров. КСОД получает данные от ДУМК, ОПТИОС, ПЭМС, ПУМС, МОСГ/м, производит их предварительную обработку и обеспечивает передачу обработанных данных в модуль приема и подготовки данных центра обработки данных (ЦОД).

ЦОД обеспечивает, помимо накопления и обработки данных, их визуализацию. Программная часть включает модуль приема и подготовки метеоданных от КСОД, модуль выдачи данных ИВС по запросам внешних клиентских программ, модуль визуализации данных ИВС, модуль сверхкраткосрочного временного прогнозирования метеорологических характеристик АПС, базу данных хранения измеренных метеорологических и экологических параметров АПС.

Данная концепция измерительно-вычислительной системы, на основе использования существующих алгоритмов обработки данных непрерывных измерений, может обеспечить контроль поля метеорологических параметров как на пространстве, ограниченном пунктами расположения станций, так и его восстановление (экстраполяцию) на пространстве находящемся за пределами сети – на внешней, "метеорологически неосвещенной" территории в любом заданном направлении.

Работа поддержана Соглашением № 14.607.21.0030 (уникальный идентификатор ПНИ RFMEFI60714X0030) в рамках ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы".

1. Государственный экологический мониторинг в Москве. URL: <http://www.mosecom.ru/about/mosecom> (дата обращения 10.03.2015).

1. Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Смирнов С.В. Концепция сетевого мониторинга природно-климатических процессов в Сибири // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24. № 1. С. 7-14.
2. Комаров В.С., Богушевич А.Я., Ильин С.Н., Креминский А.В., Попов Ю.Б., Попова А.И. Автоматизированная метеорологическая система для оперативной обработки аэрологической информации, диагностики и прогноза параметров состояния атмосферы в области мезомасштаба. Часть 1. Описание структуры системы // Оптика атмосф. и океана. 2005. Т. 18. № 8. С. 699-707.

3. Богомоллов В.Ю., Богушевич А.Я., Гордов Е.П., Корольков В.А., Крупчатников В.Н., Тихомиров А.А. Информационно-измерительная система для регионального мониторинга и прогноза опасных метеорологических явлений // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24. № 1. С.52-59.

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРЫ НА ОГРАНИЧЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

*Красненко Н.П.^{1,2}, Бугаева Д.А.¹, Клименко А.Н.¹, Попова К.Ю.²,
Раков А.С.¹, Раков Д.С.¹*

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3;

²Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40;
e-mail: krasnenko@imces.ru

В докладе приводятся результаты разработки, создания и использования макета информационно-измерительной системы мониторинга атмосферы в виде аппаратно-программного комплекса (АПК) пространственного и временного прогнозирования турбулентности и температурно-ветровых полей в приземном и пограничном слоях атмосферы, работающего на основе данных получаемых с макетной сети распределенных по территории дистанционных метеорологических измерителей (содаров и других). АПК состоит из серверной станции, программно-алгоритмического комплекса (ПАК), макетной сети дистанционных измерителей и канала передачи данных.

Структурная схема аппаратно-программного комплекса показана на рис.1.

Даны характеристики разработанной макетной сети метеорологических измерителей, основу которых составляют содары (акустические локаторы), программно-алгоритмического комплекса (ПАК), сервера. В АПК используются два вида ПАК: ПАК-1, работающий на основе модели WRF – Weather Research and Forecasting и ПАК-2, работающий на основе динамико-стохастической модели с использованием линейной фильтрации Калмана. С ними проведена апробация работы АПК. Описан способ передачи данных от измерительных точек сети к серверу. Приведены результаты натурных испытаний работы АПК.

Макетная сеть дистанционных и локальных метеорологических измерителей состоит из разнесенных в пространстве трех измерительных точек (станций - ИС), каждая из которых содержит метеорологическое оборудование для измерения параметров приземного и пограничного слоев атмосферы и систему передачи измеряемых данных на сервер. Пункты измерений расположены в районе г. Томска с максимальным удалением до 23 км. Сервер располагается в корпусе ИМКЭС СО РАН. Он принимает данные с измерительной сети и обрабатывает полученную информацию с помощью программно-алгоритмического комплекса (ПАК).

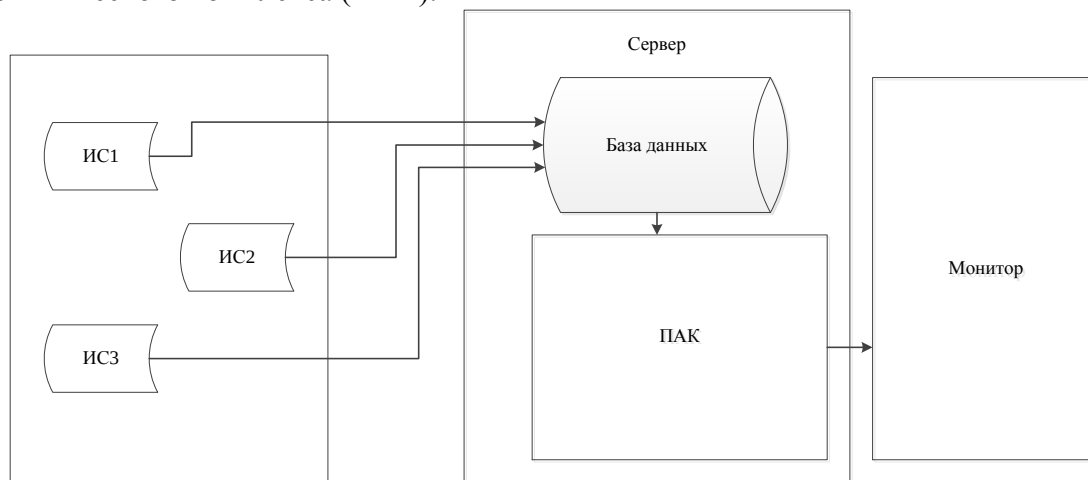


Рисунок 1. Структурная схема АПК

В каждой точке макетной сети дистанционных и локальных метеорологических измерителей проводятся измерения необходимых метеорологических величин. После этого по каналам системы передачи данных результаты измерений передаются на сервер, где аккумулируются в хранилище данных. Переданные данные из хранилища с помощью программного модуля загружаются в ПАК, где происходит их дальнейшая обработка. Результаты расчета данных отображаются на мониторе. Каждая точка макетной сети оснащена различными метеоизмерителями. Общее, что есть в этих точках это наличие трехкомпонентного доплеровского содара, который выполняет основные измерительные функции. Все остальные метеорологические измерители необходимы для текущего контроля метеорологических параметров.

Программно-алгоритмический комплекс ПАК-1, разработки ИФА РАН, обеспечивает усвоение характеристик подстилающей поверхности, приземных метеопараметров, данных акустического и микроволнового зондирования от сети наземных пунктов с последующей пространственной интерполяцией. Комплекс предназначен для численного восстановления, пространственного и временного прогнозирования турбулентности, температуры и скорости.

Проведенная проверка функционирования программно-алгоритмического комплекса ПАК-1 показала, что применение процедуры усвоения данных дистанционного зондирования о скорости и направлении ветра приводит к улучшению точности прогноза поля ветра до ± 2 м/с. Для достижения больших показателей точности восстановления для расстояний до 100 км на необходимо использование в модели ПАК-1 данных о профиле температуры и приземных параметрах атмосферы.

Программно-алгоритмический комплекс (ПАК-2), реализующий динамическую стохастическую модель, разработан в виде многофункциональной профессионально-ориентированной вычислительной системы, обеспечивающей решение следующих функциональных задач:

- пространственной экстраполяции (интерполяции) температуры, турбулентности, составляющих скорости ветра и мезомасштабных ветровых сдвигов в приземном и пограничном слоях атмосферы, осуществляемой по результатам оперативного дистанционного акустического зондирования, в точку с заданными координатами, расположенную на неосвещенной данными наблюдений, территории;
- сверхкраткосрочного (с заблаговременностью до 12 ч.) прогноза параметров состояния атмосферы (температура, турбулентность, составляющие скорости ветра), выполняемого на основе оперативных данных дистанционного акустического зондирования для заданного района;
- пространственной экстраполяции вертикального профиля метеорологической величины с восстановлением значений на высотных уровнях, где данные измерений искажены или отсутствуют.

ПАК-2 позволяет восстанавливать и прогнозировать поля метеорологических параметров – скорости ветра (3 компоненты), температуры, турбулентности.

НОВЫЕ ДАТЧИКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В АТМОСФЕРНО-ПОЧВЕННОМ ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ (АПИК)

Кураков С.А

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический, д. 10/3, e-mail: ksa@imces.ru

За последние 2-а года АПИК не только трудился на благо науки в полях, болотах и водоёмах [1...6], но и развивался и совершенствовался. Был получен патент на «Датчик высоты снежного покрова» [7], продолжилось совершенствование алгоритма измерения толщины как всего снежного пласта, так и его слоёв. Также был подключён и проверен ультразвуковой датчик аналогичных измерений, закреплённый на нашем оригинальном держателе.

Отработаны технологии изготовления различных типов термокос для грунта, воды и льда.

Апробирован собственный простой способ бурения каменистых и мерзлотных грунтов.

Пиранометр суммарной солнечной радиации доработан и прошел сравнительные испытания.

Использование герметичных разъёмов сделало АПИК более унифицированным и удобным в эксплуатации. Разработка телескопических ног к мачтам позволяет теперь устанавливать оборудование на уклонах 45 и более градусов.

Новая конструкция и схемотехника датчика проводимости существенно повысила точность измерения.

Датчик атмосферного давления заменяется на следующую модель с более высокими разрешающими и точностными характеристиками.

Испытания измерителя РН показывают обнадеживающие результаты возможности длительной (полугодовой) непрерывной необслуживаемой эксплуатации.

Проверена возможность подключения недорогих датчиков влажности грунта и PAR производителя Decagon Devices.

Успешная эксплуатации регистраторов GSM-модификаций позволила начать их массовый выпуск. Планируется их использование в нескольких системах прогноза чрезвычайных ситуаций. Появилась возможность использования видеокамер.

Опыт и предыдущие наработки нашли применение в изготовлении оборудования в рамках федеральной целевой программы RFMEFI60714X0030, это портативная электронная метеостанция, устанавливаемая на беспилотных летательных аппаратах и наземные измерители температуры и влажности воздуха.

1. Зуев В.В., Суторихин И.А., Шелехов А.П., Кураков С.А., Залаева У.И. Измерительный комплекс для регистрации параметров окружающей среды на водном объекте // Ползуновский вестник. 2014, № 2. С. 188-190.

2. Зуев В.В., Суторихин И.А., Кураков С.А., Залаева У.И. Сезонная динамика гидрофизических и метеорологических параметров, регистрируемых автоматизированным комплексом на бессточном озере. Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: труды II Всероссийской научной конференции с международным участием: 2 т. – Барнаул, 2014. –Т. II. С. 109-115.

3. Зуев В.В., Суторихин И.А., Кураков С.А., Залаева У.И. Установление и сход снежного покрова в период 2013-2014 на оз. Красиловское. Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: труды II Всероссийской научной конференции с международным участием: 2 т. – Барнаул, 2014. –Т. II. С. 116-121.

4. Зуев В.В., Суторихин И.А., Кураков С.А., Залаяв У.И. Автономный измерительный комплекс для оценки и регистрации параметров окружающей среды на водном объекте. Современные достижения и проблемы в области изучения окружающей среды. [Текст]: Материалы Всероссийской молодёжной научной-практической конференции с международным участием: – Барнаул, 1-8 августа 2014. – С. 6-9.
5. Зуев В.В., Суторихин И.А., Кураков С.А., У.И. Янковская. Автоматизированный измерительный комплекс для мониторинга гидрофизических параметров. Аэрозоли Сибири. Материалы XXI Рабочей группы. Томск, 2014. С. 70.
6. Blyakharchuk, T., Zuev, V., Kurakov, S., Loiko, S., Sutorikhin, I., Kharlamova, N., Shelekhov, A., Blyakharchuk, P. COMPLEX PALEOLIMNOLOGICAL AND HYDROMETEOROLOGICAL INVESTIGATION OF KRASOLOVSKOE LAKE // Paleolimnology of Northern Eurasia. Proceedings of the International Conference. Petrozavodsk, 21–25 September, 2014 / Eds. Dmitry Subetto, Tatyana Regerand, Anastasiya Sidorova. Petrozavodsk: Karelian. Research Centre RAS, 2014. p. 12-14.
7. Датчик высоты снежного покрова. Патент на изобретение №2542598 от 22.01.2015. Патентообладатель: ИМКЭС СО РАН, автор: Кураков С.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЫЛИ В ОКОРСТНОСТЯХ ИСКИТИМСКОГО ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА ПО ДАННЫМ НАЗЕМНЫХ И СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Леженин А.А.¹, Рипута В.Ф.¹, Ярославцева Т.В.²

¹Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, г. Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, д. 6, lezhenin@ommfao.sccc.ru

²Новосибирский НИИ гигиены Роспотребнадзора, 630108, г. Новосибирск, ул. Пархоменко, д. 7, tani-ta@list.ru

Производство цемента сопровождается выбросами в атмосферу как твердых, так и газообразных загрязняющих веществ, оказывающих неблагоприятное влияние на здоровье населения. В составе выбросов, в основном, присутствует неорганическая пыль, окислы азота, серы, углерода, бенз(а)пирен. Город Искитим расположен в юго-восточной части Новосибирской области в 55 км от областного центра – города Новосибирска. Цементный завод находится в северной части города.

В докладе обсуждаются результаты натурных исследований загрязнения снежного покрова неорганической пылью в окрестностях предприятия по производству цемента в конце зимних сезонов 2013 и 2014 г.г.[1]. На основе численной реконструкции поля выпадений показано существование устойчивых количественных закономерностей содержания пыли в снежном покрове по радиальным относительно основного источника направлениям. Восстановлено суммарное поле выпадений пыли и проведена оценка выбросов в атмосферу в рассматриваемом зимнем сезоне.

Использование асимптотик полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии и статистических свойств распределения скорости ветра и вертикального турбулентного обмена в приземном слое атмосферы позволяет выразить плотность выпадений полидисперсной примеси за длительный промежуток времени в виде следующей регрессионной зависимости [2]

$$\bar{q}(r, \varphi) = \frac{\theta_1}{r^{1.5}} P(\varphi + 180^\circ) \exp\left(-\frac{c}{r}\right) \int_0^\infty \frac{\omega^{\theta_2} \exp(-\theta_3 \omega)}{\Gamma(1 + \omega)} \left(\frac{c}{r}\right)^\omega d\omega, \quad (1)$$

где r, φ - полярные координаты, $P(\varphi)$ - приземная роза ветров; $\Gamma(m)$ - гамма-функция Эйлера, $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ - неизвестные параметры, определяемые по данным наблюдений. Результаты численного моделирования представлены на рис. 1. и рис. 2а.

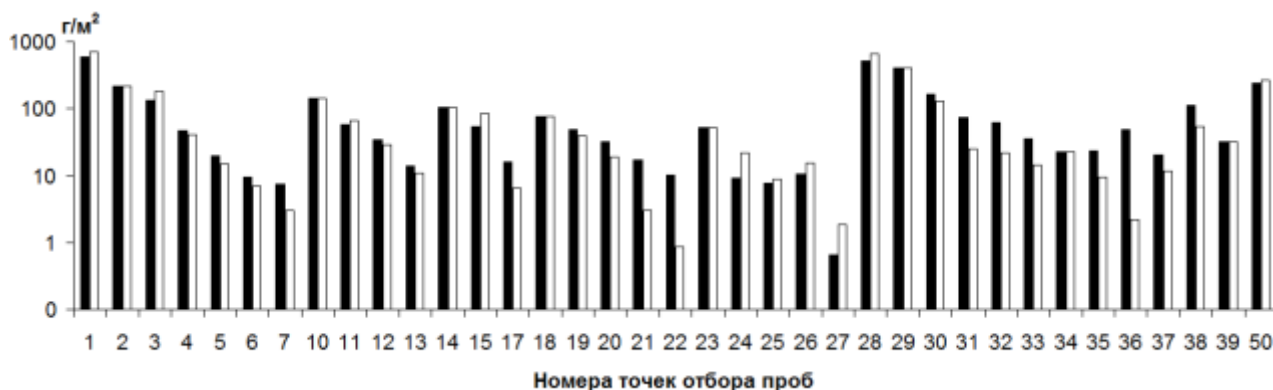


Рисунок 1. Измеренные (■) и восстановленные (□) на основе зависимости (1) выпадения неорганической пыли (г/м²) в точках отбора проб снега

С использованием данных метеорологических наблюдений и спутниковых снимков загрязнения снежного покрова установлено существенное влияние рельефа местности на формирование полей выпадения пыли от высотных труб Искитимского цементного завода. Из анализа рис. 2. вытекает, что, несмотря на преобладание юго-западных и южных ветров, измеренных на метеостанции г. Искитим, основные выпадения пыли произошли в направлении на северо-запад, вдоль долины р. Бердь. Это означает, что в данном случае формальное использование данных с метеостанции в общепринятых методиках расчета полей загрязнений, например ОНД-86, приведет к ошибочным результатам.

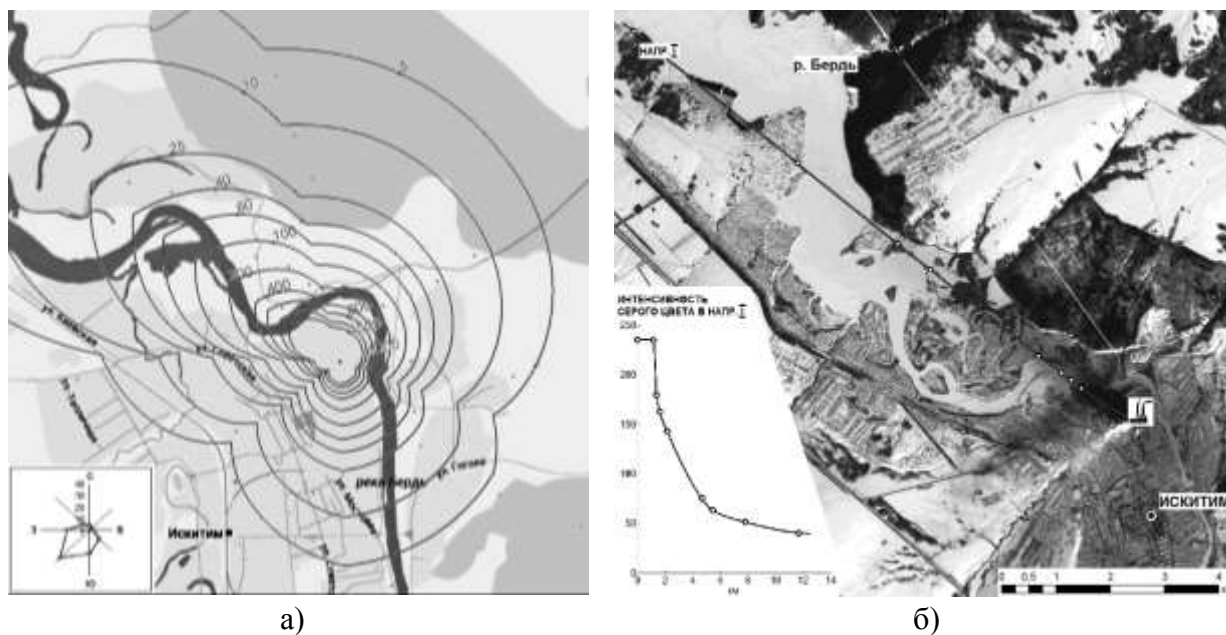


Рисунок 2. Восстановленное поле плотности выпадений неорганической пыли (г/м^2) в окрестностях Искитимского цементного завода по данным наблюдений (а). Спутниковый снимок окрестностей завода от 7 февраля 2014 г. (ИСЗ «Landsat-8») (б)

Полученные закономерности позволили определить величину суммарного выпадения неорганической пыли за рассматриваемый зимний от выбросов в атмосферу на разном расстоянии от цементного производства. Суммарное содержание неорганической пыли в снеге на территории в радиусе 1 км от основных источников выброса ОАО «Искитимцемент» составило 626 тонн. И соответственно в радиусе 2 км – 875 тонн, в радиусе 3 км – 942 тонны, в радиусе 4 км – 969 тонн. Полученные оценки суммарных выпадений существенно расходятся с данными инвентаризации валовых выбросов пыли цементным заводом, проведенной в 2012 г. Согласно этим данным валовый выброс пыли должен был составить в зимнем сезоне 2012/13 г. порядка 100 тонн.

1. Щербатов А.Ф., Рапута В.Ф., Турбинский В.В., Ярославцева Т.В. Оценка загрязнения атмосферного воздуха пылью по данным снегосъемки на основе реконструкции полей выпадений // Анализ риска здоровью. 2014. № 2. С. 42-47.
2. Рапута В.Ф. Численная реконструкция радиоактивного загрязнения местности от аварии на радиохимическом заводе в Томске – 7 // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т. 25., № 8. С. 733-737.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СКР-ГАЗОАНАЛИЗАТОР С ПОВЫШЕННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ «СКР-03»

Петров Д.В., Матросов И.И., Тихомиров А.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, Томск, пр. Академический 10/3, E-mail: dpetrov@imces.ru

В условиях нарастающего техногенного загрязнения атмосферы возрастает роль газоаналитических приборов для мониторинга промышленных выбросов предприятий черной и цветной металлургии, электроэнергетики и ряда других производств, являющихся крупнейшими точечными источниками загрязнения воздуха. Одним из наиболее перспективных направлений в создании универсальных газоанализаторов, способных контролировать все молекулярные составляющие газовой среды является использование явления спонтанного комбинационного рассеяния света (СКР). Однако, следует отметить, что ввиду проблем, связанных с крайне низкой интенсивностью полезных сигналов, серийно, такие газоанализаторы серийно ни отечественной, ни зарубежной промышленностью в настоящее время не выпускаются и успехи в области СКР-газоанализа ограничиваются только отдельными публикациями [1, 2].

Решая задачи технического увеличения интенсивности сигналов СКР, и, соответственно, улучшения чувствительности СКР-газоанализатора, в лаборатории экологического приборостроения ИМКЭС СО РАН разработана третья модификация СКР-газоанализатора «СКР-03». В его основу положена классическая геометрия наблюдения рассеянного света под углом 90° от оси, вдоль которой распространяется возбуждающее линейно поляризованное лазерное излучение. Источником возбуждения комбинационного рассеяния света в данной системе является малогабаритный DPSS-лазер, генерирующий непрерывное излучение мощностью до 1 Вт на длине волны $\lambda = 532$ нм. Для сбора рассеянного света из лазерной перетяжки, формируемой положительной линзой в центре газовой кюветы, используется светосильный фотообъектив Canon EF 50 mm f/1.2 обеспечивающий угол сбора до 0,6 ср. Для регистрации сигналов СКР используется высокочувствительная ПЗС-матрица Hamamatsu S10141 с охлаждением Пельтье до -10°C .

Для миниатюризации макета СКР-газоанализатора был разработан и изготовлен малогабаритный спектральный прибор «МКР-1», ориентированный непосредственно на регистрацию спектров СКР. При разработке оптической схемы такого прибора была использована идеология классической схемы Черни-Турнера, однако для повышения компактности «МКР-1» в качестве камерного объектива вместо зеркала был использован фотообъектив. Помимо этого, характерной особенностью данной оптической схемы является тот факт, что в ней используется уменьшение изображения входной щели на выходе прибора [3, 4]. Это достигается тем, что фокусное расстояние используемого камерного объектива (f_2) в несколько раз меньше фокусного расстояния коллиматорного объектива (f_1).

Габаритные размеры «МКР-1» составляют всего $\sim 300 \times 200 \times 100$ мм при весе около 5 кг. Помимо этого, стоит отметить, что при его изготовлении были использованы не дорогостоящие зеркала, а простые, недорогие и коммерчески доступные компоненты. За счет оптимизации параметров, разработанный прибор позволил не только уменьшить и облегчить конструкцию СКР-газоанализатора, но и увеличить регистрируемую интенсивность сигналов СКР практически в 2 раза.

Помимо специализированного спектрального прибора в «СКР-03» для увеличения интенсивности сигналов реализован механизм сжатия анализируемой газовой среды. Для этого с учетом определенной доработки была использована ручная пневматическая помпа PV-411. Ее основными особенностями являются безмасляная конструкция, а также возможность сжатия газовой среды до 60 атм.

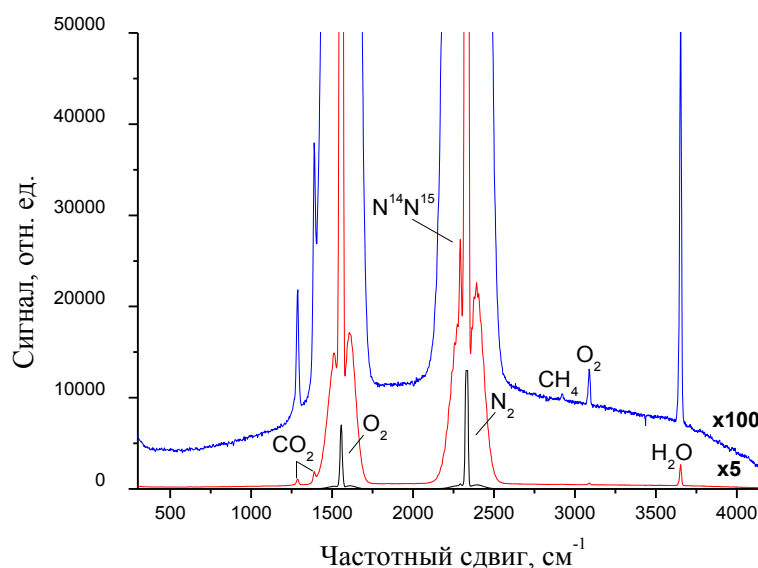


Рисунок 1. Спектр СКР атмосферного воздуха, представленный в трех различных масштабах

Апробация «СКР-03» была проведена на таких многокомпонентных газовых смесях как атмосферный воздух, выдыхаемый воздух, а также воздух, выдыхаемый человеком при курении. Регистрация спектров осуществлялась при мощности лазера 1 Вт, длительности экспозиции 1000 с (1000 кадров по 1 с) и давлении в кювете 40 атм.

С учетом повышения чувствительности, в зарегистрированном спектре атмосферного воздуха, помимо таких компонентов как азот, кислород, углекислый газ и пары воды, была зарегистрирована колебательно-вращательная полоса метана (2917 см^{-1}). Ввиду того, что его содержание в атмосферном воздухе находится в пределах $1 \div 2 \text{ ppm}$, можно сделать вывод, что предельная чувствительность «СКР-03» составляет менее 1 ppm для метана. Вместе с тем, принимая во внимание величину дифференциального сечения рассеяния CH_4 , можно заключить, что на данном приборе, при анализе атмосферного воздуха, будут гарантировано регистрироваться спектры СКР любых молекул, содержание которых превышает единицы ppm.

Работа выполнена в рамках госзадания на выполнение фундаментальных научных исследований по теме № 80.1.2 "Научные основы создания новых газоаналитических приборов и методик их использования для мониторинга окружающей среды и специального контроля".

1. Kiefer J., Seeger T., Steuer S., Schorsch S., Weigl M.C., Leipertz A. Design and characterization of a Raman-scattering-based sensor system for temporally resolved gas analysis and its application in a gas turbine power plant // Meas. Sci. Tech. 2008. V. 19. N. 8. 085408. 9 p.
2. Buric M.P., Chen K.P., Falk J., Woodruff S.D. Improved sensitivity gas detection by spontaneous Raman scattering // Appl. Opt. 2009. V. 48. N. 22. P. 4224-4229.
3. Матросов И.И., Петров Д.В. Многоканальный спектрометр комбинационного рассеяния МКР-1 // Приборы и техника эксперимента. 2014. № 4. С. 143.
4. Петров Д.В., Матросов И.И., Тихомиров А.А. Высокочувствительный СКР-спектрометр газовых сред // Журнал прикладной спектроскопии. 2015. Т. 82. № 1. С. 124-128.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЛЯ АЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫПАДЕНИЙ ПРИМЕСИ НА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ОТ ЛИНЕЙНОГО ИСТОЧНИКА

Петухова К.К.¹, Рапута В.Ф.²

¹Новосибирский государственный университет,

630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, д. 1, vellma.63@yandex.ru

²Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 6, raputa@sscc.ru

Одним из наиболее перспективных способов применения средств защиты растений является их использование в виде аэрозолей. Применение аэрозольных препаратов производится путём создания облака частиц определённого размера, сносимого затем боковым ветром на обрабатываемый участок. Свойства аэрозольных систем, образующихся при распылении жидкостей, в сильной степени зависят от размера капелек. Поэтому крайне желательно проводить различные эксперименты: физические, технические, биологические, сельскохозяйственные с капельками оптимального, регулируемого размера.

В приближении моделей лёгкой примеси, моно- и полидисперсного аэрозоля обсуждаются постановки трёх обратных задач оценивания параметров аэрозольных обработок и плотности осадка препарата по данным наблюдений на различных удалениях от линейного источника. В качестве целевой функции принимается среднеквадратичное отклонение измеренной и вычисленной плотности осадка. В случае лёгкой и полидисперсной примеси определяемыми параметрами являются эффективная высота источника и коэффициент взаимодействия примеси с растительным покровом. В монодисперсном случае также подлежит определению средняя скорость оседания частиц аэрозоля.

Для описания процессов распространения аэрозольного облака использовалось полуэмпирическое уравнение переноса примеси применительно к мгновенному линейному источнику бесконечной протяженности. Скорость ветра и коэффициент вертикального турбулентного обмена описываются с помощью теории подобия Монина-Обухова. Основной входной информацией в моделях оценивания плотности осадка является расстояние точек отбора проб от источника, спектр размеров аэрозольных частиц, данные измерений плотности осадка на растительности и почве. В качестве дополнительной информации может быть использована величина скорости ветра, состояние устойчивости приземного слоя атмосферы и т.д.

Процесс распространения аэрозольной примеси в атмосфере от мгновенного линейного источника высоты H описывается полуэмпирическим уравнением турбулентной диффузии [1]

$$u(z) \frac{\partial Q}{\partial x} - w \frac{\partial Q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} k_z(z) \frac{\partial Q}{\partial z} \quad (1)$$

с граничными и начальными условиями:

$$k_z(z) \frac{\partial Q}{\partial z} + wQ = 0 \Big|_{z=z_0}, \quad k_z(z) \frac{\partial Q}{\partial z} = 0 \Big|_{z=h}, \quad u(z)Q \Big|_{x=0} = G\delta(z-H), \quad (2)$$

где x, z - горизонтальная и вертикальная координаты, $Q(x, z)$ - импульс концентрации примеси, $u(z)$ - скорость ветра (направление оси X совпадает с направлением ветра), $k_z(z)$ - коэффициент вертикального турбулентного обмена, w - скорость гравитационного оседания частиц, h - высота приземного слоя атмосферы, δ -

дельта-функция, G - производительность непрерывного линейного источника (г/м).

Численная реализация модели (1), (2) проводится методом конечных разностей. Импульс концентрации $Q(x, z)$ связан с плотностью осадка выражением

$$\Psi(x, C, H, w) = C \cdot Q(x, z, C, H, w) \Big|_{z=h_0}, \quad (3)$$

где C - параметр взаимодействия примеси с подстилающей поверхностью, h_0 - высота растительности.

В задаче (1)-(3) неизвестными параметрами являются скорость гравитационного оседания частиц W , высота источника H , параметр C . Требуется по данным измерений в точках x_k плотности p_k , $k = \overline{1, N}$ - осадка аэрозольного препарата, определить непрерывную картину его распределения по мере удаления от источника.

На рис. 1 представлены результаты численной реконструкции поля выпадений примеси в приближении монодисперсного аэрозоля. Оценивание рассматриваемых параметров требует использования не менее трёх опорных точек (плана наблюдений) и на вполне оптимальном плане согласно рис. 1а приводит к удовлетворительной оценке.

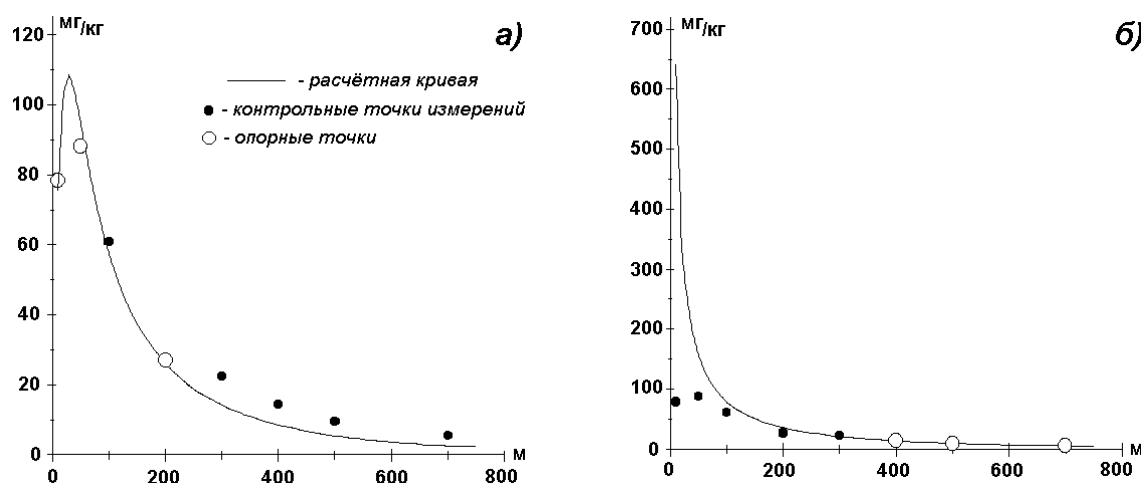


Рисунок 1. Оценка плотности осадка препарата для случая монодисперсного аэрозоля на оптимальном (а) и неоптимальном (б) плане измерений

Анализ рис. 1а показывает, что монодисперсное приближение в модели оценивания приводит к более быстрому убыванию плотности осадка по сравнению с экспериментальными данными. Это обстоятельство позволяет использовать рассматриваемую модель для оценки снизу возможных отложений препарата. Пример, представленный на рис. 1б, демонстрирует неудачность выбора опорных точек и указывает на необходимость применения методов теории планирования экспериментов [2] в качестве одного из этапов решения обратной задачи оценивания параметров.

1. Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Пестицидные аэрозоли. М.: Наука, 1982.
2. Федоров В.В. Теория оптимального эксперимента. М.: Наука, 1971.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ВО ВРЕМЯ ВЫПАДЕНИЯ ОСАДКОВ

Пустовалов К. Н.¹, Кобзев А. А.¹, Нагорский П. М.¹, Яковлева В. С.²

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск

²Томский политехнический университет, г. Томск

Исследованы особенности изменения полярных электрических проводимостей ($\lambda_{+/-}$) и напряжённости приземного электрического поля (E) во время прохождения кучево-дождевых облаков и выпадения осадков.

С прохождением облаков связано искажение нормального электрического поля и, как правило, отмечаются вариации E у поверхности земли, обусловленные объёмными зарядами в этих облаках [1, 2]. Интенсивные вариации электрического поля, характеризующиеся изменением как величины, так и знака E , в свою очередь приводят к изменению величины и знака объёмного заряда у поверхности земли, обуславливая согласованные изменения полярных проводимостей [3]. При больших электрических полях на концентрацию лёгких ионов в приземном слое влияют эффекты коронирования [4]. В случае облаков, дающих осадки на изменения плотности объёмного заряда у поверхности земли, обусловленные вариациями E , дополнительно накладывается влияние выпадающих осадков. При этом до сих пор нет точного понимания особенностей влияния последних на атмосферно-электрические параметры приземной атмосферы.

В работе были использованы следующие данные, полученные в ИМКЭС СО РАН, г. Томск:

- напряжённость электрического поля («Поле-2», «CS110») и полярные электропроводности воздуха («Электропроводность-2») с временным тактом 30 с;
- метеорологические параметры (атмосферное давление, температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра и др.);
- интенсивность и микроструктура осадков (челночный, Davis Rain Collector, и оптический осадкомер);
- вариации уровня α -, β - и γ -излучений (β -фон – БДПБ-01, γ -фон – БДКГ-03);
- данные об облачности и атмосферных явлениях в стандартные метеорологические сроки по метеостанции Томск [5].

Рассмотрены два случая прохождения кучево-дождевых облаков (Cb), с сопутствующим выпадением ливневого дождя (17 и 28 августа 2014 г.). Оба случая связаны с холодными атмосферными фронтами. В первом случае наблюдалось прохождение быстро перемещающегося холодного фронта (2-го рода) с сильно развитой кучево-дождевой облачностью и высокими значениями приземного электрического поля, а во втором – имел место медленно перемещающийся холодный фронт (1-го рода) со слабо развитыми облаками Cb , сменяющимися в Ns , и невысокими значениями E .

В результате анализа эмпирических данных, полученных при прохождении Cb с выпадением ливневого дождя, было выявлено (рис. 1 а, б) следующее:

1. При выпадении интенсивных осадков в виде ливневого дождя отмечается аномальное поведение электрической проводимости одной из полярностей, отличное от изменений под действием «электродного эффекта» [3], характеризующееся резким повышением её значений в виде одно или нескольких всплесков. Значения электрической проводимости противоположной полярности в это время изменяется в соответствии с «электродным эффектом».

2. Моменты появления максимальных всплесков в значениях данной электропроводности хорошо согласуется со временем появления пиков в интенсивности осадков.

3. Аномальное поведение одной из электрических проводимостей, характеризующееся резким увеличением концентрации лёгких ионов данной полярности, приводит к локальной «корректировке» электрического поля, вызывая импульсные отклонения значений E относительно плавного их изменения. Моменты их появления соответствуют максимумам интенсивности осадков.

4. Отмеченные особенности в поведении атмосферно-электрических характеристик при выпадении интенсивных жидких осадков прослеживаются как при высоких, так и сравнительно низких значениях E , и сопровождаются ростом уровня α , β и γ – излучения.

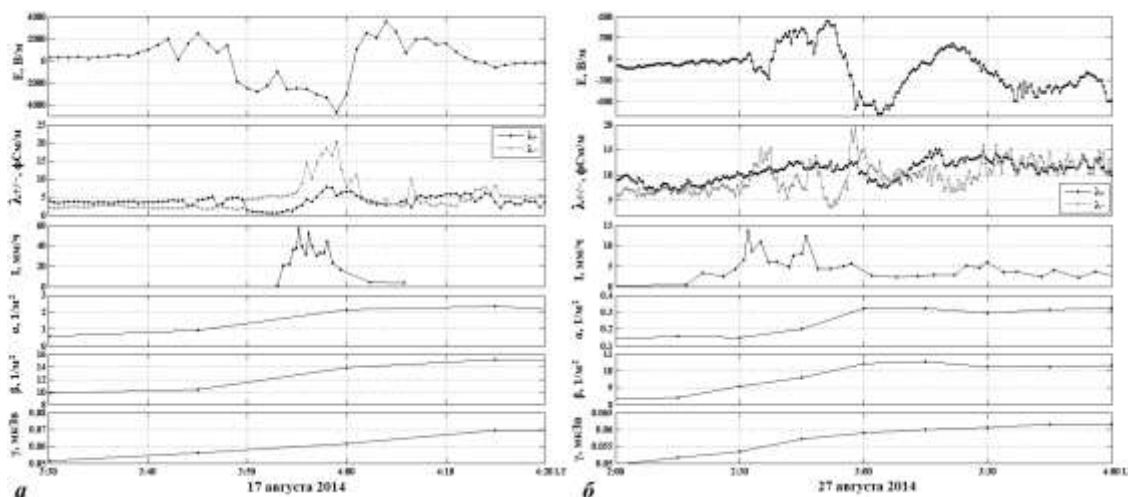


Рисунок 1. Изменения напряжённости электрического поля (E), полярных электрических проводимостей ($\lambda_{+/-}$), интенсивности осадков (I) и альфа-, бета- и гамма-фона (α , β , γ) во время прохождения кучево-дождевых облаков с выпадением ливневого дождя

Закключение. Обнаружено, при выпадении ливневых осадков, аномальное поведение λ одной из полярностей, отличное от изменений под действием «электродного эффекта». Аномальное поведение λ характеризуется резким увеличением концентрации лёгких ионов, а моменты его появления соответствуют максимумам интенсивности осадков. Значения λ противоположной полярности изменяются в соответствии с «электродным эффектом». Выявленный эффект ранее не отмечался в исследованиях других авторов. Для объяснения аномального роста λ воздуха и соответствующего изменения напряжённости поля в моменты выпадения осадков требуется проведение дополнительных исследований.

1. Bennett, A. J., Harrison, R. G. Variability in surface atmospheric electric field measurements. 2008. J. Phys. Conf. Ser. 142: pp. 012046.
2. MacGorman D. R., Rust W. D., The Electrical Nature of Storms, Oxford University Press, New York, 1998. 432 p.
3. Нагорский П.М., Морозов В.Н., Смирнов С.В., Пустовалов К.Н. Электродный слой в электрическом поле мощной конвективной облачности // Известия вузов. Радиофизика. 2013. Т. 56. № 11. С. 853–863.
4. Смирнов В. В. Ионизация в тропосфере. СПб.: Гидрометеиздат. 1992. 312 с.
5. Расписание погоды. rp5.ru. Погода в Томске. Архив погоды на метеостанции [Электронный ресурс] – URL: http://rp5.ru/Архив_погоды_в_Томске.

СОПРЯЖЁННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ И СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ГОРОДАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Рапута В.Ф.¹, Ярославцева Т.В.²

¹Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 6, raputa@sscc.ru

²Новосибирский НИИ гигиены Роспотребнадзора, 630108, г. Новосибирск, ул. Пархоменко,
д. 7, tani-ta@list.ru

Сетевые наблюдения состояния загрязнения атмосферного воздуха в крупнейших городах России проводятся уже более пятидесяти лет. Основные принципы, закладываемые при построении сети наблюдений: регулярность, единство программы наблюдений, репрезентативность мест наблюдений. Научной основой организации сети наблюдений стали результаты обширного комплекса теоретических и экспериментальных исследований распространения примесей в атмосфере, а также разработки методов химического анализа состава атмосферного воздуха.

Снежный покров является удобным индикатором аэрозольного загрязнения атмосферного воздуха. Изучение пространственного распределения загрязнения в снеге позволяет ответить на многие вопросы: выявить источники выбросов аэрозольных примесей, дифференцировать зоны интенсивности воздействия и дальность распространения, оценить суммарный выброс и характеристики дисперсного состава примеси. Особый интерес снежный покров представляет при изучении процессов длительного загрязнения (месяц, сезон).

Целью данной работы является выявление качественных и количественных взаимосвязей между концентрациями определённых примесей на основании сопряженных исследований загрязнения атмосферного воздуха и снегового покрова на постах Росгидромета ряда крупных городов юга Западной Сибири [1].

Для прямого сравнения результатов измерений в воздухе и снеге были выбраны соответственно следующие параметры: взвешенные вещества (пыль) и осадок; бенз(а)пирен в обеих средах; сажа воздуха сопоставлялась с бенз(а)пиреном и суммой ПАУ в снеге. Другими неочевидными параметрами для сравнения в рассматриваемых средах были выбраны: оксиды азота (NO_2 , NO), с одной стороны, и нитраты, нитриты, с другой, а также оксид серы(IV) и сульфаты. Известно, что оксиды азота и серы являются газовыми предшественниками вышеперечисленных анионов в аэрозольных выпадениях в снег. Расчёт среднезимних концентраций примесей, измеряемых в атмосфере, проводился за период времени с середины ноября по середину марта, что примерно соответствует периоду залегания снежного покрова в городе.

В докладе представлен сравнительный анализ данных длительного загрязнения атмосферного воздуха, полученных на стационарных постах Росгидромета, и результатов мониторинга загрязнения снежного покрова в Новосибирске, Кемерово, Барнауле, Томске. Для Новосибирска эти исследования охватывают зимние периоды времени с 2008 по 2012 гг., для остальных городов – с 2009 по 2011 гг. В рамках линейного корреляционного анализа установлены количественные связи между концентрациями ряда компонентов примеси в снежном покрове и их газовыми и аэрозольными предшественниками в атмосфере городов, включая взвешенные вещества, сажу, бенз(а)пирен, оксиды азота и серы. Наиболее высокий уровень согласия получен между значениями концентраций: бенз(а)пирена в снеге – сажи, бенз(а)пирена в атмосфере; осадок в снеге – взвешенные вещества в воздухе. В ряде случаев коэффициенты корреляции между концентрациями этих примесей достигают значений 0.8–0.9. Вполне удовлетворительное согласие было выявлено между концентрациями окислов азота и серы в атмосфере и содержаниями соответствующих анионов в снеге. Были также установлены линейные корреляционные

связи между содержаниями нитритов, нитратов в снеге и концентрациями окиси углерода. Для формальдегида была получена отрицательная связь с нитритами.

На рис. приведены некоторые результаты статистического анализа результатов экспериментальных исследований между содержанием примесей в воздухе и снеге для зимних сезонов 2008-2012 г.г. По вертикальной оси представлена среднезимняя концентрация примеси в воздухе, по горизонтальной оси - в снеге.

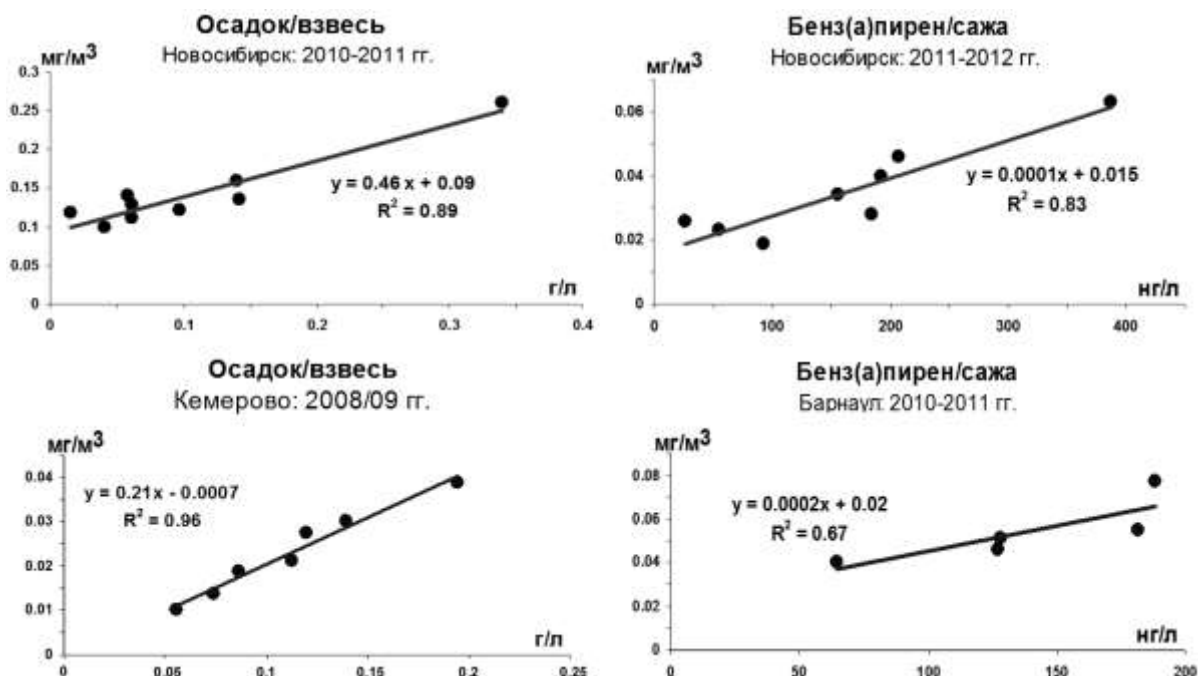


Рисунок. Линейно-корреляционные зависимости между концентрациями примесей в пробах снега и взвешенными веществами в атмосфере на ПНЗ гг. Новосибирска, Кемерово, Барнаул

Результаты экспериментальных исследований и численного анализа данных наблюдений загрязнения атмосферного воздуха и снегового покрова на стационарных постах Гидрометеослужбы позволили установить качественные и количественные закономерности между концентрациями ряда компонентов примеси, таких как сажа и бенз(а)пирен (ПАУ); оксиды азота и нитрат/нитрит-анионы; диоксид серы и сульфаты; взвешенные вещества и осадок. Результаты этих исследований могут быть использованы для взаимного контроля данных наблюдений в снеге и приземном слое воздуха, существенно дополнить в зимнее время стационарную сеть наблюдений.

Полученные зависимости указывают на возможность создания экономической системы мониторинга и получения на её основе более детальной оценки состояния длительного загрязнения атмосферы города в зимнее время и определения источников на его территории. В дальнейшем, проведенные исследования могут послужить основой для установления нормативных критериев (ПДК) по загрязнению снега.

1. Рапуга В.Ф., Коковкин В.В., Девятова А.Ю. Сравнительная оценка состояния длительного загрязнения атмосферы и снегового покрова г. Новосибирска на сети

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЙ ГАЗОАНАЛИЗ АТМОСФЕРЫ В УФ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Смирнов С.С.¹, Гейко П.П.²

¹Томский государственный университет, г.Томск, пр.Ленина 36, 634050

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск
SSSmirnov@sibmail.com, ppg@imces.ru

Обычные методы контроля газовых примесей, основанных на отборе проб с их последующим лабораторным анализом, уже не отвечают современным требованиям с точки зрения трудозатрат, оперативности и возможности автоматических непрерывных измерений. В качестве альтернативы во многих случаях может быть использован метод дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (ДОАС) [1], успешно развивавшегося в последние два десятилетия, начиная с проведения пробных измерений и до создания первых коммерческих приборов. Это стало возможно благодаря тому, что метод обладает рядом преимуществ: во-первых, позволяет проводить измерения в режиме реального масштаба времени для большого числа различных газов в тоже время без предварительных и пост- процессов для определения значений концентраций загрязняющих веществ. Во-вторых, ДОАС – приборы способны сканировать УФ / Видимый спектральные диапазоны (от 250нм до 700нм). Это делает возможным изучать химический состав атмосферы в области измерений и в пограничном слое. И, в-третьих, ДОАС – уникальная методика, которая может измерять концентрацию NO₃ не внося изменений. Это важно, потому что известно, что NO₃ радикалы играют важную роль в тропосферной химии как и OH радикалы в дневное время.

Для натурных измерений мы использовали модернизированный вариант газоанализатора ДОАС-M1. Для работы используется диапазон длин волн 200 – 460 нм. В качестве источников излучения рассматриваются ксеноновые лампы высокого давления и УФ светодиоды [2]. Минимально детектируемые уровни концентраций на длине трассы в несколько сот метров составляет единицы и доли ppb, при использовании ксеноновой лампы высокого давления.

Представлены результаты синхронных непрерывных измерений концентраций загрязняющих атмосферу газов, таких как, SO₂, NO₂, CH₂O, O₃ и др. в г. Томске методом дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопией (ДОАС) в зимний период 2015г. Измерительная трасса выбиралась в непромышленной части города (южная часть).

Проведено сопоставление результатов измерений с местными метеостанциями, находящиеся в черте города (ТОР-станция, базовый экспериментальный комплекс, полигон "Фоновый").

За период измерений уровень загрязнения атмосферы в сравнение с существующей средне суточной ПДК характеризуется как высокий для CH₂O, O₃, CS₂, умеренный для NO₂, NO и низкий для SO₂. Отмечены весьма значительные вариации средних суточных значений концентраций измеряемых газов. Временные вариации концентраций SO₂ и CH₂O коррелируют между собой, а изменения содержания NO₂ и O₃ происходят в противофазе [1].

Для среднего суточного хода концентраций газов характерно наличие глубокого дневного минимума концентрации NO₂ и максимума концентрации O₃. Для SO₂ и CH₂O получен слабо выраженный суточный ход их концентраций с максимумом в вечернее время. Анализ взаимосвязи появления высоких концентраций газов с направлением ветра приводит к выводу о том, что определяющим источником, обуславливающим вариации концентраций, являются фотохимические и окислительные процессы с участием выхлопных газов автотранспорта [2].

Основные источники погрешности измерений - неидеальность спектра излучения лампы (содержит тонкие структуры в спектре); чувствительность отдельных пикселей приемной фотодиодной линейки (разная чувствительность); паразитные структуры, образующиеся при регистрации спектров (референтного, трассового); неучет влияния поглощения кислородом; неточность определения сечения поглощения газов.

Проанализированы источники ошибок при измерении концентраций газов и предложены пути повышения чувствительности оптического трассового газоанализатора.

1. Platt U., Stutz J. Differential optical absorption spectroscopy. Springer-Verlag, New-York, Berlin, Heidelberg, 2008. – 593 p.
2. K.L. Chan, D. Pöhler, G. Kuhlmann. NO₂ Measurements in Hong Kong using LED based long path differential optical absorption spectroscopy. Atmos. Meas. Tech., 5, 901–912, 2012
3. Смирнов С.С., Гейко П.П., Самохвалов И.В. и др. Измерения атмосферных загрязнений трассовым газоанализатором УФ диапазона // Известия ВУЗов «Физика» 2013 Т. 56 № 8/3. С. 272-274.
4. Platt U., *Air Monitoring by Spectroscopic Techniques*, Chemical Analysis Series, John Wiley & Sons Inc. -1994. V. 27.
4. Белан Б.Д. Озон в тропосфере. – Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2010. – 488 с.
5. Kraus, S. G.: DOASIS, A Framework Design for DOAS, Ph.D. thesis, University of Mannheim, available at: [http://hci.iwr.uni-heidelberg.de/publications/dip/2006/Kraus PhD2006](http://hci.iwr.uni-heidelberg.de/publications/dip/2006/Kraus%20PhD2006).

СОДАРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕТРОВЫХ И ТУРБУЛЕНТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРЫ

Шаманаева Л.Г.¹, Красненко Н.П.^{2,3}

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1;

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3;

³Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40; e-mail: sima@iao.ru, krasnenko@imces.ru

Доплеровские трехкомпонентные моностатические содары (акустические локаторы) широко используются для контроля температурной стратификации и измерения вертикальных профилей скорости ветра в пограничном слое атмосферы. Из их измерений определяют также вертикальные профили структурных характеристик температуры C_T^2 скорости ветра C_V^2 , структурных функций, внешних масштабов температурной и динамической турбулентности, скорости диссипации кинетической энергии турбулентности и др., играющих важную роль в изучении физики атмосферных процессов и в различных практических приложениях.

В докладе представлены оригинальные результаты обработки данных акустического зондирования, позволяющие на основе разработанных методик, впервые одновременно восстанавливать целый ряд вышеперечисленных характеристик атмосферы и исследовать их взаимосвязь.

Применение доплеровских трехкомпонентных моностатических содаров для зондирования атмосферы позволяет получать длинные временные ряды вертикальных профилей характеристик температурных неоднородностей, так и значений компонентов вектора скорости ветра и анализировать их пространственно-временную динамику. Представлены результаты обработки и анализа данных измерений двух содаров с рабочими частотами 1700 Гц и 4900 Гц (мини-содар). Методика работы доплеровских моностатических содаров – стандартная: импульсное излучение периодически и последовательно посылалось в трех направлениях – вертикально и под углами α к вертикали в двух взаимно ортогональных плоскостях. Высотные профили трех компонентов скорости ветра $V_x(z_k)$, $V_y(z_k)$ и $V_z(z_k)$ вычислялись по доплеровским сдвигам частот $f_{1D}(z_k)$, $f_{2D}(z_k)$, $f_{3D}(z_k)$ в трех каналах (излучения и приема) по формулам:

$$V_z(z_k) = \frac{c}{2f_0} f_{1D}(z_k), V_1(z_k) = \frac{c}{2f_0} f_{2D}(z_k), V_2(z_k) = \frac{c}{2f_0} f_{3D}(z_k),$$

$$V_x(z_k) = \frac{1}{\sin \alpha} [V_1(z_k) - V_z(z_k) \cos \alpha], V_y(z_k) = \frac{1}{\sin \alpha} [V_2(z_k) - V_z(z_k) \cos \alpha]$$

в различных стробах Z_k с заданной вертикальной протяженностью в рабочем диапазоне высот. Обрабатывались серии из профилей, что обеспечивало их усреднение за период измерения. В качестве примера на рисунке в векторном представлении показана полусуточная пространственно-временная динамика горизонтальной скорости ветра по результатам мини-содарных измерений за два дня - 14 и 16 сентября.

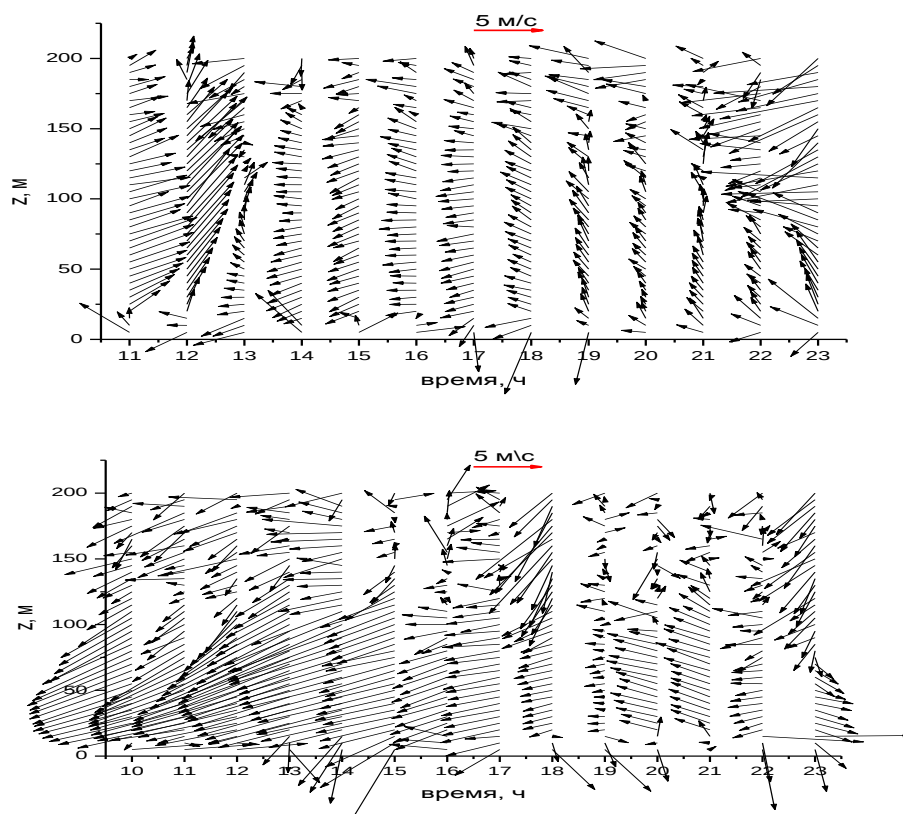


Рисунок. Почасовая полусуточная пространственно-временная динамика горизонтальной скорости ветра по результатам мини-содарных измерений 14 и 16 сентября. Время усреднения данных – 10 минут. Ориентация: вверх – север, слева - запад. Более полные данные представлены в работах авторов [1-5].

1. Красненко Н.П., Капегешева О.Ф., Стафеев П.Г., Шаманаева Л.Г. Внешние масштабы температурной и динамической турбулентности по результатам акустического зондирования атмосферы // Известия вузов. Физика. 2013. Т. 56. № 6, с. 57-62.
2. Красненко Н.П., Тарасенков М.В., Шаманаева Л.Г. Пространственно-временная динамика скорости ветра по результатам мини-содарных измерений // Известия вузов. Физика. 2014. Т. 57. № 11. С. 77-83.
3. Красненко Н.П., Л.Г. Шаманаева Пространственно-временная динамика характеристик атмосферной турбулентности по результатам акустического зондирования // Ученые Записки Физического Факультета МГУ, № 6, 2014. С.
4. Капегешева О.Ф., Красненко Н.П., Стафеев П.Г., Шаманаева Л.Г. Динамика структуры температурной и ветровой турбулентности в нижних слоях атмосферы по результатам акустического зондирования. // Известия вузов. Физика. 2012 . Т. 55. № 9/2, с. 228-232.
5. Красненко Н.П., Шаманаева Л.Г. Пространственно-временная динамика скорости диссипации кинетической энергии турбулентности в нижней атмосфере // Известия вузов. Физика. 2012. Т. 55. № 12, С. 101-106.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВЕДЕНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ГЕОБОТАНИЧЕСКИХ ОПИСАНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЛАНДШАФТА

Щукова К.Б.¹, Токарева О.С.^{1,2}, Мирошниченко Е.А.¹

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, E-mail: embrr@yandex.ru

Институт химии нефти СО РАН 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 4, E-mail: ost@tpu.ru

В результате полевых исследований при изучении ландшафта накапливаются большие объёмы данных геоботанических описаний. Для централизованного хранения и анализа накапливаемой геоботанической информации требуется база данных (БД), а также информационная система (ИС), обеспечивающая функциональные возможности для её ведения, формирования отчётов требуемого формата, а также удобный пользовательский интерфейс.

В настоящее время наиболее известны две информационные системы для хранения и анализа данных геоботанических описаний: Turboveg и JUICE [1-2]. Данные ИС поддерживают фитоценотическую базу данных и позволяют автоматизировать процесс анализа и классификации растительных сообществ. Однако они не в полной мере удовлетворяют требованиям отдельных пользователей, и их доработка не представляется возможной из-за закрытого кода или использования устаревших технологий.

Целью данной работы является разработка ИС для ведения базы данных геоботанических описаний пробных площадей при изучении ландшафта местности, предназначенная для сбора, хранения и обработки данных таких описаний.

Для разработки БД и ИС использовалась информация, предоставленная сотрудниками Института степи УрО РАН (г. Оренбург). В ходе исследований заполняются бланки геоботанических описаний, к ним прикладываются файлы описания химического анализа почвы и изображения местности. В бланках содержатся следующие характеристики лесных и травянистых сообществ: номер геоботанического описания, величина пробной площади, название растительного сообщества, географическое положение изучаемой местности, географические координаты исследуемой области, описание рельефа местности, данные химического анализа почвы, влияние человека и животных, окружение, общее проективное покрытие растений, виды растений, обилие по шкале Друде, фенофаза, физиономичность, внеярусная растительность [3]. Также проводится классификация видов растительности по следующим категориям: жизненная форма, экологическая группа, хозяйственное значение и т.д. На основе полученной геоботанической информации производится таксономический, биоморфологический и эколого-фитоценотический анализ растительных и лесных сообществ [4]. В настоящее время в этом институте геоботаническая информация, получаемая в результате экспедиционных исследований территории, хранится и обрабатывается в таблицах формата Excel, в результате чего возникает большое количество ошибок и не обеспечивается централизованное хранение данных.

На этапе концептуального проектирования модели геоботанических данных были определены взаимосвязи и семантика между объектами геоботанического описания. Результатом этапа концептуального проектирования явилась инфологическая модель данных.

Для разграничения разных типов таблиц были введены два понятия – таблица-справочник и основной объект учёта. Справочные таблицы предназначены для хранения часто вводимых пользователем данных, например, типов ярусов, фитоценозов и т.д. Основной объект учёта – это таблица, содержащая «полезные» данные о предметной области и имеющая более сложную структуру, на которую могут ссылаться несколько

РАДИАЦИОННЫЙ γ / β – ТРАССЕР ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Яковлева В.С.¹, Макаров Е.О.², Нагорский П.М.^{1,3}, Фирстов П.П.², Черепнев М.С.¹

¹Научно-исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

²Камчатский филиал геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский

³Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск

Основным направлением исследований атмосферной радиоактивности до сих пор является искусственная радиоактивность, вызванная испытаниями ядерного оружия, техногенными авариями и технологическими процессами [1,2]. Выбор для мониторинга радиоактивности γ - излучения объясняется его высокой проникающей способностью. Контроль атмосферных полей β - излучений заменяют, в основном, контролем суммарной дозы β - активности. Контроль атмосферных полей α - излучений производится эпизодически. Уровень радиоактивности заметно возрастает при выпадении осадков. Этот рост обусловлен наличием дочерних продуктов распада радона (ДПР) в каплях дождя или хлопьев снега [2-4]. Являясь благородным газом, радон присутствует в атмосфере и не зависит от облаков и (или) осадков. ДПР радона являются тяжелыми металлами (в том числе ^{214}Pb , период полураспада $T \sim 27$ мин, ^{214}Bi , $T \sim 20$ мин), которые достаточно быстро прилипают к частицам аэрозоля и могут удаляться из атмосферы осадками.

В работах, посвященных оценкам уровня ионизирующей радиации, используются данные только о γ - излучении [3,4]. Хорошо известно, что процессы распада радона и его ДПР формируют не только γ - фон, но также α - и β - фон. Этот фактор пока никак не используется в анализе уровня и вариаций компонент радиационного фона. Проведенные нами исследования позволили установить, что вариации γ - и β - фона не являются согласованными как на внутрисуточных, так и на межсуточных и более длительных интервалах. Выявленное различие в динамике γ - и β - фона является основой работы. Динамика γ / β - трассера в годовом цикле иллюстрируется рис. 1.

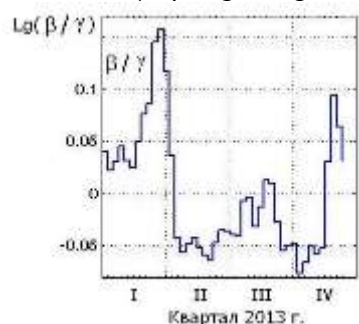


Рисунок 1. Вариации γ / β -трассера в годовом цикле (г. Томск)

Мониторинг ионизирующей радиации проводился по методике [2] на территории г.Томска (асейсмичный регион, континентальный климат) и в п. Паратунка, Камчатка (сейсмоактивный регион, морской климат).

Синоптические процессы играют важную роль в уровне и динамике атмосферных β - и γ - излучений и могут привести к увеличению уровня фона в несколько раз. Это хорошо видно на рис. 2, на котором приведены данные, полученные в п. Паратунка. Данные по γ -, β - вариациям и их отношению были пропущены через фильтр с полосой периодов 4 час - 10 сут и нормированы.

Падение атмосферного давления, связанное с прохождением очередного циклона, сопровождается выпадением осадков и соответствующими выбросами в β - и γ - фоне. Отфильтрованные выбросы в уровнях фона компонент ионизирующей радиации (β и γ), обусловленные очередным циклоном, не приводят к значительному изменению их отношения. Исключением является отношение β - и γ - излучений во второй половине ноября 2011 г., во время прохождения циклона через район станции Фукусима (Япония) на Камчатку. Возможной причиной выброса является захват циклоном техногенных радиоактивных аэрозолей в районе атомной станции Фукусима.

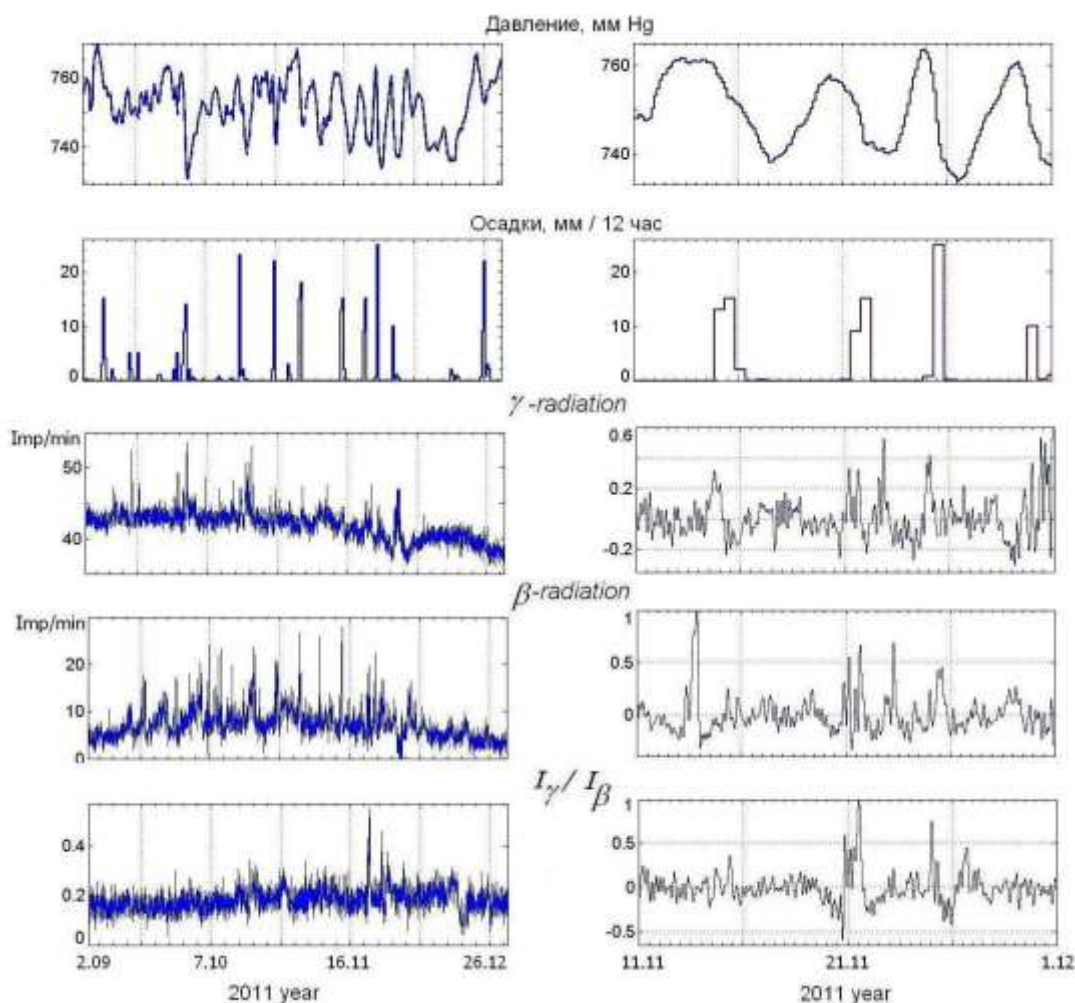


Рисунок 2. Вариации данных атмосферного давления, осадков, числа импульсов γ - и β -радиации (высота 5 м) и их нормированного отношения (п. Паратунка, Касчатка)

Предложенный γ / β - трассер может быть весьма чувствительным индикатором нестационарных процессов, связанных с опасными природными и техногенными явлениями. Связано это с тем, что техногенные, литосферные и атмосферные процессы приводят к качественному изменению состава радионуклидов в атмосфере и, как следствие, к изменению отношения γ / β .

Выполнено при поддержке ФЦП № 14.575.21.0105.

1. Firstov P.P., Yakovleva V.S., Shirokov V.A. et al. The nexus of soil radon and hydrogen dynamics and seismicity of the northern flank of the Kuril-Kamchatka subduction zone // *Annals of Geophysics*. 2007. V. 50. № 4. P. 547-556.
2. Яковлева В.С., Ипполитов И.И., Кабанов М.В. и др. Скоординированный многофакторный эксперимент по анализу процессов поступления почвенного радона в приземный слой атмосферы // *АНРИ*. 2009. № 4. С. 55-60.
3. Cortes, G., Sempau, J., Ortega, X. Automated measurement of radon daughters Bi-214 and Pb-214 in rainwater // *Nukleonika*. 2001. V. 46. P. 161–164.
4. Mercier J.-F., Tracy B.L., d'Amours R. et al. Increased environmental gamma-ray dose rate during precipitation: a strong correlation with contributing air mass // *J. of Environ. Radioactivity*. 2009. V. 100. P. 527–533.

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ПОЛЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ОКРЕСТНОСТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ

Ярославцева Т.В.¹, Рапута В.Ф.²

¹Новосибирский НИИ гигиены Роспотребнадзора, 630108, г. Новосибирск, ул. Пархоменко, д. 7, tani-ta@list.ru

²Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 6, raputa@sscc.ru

На космических снимках отчетливо проявляется осаждение на снежный покров аэрозолей промышленного происхождения [1]. На снимках участки загрязненного снега выглядят как темноватые пятна, причем почернение изображения непосредственно зависит от степени запыления и отражает атмосферную динамику процессов переноса пыли от источника, что создаёт возможности их взаимной количественной интерпретации.

В докладе рассмотрены задачи восстановления полей загрязнения снежного покрова от пылящих точечных, линейных и площадных источников по данным наземных и спутниковых наблюдений. С использованием моделей реконструкции разработаны методы совместного анализа характерных изображений ореолов загрязнения снежного покрова в окрестностях источников пыли и данных контактных наблюдений. На основе численного анализа данных наземного мониторинга и спутниковых снимков выявлены устойчивые количественные закономерности между полями выпадения пыли и интенсивностью изменения тонов серого цвета по радиальным относительно основных источников направлениям.

При разработке модели реконструкции полей выпадений тяжёлых неоднородных по дисперсному составу примесей использовалось кинематическое приближение. В этом случае движение в атмосфере облака тяжёлых частиц определяется в основном двумя факторами: действием силы тяжести в сочетании с силами сопротивления со стороны воздуха и полем ветра. Тогда плотность выпадений примеси в радиальном от источника направлении можно представить в виде [2]

$$\sigma(r, \vec{\theta}) = \theta_1 r^{-\theta_2} \exp\left(-\frac{\theta_3}{r}\right). \quad (1)$$

Оценка неизвестного вектора параметров $\vec{\theta}$ в выражении (1) проводится по данным наблюдений поперечной концентрации осадка методом наименьших квадратов.

Апробация предложенной модели реконструкции полей выпадений пыли и бенз(а)пирена (БП) проведена на данных мониторинга загрязнения снежного покрова в окрестностях Новосибирского электродного завода (НЭЗ). Предварительный анализ данных экспедиционных и химико-аналитических исследований показал, что концентрации пыли и БП в снеге, несмотря на значительную высоту труб, с удалением от источника быстро уменьшаются.

Для поиска функциональных связей между данными наземного мониторинга и изображениями на снимках использовались снимки ИСЗ, полученные с сайта компании DigitalGlobe. В результате обработки снимков 2 марта 2011 г. и 31 марта 2009 г. были получены изображения окрестностей НЭЗ, на которых все цветовые градации были переведены в тона серого цвета. Это (дешифровка) позволило выделить в выбранной шкале ореолы загрязнения от основных очагов (завода, угледробилки и технологической автотрассы) по направлениям, указанным на рис. 1.

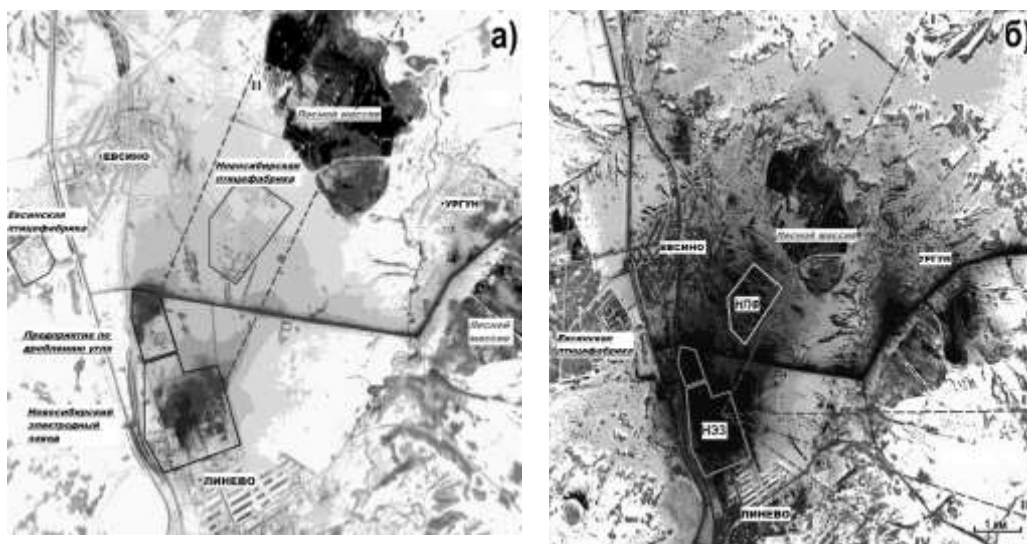


Рисунок 1. Поля выпадений пыли в окрестностях Новосибирского электродного завода, оцифрованные в тонах серого цвета по спутниковым снимкам от а) 2 марта 2011 г., б) 31 марта 2009 г. — — — — - сечения полей выпадений пыли по направлениям выноса

Корреляционный анализ данных позволил установить вид функциональных связей. Для точечного источника характерна степенная связь (рис 2а), для площадного – линейная (рис 2б).

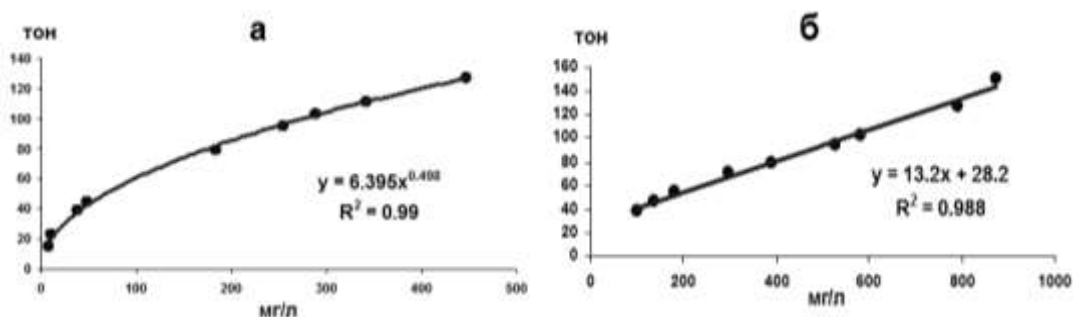


Рисунок 2. Функциональная связь в северо-восточном направлении между интенсивностью изменения тонов серого цвета (снимок 2.03.2011 г.) и полями выпадения пыли от труб НЭЗ (а) и от площадного источника – предприятия по дроблению угля (б)

Результаты проведенных исследований позволяют существенно оптимизировать выполнение наземного мониторинга загрязнения окрестностей промышленных предприятий в зимний период времени. С использованием данных спутниковых наблюдений и сравнительно небольшого количества точек отбора проб снега показана возможность восстановления полей многокомпонентного загрязнения территорий и оценивания суммарного выброса примесей.

1. Прокачева В.Г., Усачев В.Ф. Снежный покров как индикатор кумулятивного загрязнения в сфере влияния городов и дорог // Метеорология и гидрология. 2013. № 3.
2. Рапуга В.Ф., Шлычков В.А., Леженин А.А., Романов А.Н., Ярославцева Т.В. Численный анализ данных аэрозольных выпадений примесей от высотного источника // Оптика атмосферы и океана. 2014. № 8.