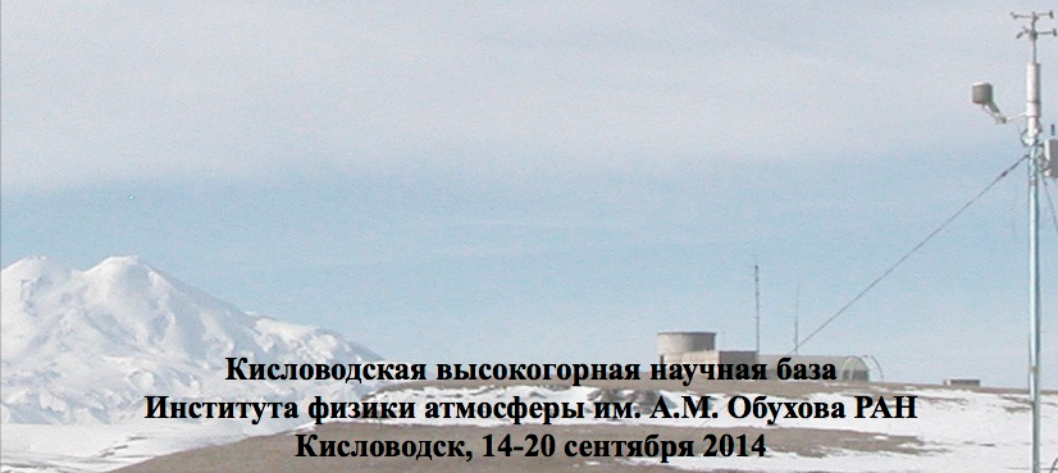
Международная школа-конференция
молодых ученых

Изменения климата и окружающей среды Северной Евразии: анализ, прогноз, адаптация

Тезисы докладов



Кисловодская высокогорная научная база
Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН
Кисловодск, 14-20 сентября 2014

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ им. А.М.ОБУХОВА РАН
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ РАН
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ ИМ. П.П. ШИРШОВА РАН

Международная школа-конференция молодых ученых

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ: АНАЛИЗ, ПРОГНОЗ, АДАПТАЦИЯ

14-20 сентября 2014 года
Сборник тезисов докладов

International Conference of Young Scientists

CLIMATE CHANGE AND THE ENVIRONMENTAL CHANGES OF NORTHERN EURASIA: ANALYSIS, PREDICTION, ADAPTATION

14-20 September 2014
Abstracts

МОСКВА-КИСЛОВОДСК
ГЕОС
2014

УДК 551.8, 551.5, 556
ББК 26.323
И 53

Редколлегия:
И.И. Мохов, О.Н. Соломина, Р.Н. Курбанов, А.В. Чернокульский

Международная конференция молодых ученых «Изменения климата и природной среды Северной Евразии: анализ, прогноз, адаптация». 14-20 сентября 2014 года. Кисловодск. Сборник тезисов докладов. М.: ГЕОС, 2014. 280 с.
ISBN 978-5-89118-660-6

International Conference of Young Scientists «Climate Change and the Environmental Changes of Northern Eurasia: Analysis, Prediction, Adaptation". 14-20 September 2014. Kislovodsk, Russia. Abstracts. Moscow. GEOS, 280 p.

Конференция проводится при поддержке:
Министерства образования и науки Российской Федерации
(договор №14.B25.31.0026)
Российского научного фонда (проект № 14-47-00049)
Российского фонда фундаментальных исследований
(проект № 14-05-20264)
Российской академии наук и Совета молодых ученых РАН
MSW 2014 неделя науки в Москве
Компании «БАЗИС» (эксклюзивного дистрибьютора канцелярских и офисных принадлежностей Lejoys в России).

ISBN 978-5-89118-660-6

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Со-председатели:

Мохов И.И.
Член-корр. РАН, д.ф.-м.н., Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
Соломина О.Н.
Член-корр. РАН, д.г.н., Институт географии РАН, Москва, Россия

Члены программного комитета:

Бровкин В.А., *Dr., Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg, Germany*
Володин Е.М., *д.ф.-м.н., Институт вычислительной математики РАН, Москва, Россия*
Величко А.А., *профессор, д.г.н., Институт географии РАН, Москва, Россия*
Гройсман П.Я., *Dr., UCAR at NOAA National Climatic Data Center, USA, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия*
Гулёв С.К., *член-корр. РАН, д.ф.-м.н., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва*
Еланский Н.Ф., *член -корр. РАН, д.ф.-м.н., Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия*
Кислов А.В., *профессор, д.г.н., Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*
Тишков А.А., *профессор, д.г.н., Институт географии РАН, Москва, Россия*

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Чернокульский А.В. *(со-председатель), к.ф.-м.н., Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия*
Курбанов Р.Н. *(со-председатель), к.г.н., Институт географии РАН, Москва, Россия*
Александрова М.П., *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва*
Артамонов А.Ю., *Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия*
Долгих А.В., *к.г.н., Институт географии РАН, Москва*
Мацковский В.В., *к.г.н., Институт географии РАН, Москва*
Панкратова Н.В., *к.ф.-м.н., Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия*
Сеник И.А., *к.ф.-м.н., Кисловодская высокогорная научная станция Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Кисловодск*
Тетерина Е.В., *Институт географии РАН, Москва*
Фалалеева В.А., *Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия*
Федорова Е.И., *Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия*

СОДЕРЖАНИЕ

Лекции

Володин Е.М. Изменения климата в XXI веке в Евразии по данным климатических моделей 13
Елисеев А.В. Глобальное моделирование взаимодействия климата и наземных экосистем 14
Куренкова Е.И. Особенности взаимодействия человека и природной среды на ранних этапах развития человеческого общества . . . 17
Макеев А.О. Палеопочвы и эволюция природной среды 22
Мохов И.И. Современные климатические проблемы. Анамнез, анализ, синтез, диагноз, прогноз 24
Репина И.А. Дистанционные методы исследования природных процессов в Арктике 25
Семенов В.А. Глобальное потепление и аномальная погода начала XXI века 28
Янина Т.А. Система Каспийского моря в условиях глобальных изменений климата неоплейстоцена 30

Секция 1. Изменчивость и долгопериодные изменения состояния атмосферы и гидросферы в регионах Евразии

Агеева В.Ю., Груздев А.Н., Гришаев М.В. Соотношение между изменениями общего содержания NO_2, озона и стратосферной температуры в зимне-весенние периоды в средних и высоких широтах северного и южного полушарий 35
Акперов М.Г., Мохов И.И., Прокофьева М.А. Вихревая активность во внетропических широтах Северного полушария 37
Александрова М.П., Гулев С.К. Изменение облачности и коротковолновой радиации над Северной Атлантикой 38
Алжирова И.В. Тепловой режим Северной Атлантики в конце лета и условия зимнего термического режима в республике Татарстан 40
Антохина О. Ю., Антохин П. Н., Мордвинов В.И. Летняя циркуляция атмосферы северного полушария и изменения климата Северо-Восточной Азии во второй половине XX и начале XXI вв. 42

Аржанова Н.М., Булыгина О.Н. Изменения характеристик гололедно-изморозевых явлений на территории России в последние десятилетия 44
Артамонова И.В. Эффекты форбуш-понижений космических лучей в эволюции внетропических барических систем 46
Аухадеев Т.Р., Переведенцев Ю.П. О влиянии макроциркуляционных систем на термобарический режим Приволжского федерального округа 48
Белаш Е.А. Оценка воспроизведения моделью WRF полей метеорологических величин для горных районов Северного Кавказа 49
Большунова Т.С. Особенности влияния эколого-геохимических и антропогенных факторов на состояние атмосферного воздуха по данным изучения лишайников 51
Боровский А.Н., Елохов А.С., Постыляков О.В., Капауа Y. Об измерении интегрального содержания формальдегида в тропосфере 54
Боровский А.Н., Арабов А.Я., Еланский А.С., Елохов А.С. Сравнение рядов общего содержания двуокиси азота на Северном Кавказе из измерений характеристик прямого и рассеянного солнечного излучения 55
Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. О влиянии гидрометеорологического состояния Северной Атлантики на климат Евразии 56
Важнова Н.А., Верещагин М.А.Опыт долгосрочного прогнозирования условий термического режима в Приволжском федеральном округе (ПФО) с большой заблаговременностью с учетом состояния Северной Атлантики 59
Василенко О.В., Воропай Н.Н. Особенности формирования климата котловин юго-западного Прибайкалья, в условиях современных климатических изменений 61
Воскресенская Е.Н., Коваленко О.Ю. Изменчивость параметров блокирующих антициклонов в европейском регионе по сезонам . 64
Гиппиус Ф.Н., Архипкин В.С., Суркова Г.В. Изменчивость параметров ветрового волнения на Черном море во второй половине XX века 67
Григорьев В.Ю., Попова Н.О., Телегина А.А. Применение данных дистанционного зондирования для определения величины запаса воды в снежном покрове на севере ЕТР 70
Громницкая А.А., Золотухина О.И. Термодинамические характеристики атмосферы в районе космодрома Восточный в дни с опасными конвективными явлениями 73

Гурьянов Д.А. К оценке продолжительности сезонов года в Санкт-Петербурге 75
Данилогорская А.А., Марфенина О.Е. Изменение функционального и видового разнообразия почвенной микобиоты при повышении температур на примере почв г. Москва 79
Денисов С.Н. Оценка стабильности метангидратов арктического шельфа 82
Железнова И.В. Удаленный отклик полей температуры воздуха и атмосферных осадков на два типа Эль-Ниньо 84
Зюляева Ю.А., Зверяев И.И., Колтерман П. Наблюдаемое изменение температурного режима в летний период на европейской территории России 86
Иванов В.А., Боровский А.Н., Елохов А.С., Постыляков О.В. Об определении источников NO_2 по сочетанию данных, полученных с передвижного измерительного комплекса и стационарных станций 87
Кессель А.С., Бекряев Р.В. Изменчивость вертикальной термической стратификации арктической тропосферы 88
Константинов П.И., Куканова Е.А. Острова тепла крупнейших городов России в начале XXI века: географические особенности и методологические подходы к изучению 89
Крашенинникова С.Б., Полонский А.Б. Синоптическая изменчивость циркуляции субтропической Атлантики и ее вклад в меридиональный перенос тепла 91
Кутузов С.С., Михаленко В.Н., Жино П., Козачек А.В. Изменение концентрации микрочастиц и химического состава фирново-ледяной толщи Эльбруса за последние 75 лет по данным ледниковых кернов 94
Мартынова Ю.В., Володин Е.М. О связи между аномалиями снежного покрова осенью и аномалиями динамики атмосферы последующей зимой по данным модели INMCM4 96
Морару Е.И., Логинов С.В., Ипполитов И.И. Исследование влияния флуктуаций характеристик Тихого и Атлантического океанов на изменчивость температуры воздуха в Северной Евразии 97
Мохов И.И., Тимажев А.В. Климатические аномалии на территории России и их связь с квазициклическими процессами 100
Огородова А.А., Полонский А.Б., Шокурова И.Г. Долгопериодная изменчивость поля кислорода в Черном море 101

Огурцов Л.А. Оценка изменения экстремальных осадков на территории Западной Сибири 103
Панкратова Н. В., Акперов М. Г. Пространственная и временная изменчивость малых газовых составляющих атмосферы над территорией Северной Евразии и ее связь с вихревой активностью 106
Поднебесных Н.В., Ипполитов И.И. Связь многолетней динамики параметров атмосферной циркуляции, на примере антициклонов, с приземной температурой воздуха над территорией Сибири 108
Рвачева М.Ю., Решетняк О.С. Антропогенная трансформация состояния речных систем Кольского полуострова (на примере бассейна реки Нива) 110
Решетченко С.И., Лысенко А.Г. Особенности температурного режима города Харьков и Харьковской области в современных условиях 113
Сажин И.В. Изменение характера дальних связей двух типов Эль-Ниньо в условиях потепления климата XXI века 116
Сухонос П.А., Полонский А.Б., Шокурова И.Г. Внутригодовая изменчивость завихренности поверхностных течений и напряжения трения ветра в Северной Атлантике 119
Телегина Е.А. Пространственно-временная изменчивость зимнего стока рек европейской территории России 122
Тимохина А.В., Прокушкин А.С., Панов А.В., Онучин А.А., Хайманн М. Временная изменчивость концентрации парниковых газов в атмосфере над среднетаежными экосистемами Сибири по данным 5-летних наблюдений на обсерватории "ZOTTO" 123
Червяков М.Ю., Скляров Ю.А., Котума А.И. Распределение и вариации альбедо и радиационный режим Гренландии 127
Чернокульский А.В., Эзау И.Н., Булыгина О.Н., Мохов И.И., Семёнов В.А. Изменения балла и типа облачности в атлантическом секторе Арктики в последнее столетие 130
Шабанов П.А. Внутригодовые вариации атмосферных осадков на территории России в условиях изменений климата 132
Шарапова А.А. Связь изменений термического режима с механизмами атмосферной циркуляции в горах Алтая 134
Штабкин Ю.А., Моисеенко К.Б. Сезонные вариации приземных концентраций O_3, CO и NO_X в Центральной Сибири: наблюдения ZOTTO и численное моделирование 136

Wang P., Wang T., Van Roozendael M. Tropospheric NO2 and SO2 over Northern China according to Ground-based MAX-DOAS observations 137
Wang G., Wang P. PM2.5 pollution in China 138
Xia X. Influence of aerosol effects on surface solar radiation: observation and simulation 138
Zhang M. Modeling of haze formation in Beijing 139

Секция 2. Эволюция наземных и морских экосистем в условиях естественных и антропогенных изменений климата

Анисимов М. А., Барляев А.Э. Особенности изменения положения береговой линии островов земли Франца-Иосифа в голоцене 141
Артамонов А.Ю., Репина И.А. Исследования взаимодействия атмосферы и подстилающей поверхности в прибрежных районах Антарктики на различных временных масштабах 142
Бобрик А.А., Гончарова О.Ю. Развитие северотаежных экосистем Западной Сибири в условиях естественного изменения климата 145
Захаров А.Л., Константинов Е.А. Анализ пространственных изменений морфологии крупных западин Приазовья 148
Иващенко К.В., Васенев В.И., Ананьева Н.Д. Эмиссия диоксида углерода микробным компонентом почв в условиях городских экосистем 150
Константинов Е.А. Трансформация рельефа плакоров Северо-Восточного Приазовья в среднем-позднем плейстоцене и голоцене 153
Константинова Н.Г. Развитие рельефа внутренних долин Хибинского массива в условиях дегляциации (поздний плейстоцен - голоцен) 156
Курбанов Р.Н. Особенности палеогеографии юго-восточного Прикаспия в позднем плейстоцене и голоцене по материалам изучения разреза Западный Челекен 159
Лящевская М.С. Природные и антропогенные факторы в развитии ландшафтов островов залива Петра Аеликого (Приморский край) 162
Лящевская М.С., Гребенникова Т.А., Разжигаева Н.Г. Деградация древесной растительности при изменении площади островной суши, на примере острова Зеленый (Малая Курильская гряда) 165

Макшаев Р.Р., Ощепков Г.В., Хомченко Д.С. Палеогеография хвалынской эпохи Северного Прикаспия 169
Межибор А.М. Эко-геохимические изменения окружающей среды по результатам исследований верховых торфяников Западной Сибири (на примере Томской области) 172
Новичкова Е.А., Рейхард Л.Е. Изменение условий осадконакопления в Двинском заливе Белого моря в голоцене по литологическим и микропалеонтологическим данным 176
Павлова М.Р. Динамика развития аласов северной части Лено-Амгинского междуречья в связи с изменениями климата 179

Секция 3. Адаптация природы, хозяйства и населения к ландшафтно-климатическим и антропогенным изменениям в прошлом, настоящем и будущем

Аверкиева И.Ю., Иващенко К.В., Грозовская И.С. Прогноз изменений, происходящих в структуре и функционировании лесов европейской части России в связи с увеличением антропогенной эмиссии азота 181
Балязин И.В. Влияние климатического фактора на изменение таксономического разнообразия почвенного мезонаселения при постагрогенном восстановлении степных геосистем 184
Бондарева Ю.А. Взаимосвязь типов антропогенного воздействия на ландшафты и площадей интенсивного преобразования почв в раннем железном веке на примере центральной части России . . . 187
Буторина С.А., Грищенко М.Ю., Морозова А.В., Соколов Л.С. Выявление и картографирование тепловой структуры природных и антропогенных территорий 191
Вершинина О.М. Неморализация лесных растительных сообществ урбанизированных территорий 194
Гармс Е.О., Сухова М.Г., Политова Н.Г. Изменение климата в алтайском регионе и его последствия для рекреационного природопользования 197
Глазов П.М., Тертицкий Г.М., Покровская О.Б., Медведев А.А., Гунько М.С. Изменения пролетных путей под влиянием трансформации ландшафтов в староосвоенных регионах европейской части России 201
Гордова Ю.Е., Титов А.Г., Шульгина Т.М., Мартынова Ю.В. Использование веб-гис «климат» для адаптации населения к климатическим изменениям 204

Долгих А.В. Почвообразование в условиях экстремальных антропогенных нагрузок древних городов 206
Долгих А.В., Кудиков А.В., Медведев А.А. Потоки углерода в древних селитебных ландшафтах лесной зоны Европейской России 208
Копытов С.В. Изменения направленности развития пойменно-русловых комплексов долины Верхней Камы в позднем голоцене 210
Ксенофонтова М.И., Данилов П.П. Формирование и трансформация термокарстовых котловин в условиях изменения современного климата (на примере Центральной Якутии) 214
Кудиков А.В., Горячкин С.В., Долгих А.В., Карелин Д.В., Люри Д.И. Изменение эмиссии углерода в ходе постагрогенной сукцессии на песчаных почвах южной тайги 218
Некрич А.С. Динамика площади аграрных угодий Курской области . . 220
Силаев А.В. Антропогенно-измененные геосистемы Тункинской котловины: из прошлого в будущее 223
Ширяева А.В. Метеорологические условия функционирования автотранспорта в холодный период года на территории Московской области 225
Шульц Е.А. Динамика агроклиматических ресурсов горных котловин Республики Алтай 228

Секция 4. Современные методы изучения климатических и палеоэкологических процессов, методы палеоклиматических и палеоландшафтных реконструкций

Вагапов И.М. Магнитная восприимчивость как показатель пространственной и профильной неоднородности почв, обусловленной палеоэкологическими факторами 232
Гольева А.А., Свирида Н.М. Диагностика древних пахотных горизонтов Московской области на примере селища Кукарки 234
Горностаева А.А., Антипин А.Н. Методика синхронизации временных шкал геотермических реконструкций палеоклимата на основе оценок изменений теплового потока через земную поверхность 236
Даниленко И.В., Солотчин П.А., Солотчина Э.П. Минералогические индикаторы климатических изменений в голоценовых осадках малых озер аридных зон байкальского региона 239
Иванов Е.Н. Современные методы изучения горных ледников – индикаторов климатических процессов юга Восточной Сибири 243
Иванов М.Н., Петраков Д.А., Stroeven A.P., Harbor J., Lifton N.A., Gribenski N., Heyman J., Blomdin R.L. Датирование морен

по космогенным изотопам и реконструкция позднеплейстоценового оледенения Тянь-Шаня 246
Карпов А.В., Курбатов Г.А., Бунтов Д.В. Экспериментальные исследования изменчивости вертикального турбулентного переноса аэрозоля в приземном слое атмосферы на опустыненных территориях 249
Коломеец Л.И., Смышляев С.П. Моделирование взаимосвязей между грозовой активностью, составом атмосферы и изменением климата 250
Коношонкин А.В., Кустова Н.В., Боровой А.Г. Решение задачи рассеяния света на перистых облаках для уточнения модели глобального изменения климата 252
Мацковский В.В., Долгова Е.А. Долгопериодная климатическая изменчивость и экстремальные события в северной и центральной частях европейской территории России на основе реконструкций по дендрохронологическим данным 255
Морозова П.А. Масс-балансовая модель горных ледников 257
Мурышев К.Е., Елисеев А.В., Тимажев А.В. Запаздывание между изменениями температуры и концентрации углекислого газа в атмосфере в расчетах с простой совместной моделью климата и углеродного цикла 258
Ощепков Г.В. Особенности применения фитоиндикационного метода при геоморфологических исследованиях (на примере хвалынской равнины Северного Прикаспия) 260
Панин П.Г. Палеопочвы, как индикатор изменения климата в позднем и среднем плейстоцене центра Восточно-Европейской равнины . 263
Пустовалов К.Н., Нагорский П.М. Электрические параметры приземной атмосферы при прохождении мощной конвективной облачности 267
Родионова А.Б., Гренадерова А.В. Палеоэкологические условия развития болотного массива Кускун (лесостепная зона средней Сибири) во второй половине голоцена 270
Селезнёва Е.В., Панин А.В. Комплексное использование топографических и геолого-геоморфологических данных для восстановления палетопографии территории археологического памятника на о. Пор-Бажин (Тува) 273
Хурамшина М.М. О применимости механизма RACM для численного моделирования химического состава воздуха Москвы в условиях устойчивой стратификации атмосферы 275
Шарафутдинов Р.А., Гренадерова А.В. Влияние геоморфологических условий на эволюцию болот Западного Саяна 279

ЛЕКЦИИ

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В XXI ВЕКЕ В ЕВРАЗИИ ПО ДАННЫМ КЛИМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Володин Е.М.
Институт вычислительной математики РАН, г. Москва, Россия
volodin@inm.ras.ru

Работа посвящена анализу вероятных изменений климата в Евразии по данным климатических моделей. Рассматриваются данные климатической модели INMCM4 (Володин и др., 2013), ансамбля климатических моделей CMIP5 (Collins et al., 2013), а также региональной модели HadRm3P (Jones et al., 2004). Основное внимание уделяется изменению температуры, осадков и режима увлажнения в теплую половину года. Большинство моделей показывают, что в теплую половину года наибольшее потепление при усилении парникового эффекта в конце XXI века ожидается на юге Европы, а в более северных районах Евразии потепление будет более умеренным. В холодную половину года, наоборот, наиболее сильное потепление следует ожидать на севере Евразии. В теплую половину года изменения температуры контролируются, в первую очередь, изменениями влажности почвы и ее способностью испарять влагу непосредственно или через растения. Более сильное потепление на юге Европы связано с более быстрым высыханием почвы в условиях глобального потепления. Менее сильное потепление в умеренных и высоких широтах Евразии происходит потому, что там почва из-за более низкой температуры не успевает высохнуть. Второй причиной является увеличение там количества осадков. Рассматриваются причины уменьшения количества осадков в субтропиках Евразии и увеличения количества осадков в более высоких широтах. Показано, что ожидаемое потепление существенно различается в начале теплого сезона (май-июнь) и в конце (июль-август) вследствие того, что в начале сезона во многих районах Евразии почва еще не успела вы-

сохнуть, а в конце сезона уже успела. Рассматриваются, как при глобальном потеплении изменяется температура в экстремально жаркие летние дни по сравнению с изменением температуры, средней за весь летний сезон. Существуют районы, где экстремально высокие температуры растут быстрее, чем средняя температура за лето. Положение этих районов определяется в первую очередь среднеклиматической влажностью почвы. Показано, что многие климатические модели имеют тенденцию завышать скорость высыхания почвы в субтропических районах Евразии, и поэтому оценки потепления в этих районах, полученные по таким моделям, могут быть несколько завышенными. Показано, что при глобальном потеплении изменяется функция распределения осадков: при потеплении большая часть осадков выпадает в виде сильных.

Литература

1. Володин Е.М., Дианский Н.А., Гусев А.В. Воспроизведение и прогноз климатических изменений в 19-21 веках с помощью модели земной климатической системы ИВМ РАН // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2013. N4. С.379-400.

2. Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichefet, P. Friedlingstein, X. Gao, W.J. Gutowski, T. Johns, G. Krinner, M. Shongwe, C. Tebaldi, A.J. Weaver and M. Wehner. Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

3. Jones R.G., Noguer M.., Hussel D.C., Hudson D.A., Wilson S.S., Mitchell D.F. Generation high resolution climate change scenarios using PRECIS. Met. Office Hadley Center, Exeter, 2004, 40p.

ГЛОБАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КЛИМАТА И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Елисеев А.В.
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН
eliseev@ifaran.ru

Земная климатическая система (ЗКС), наряду с физическими компонентами - атмосферой, океаном, деятельным слоем суши и криосферой, включает в себя и экосистемы, в том числе наземные.

Экосистемы взаимодействуют с каждой из указанных физических компонент климата, оказывая влияние на климатические характеристики на большом спектре пространственных и временных масштабов. Традиционно взаимодействие климата и экосистем подразделяется на биогеохимическую и биогеофизическую компоненты. К первому из них относят процессы, связанные с поглощением химических веществ наземными и морскими системами, а также с последующими преобразованиями этих веществ внутри систем. Остальные процессы относят к биогеофизическим.

В данной докладе проводится обзор сведений, касающихся моделирования взаимодействия климата и наземных экосистем при наличии внешнего (в том числе антропогенного) воздействия на климатическую систему.

Замена одного типа экосистемы другим (например, при дефорестации) непосредственно приводит к изменению альбедо поверхности, а, следовательно, и к изменению доли солнечной энергии, поглощаемой климатической системой. Численные эксперименты с климатическими моделями показали, что увеличение альбедо поверхности из-за землепользования в XX веке скомпенсировало 10-20% глобального потепления за этот период.

При замене естественной растительности сельскохозяйственными угодьями уменьшается интенсивность транспирации (т.е. притоку влаги к атмосфере). Однако при интенсификации земледелия повышение её продуктивности ведёт к более интенсивной транспирации влаги растениями.

Численные эксперименты с климатическими моделями позволили оценить влияние землепользования на изменения климата в последние столетия. В целом, увеличение альбедо поверхности относительно доантропогенного состояния способствовало охлаждению климата на 0.11-0.25^{o}C. Примерно 2/3 такого охлаждения обусловлено дефорестацией в XX веке. Тут следует отметить, что по оценкам, опубликованным в Пятом оценочном отчёте Межправительственной группы экспертов по изменениям климата (IPCC AR5) увеличение глобальной температуры атмосферы у поверхности в 2003-2012 гг. относительно 1850-1900 гг составило 0.78^{o}C (с интервалом неопределённости 0.72-0.85 ^{o}C). Как следствие, 10-20% возможного глобального потепления могло быть скомпенсировано изменением альбедо поверхности из-за дефорестации. В свою очередь, согласно результатам проекта LUCID (Land-Use and Climate, IDentification of

robust impacts), учёт изменения интенсивности эвапотранспирации при изменении типа растительности может существенно ослабить влияние растительности на изменение климата и даже изменить его знак.

Взаимодействие климата и наземных экосистем способно приводить к возникновению множественных устойчивых положений равновесия в ЗКС с потенциальным барьером между ними. При этом возможно резкое изменение состояния системы при наличии внешнего воздействия. Наиболее известным примером этого считается исчезновение растительности на западе Сахары в середине голоцена как отклика на изменение характеристик инсоляции (из-за изменения параметров орбиты Земли) при наличии множественных состояний равновесия, связанных с влиянием растительности на количество осадков.

Среди биогеохимических процессов важную роль играет (и наиболее хорошо изучен к настоящему времени) углеродный цикл, включающий в себя циклы углекислого газа (CO_2) и метана (CH_4).

Поглощение CO_2 наземными экосистемами (а также океаном) частично компенсирует его накопление атмосфере из-за антропогенных эмиссий. Это поглощение, в свою очередь, сложным образом зависит от состояния климата. Согласно численным экспериментам с климатическими моделями, обратная связь между климатом и углеродным циклом положительна: в XXI веке она усиливает температурный отклик на ~10%. Этот эффект связан, в основном, с откликом наземных экосистем на внешнее воздействие.

Важной частью взаимодействия климата и экосистем является цикл метана. Метан - сильный парниковый газ. Интенсивность ряда источников метана увеличивается с ростом температуры. Это справедливо, например, в отношении рисовых полей, влажных экосистем (включая болота), разложения органики. Как следствие, при потеплении климата дополнительное выделение метана может увеличить парниковое воздействие, приводя к дополнительному усилению потепления. Это может быть особенно важно в связи с тем, что бóльшая часть влажных экосистем (бореальные болота, тундра) находится в субполярных широтах, где на междекадных масштабах времени потепление климата оказывается наиболее значимым. Однако расчёты с климатическими моделями показали, что, несмотря на значительное (до 20% относительно версий модели, в которых не учитывается влияние изменений климата на эмиссии CH_4 из почвы)

увеличение содержания метана в атмосфере из-за этого, соответствующая модификация климатического отклика на антропогенные эмиссии оказывается очень малой.

Потенциально важным является возможное при деградации вечной мерзлоты выделение углерода, образовавшегося в тёплые эпохи прошлого и в настоящее время "замороженного" в толще многолетнемёрзлого почвогрунта.

Дополнительно рассматривается взаимодействие углеродного цикла с циклами других элементов, важных для функционирования земной биосферы, прежде всего азота и фосфора.

Взаимодействие климата и экосистем в настоящее время - одно из наиболее быстро развивающихся направлений науки о климате. Можно ожидать, что ряд важных результатов, полученных в последние примерно полтора десятилетия, будут значительно расширены и уточнены уже в ближайшие годы.

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА РАННИХ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Куренкова Е.И.
Институт географии РАН, Москва, Россия
paleolith@yandex.ru

Изучение главных закономерностей взаимодействия человека и природы – одно из наиболее интенсивно разрабатываемых направлений специалистами различных специальностей – антропологами, археологами, палеогеографами, генетиками, социологами и др. По сути, выявление и анализ динамики и главных векторов развития такого взаимодействия входит в число актуальных проблем сегодняшнего дня. Для того, чтобы успешно продвигаться по пути ее решения, необходимо учитывать особенности развития человеческого общества на различных этапах и особенно – в самом начале его формирования, на так называемой «доисторической» стадии, теснейшим образом связанной с общей эволюцией природных изменений на Земле. Только комплексный анализ общей системы "человек - человеческое общество - окружающая среда" может дать более

четкое представление о фундаментальных особенностях состояния этой системы в настоящее время и о перспективах, ожидающих человечество в будущем.

К настоящему времени в этой области накоплен достаточно большой материал. Результаты палеогеографических исследований свидетельствуют о многократных радикальных перестройках ландшафтно-климатической обстановки времени формирования человеческого общества на всем на протяжении его существования. Выработка системы существования и развития этого нового на планете вида на начальных этапах жизни, по всей видимости, в значительной степени зависела от адаптационных и социальных возможностей первобытных сообществ на различных уровнях антропогенеза.

Сам процесс становления предшественников человека автстралопитеков, который проистекал во внутритропическом пространстве, совпадает со временем изменений в состоянии ландшафтной оболочки, а именно – с резким усилением процессов аридизации, замещением в ряде областей сплошных массивов экваториальных лесов саваннами, местами - и опустыненными ландшафтами. Эти ландшафтные изменения происходили в связи с началом весьма существенного похолодания.

Важнейший перелом во взаимоотношениях между древнейшим человеческим обществом и природой наступает около 2 млн. лет назад (первая волна расселения из Африки), когда человек выходит за пределы внутритропического пространства. Он покидает экологическую нишу, связывавшую его со всеми прежними представителями семейства гоминид, и вторгается в экосистемы умеренного пояса, сначала в его южную окраину. Проникновение во внетропическое пространство скорее всего носило линейный характер, по-видимому через Ближний Восток и Кавказ. Тем самым человек нарушил границы своей экологической ниши и начал осваивать пространства с чуждыми ему до сих пор ландшафтами, для жизни в пределах которых ему понадобились совсем другие средства приспособления (постоянное использование огня, особый охотничий инвентарь, создание одежды, жилищ и пр.) [Величко, 1997]. Исследования последних лет указывают на то, что проникновение людей в Евразию происходило и на западе континента (Атапуэрка в Испании). По всей видимости, первые представители Homo erectus первоначально заселяли предгорья и низкогорья в Старом Свете. Человек прямоходящий не только проникает в умеренный пояс, но и существует там в течение

длительного времени, начиная примерно с середины среднего плейстоцена. Основой хозяйства по-прежнему были охота и собирательство. Уже в среднем плейстоцене, в интервале 400–300 тыс. л.н. люди вышли за пределы Кавказского региона и продвинулись к северу, на равнину, о чем свидетельствуют местонахождения в низовьях Дона и на Северском Донце – Хрящи, Михайловское [Праслов, 1969].

В первой половине последней плейстоценовой ледниковой эпохи (вюрм, валдай) человек вида Homo neanderthalensis, носитель среднепалеолитической культуры, расселился также главным образом в нижнем и среднем поясах горных сооружений. Этот пояс служил барьером, защищавшим от воздействия холодного климата бореальных пространств первобытное население, еще мало приспособленное к таким климатическим условиям. [Velichko, 1988]. В начале валдайской эпохи люди проникали далее к северу по долинам Волги и Днепра (стоянки Сухая Мечетка и Хотылево I).

Первое появление человека в Сибири отмечено у ее южных пределов, на Алтае-Саянском нагорье. Следы его проникновения из Центральной Азии в крайнюю южную часть Сибири фиксируются нахождением ашельской индустрии. Об этом говорят находки в Туве [Астахов, 2008]. Несомненным самым древним раннепалеолитическим памятником в Северной Азии на сегодняшний день считается стоянка Карама на реке Ануй, время обитания здесь людей относится к периоду 800-600 тыс. л.н. [Деревянко и др., 2002]. На востоке Евразии, в Китае, раннепалеолитические люди появляются примерно 1,3 млн л.н.

Около 200 тыс. л.н., по всей видимости, в Африке появляется человек современного вида - Homo sapiens. В позднем плейстоцене, в период прогрессирующего похолодания, начинается освоение им Старого Света. Вероятнее всего, вначале имело место его сосуществование с неандертальцами [Марков, 2011]. Однако человек современного типа, носитель новой, более прогрессивной, верхнепалеолитической культуры изготовления каменных орудий со временем занимает главенствующее место в процессе освоения новых территорий на огромных пространствах Евразии.

Верхнепалеолитические люди не только не отступили во время максимального за весь кайнозоя похолодания (18-20 тыс.л.н.), но, в сущности, пошли навстречу леднику. Это они заселили область перигляциальной тундростепи, где широко была распространена многолетняя мерзлота. Ее южная граница в период развития поздневал-

дайского оледенения проходила от Бискайского залива до Каспийского моря и далее через Северный Казахстан к югу Сибири, в Монголию и Северный Китай. Зимние температуры даже на юге перигляциальной зоны (примерно широта Среднего Днепра) опускалась до -30оС, господствующее положение в ландшафтах заняли тундростепи, климат даже в Европейском секторе был резко-континентальным [Величко, 1973]. В таких условиях человечеству приходилось выживать впервые. Однако оно уже было подготовлено к защите от столь неблагоприятного природного воздействия. И этот природный рубеж, как и многие предыдущие, был преодолен. В защитном «арсенале» позднепалеолитических людей были огонь, наземные жилища, загородки от ветра в пещерах, высокая социальная организация, совершенное охотничье хозяйство. Высокая степень специализации этого хозяйства, основанного на промысле крупных млекопитающих, позволила сохраниться человечеству в крайне неблагоприятных условиях и не только сохраниться, но продвинуться далеко на север отдельным охотничьим племенам. Об этом, в частности, свидетельствуют материалы стоянок в Предуралье и низовьях Печоры (время проникновения сюда человека датируется временем более 30 тыс. л.н.). Это говорит о том, что в эпоху верхнего палеолита древний человек достигал арктических широт. Здесь выявляется четкая связь расселения с колебаниями климата. Указанный проход на север совпадает с последним, средневалдайским, потеплением (брянским, каргинским мегаинтерстадиалом).

Человеческие коллективы верхнего палеолита начали активное освоение и пространств Сибири: известны позднепалеолитические памятники на юго-восточной окраине Западной Сибири, в Красноярском крае, Прибайкалье и Забайкалье, в Якутии и Приморье. Основным путем, которым продвигался на север человек в Сибири, была долина Лены. Относительно недавно открытая позднепалеолитическая стоянка на р. Яна имеет очень древний возраст и располагается также недалеко от долины Лены. Время обитания здесь людей (около 27-28 тыс. лет назад) совпадает со временем того же каргинского (брянского) мегаинтерстадиала. Хозяйство первобытных сибиряков было основано на охоте, главным образом, на северного оленя, лошадь и ряде стоянок – на мамонта и бизона [Питулько и др. 2007]

Наиболее активное освоение пространств Евразии человеком началось в конце позднего плейстоцена. На этом этапе наиболее ярко

проявляется активное воздействие первобытных сообществ не только на состояние поверхности непосредственного размещения долговременных поселений, но и на прилегающие территории. Это проявляется в создании крупных костно-земляных конструкций, нарушении почвенно-растительного покрова и, возможно, провоцировании активизации делювиальных процессов не только в пределах самих поселений, но и на прилегающих пространствах. Именно в конце плейстоцена произошло такое важное событие в истории планеты как начало освоения людьми Нового Света.

Наиболее значительным событием в истории первобытного человечества, произошедшим в конце плейстоцена (12-10 тысяч лет назад), было начало распада единой природно-хозяйственной зоны присваивающего хозяйства и образование в предгорьях Передней Азии зоны производящей экономики. Настало время начала нового межледниковья – голоцена, переход к следующим эпохам человеческой истории – мезолиту, неолиту и последующим стадиям. Начал развиваться новый тип взаимодействия человека и природы.

На протяжении голоцена на обширных пространствах Евразии происходило постепенное расширение зоны производящего хозяйства, которое в дальнейшем привело к возникновению в отдельных регионах ранних городских и протогородских цивилизаций. Наряду с этим на значительных пространствах бореальной зоны длительное время сохранялись формы присваивающего хозяйства, наиболее эффективного в данных условиях.

Литература

1. *Астахов С.Н.* 2008. Палеолитические памятники Тувы. СПб.: изд-во Нестор-История. 180 с.

2. *Величко А.А.* 1973. Природный процесс в плейстоцене. М.: Наука. 256 с.

3. *Величко А.А.* 1997. Глобальное инициальное расселение как часть проблемы коэволюции человека и окружающей среды. В кн.: Человек заселяет планету Земля. 4. Глобальное расселение гоминид. Под ред. А.А.Величко, О.А. Софер. М.: Ин-т географии РАН. С. 255–275.

5. *Деревянко А.П., Шуньков М.В., Зыкин В.С., Маркин М.М.* 2002. Новый раннепалеолитический комплекс в Горном Алтае // Проблемы археологии, этнографии и антропологии Сибири и сопредельных территорий: Мат-лы годовой сессии ИАЭТ СО РАН, декабрь 2000 г. Новосибирск: изд-во ИАЭТ. Т. 8. С. 84–89.

6. *Марков А.В.* 2011. Эволюция человека. Кн. 1. М.: corpus? 463 с.

7. *Питулько В.В., Павлова Е.Ю., Кузьмина С.А., Никольский П.А., Басилян А.Е., Тумской В.Е., Анисимов М.А.* 2007. Природно-климатические изменения на Яно-Индигирской низменности в конце каргинского времени и условия обитания

людей верхнего палеолита на севере Восточной Сибири // Доклады Академии Наук (РАН). Т. 417. № 1. С. 103–108.

9. *Праслов Н.Д.* 1969. Домустьерские и мустьерские памятники юга Русской равнины. В кн.: Природа и развитие первобытного общества на территории Европейской части СССР. Под ред. И.П. Герасимова. М.: Наука. С. 119–127.

10. *Velichko A.A.* 1988. Geology of the Mousterian in East Europe and the adjacent areas In: Otte M. (Ed.). L'Homme de Neandertal. Liège. V. 2. P. 181–206.

ПАЛЕОПОЧВЫ И ЭВОЛЮЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Макеев А.О.

Институт экологического почвоведения МГУ им М.В. Ломоносова, Москва,Россия

makeevao@gmail.com

Одним из главных итогов палеопочвенных исследований является осознание того факта, что современная педосфера является одним из бесчисленных временных срезов, отражающих эволюцию природной среды на протяжении всей истории Земли. Ключевая роль почвообразования в становлении и развитии геосферно-биосферных систем описывается с позиций учения о биогеохимической роли живого вещества В.И. Вернадского. Биогеохимическая запись, представленная в палеопочвах и продуктах их вовлечения в геологический круговорот (педолитосфере, по М.А. Глазовской), позволяет воспроизвести практически непрерывную картину эволюции ландшафтной оболочки Земли. Это своего рода периодическая система, в клеточки которой предсказанным образом вкладываются находки вновь открываемых палеопочв. Объектом изучения палеопочвоведения является педолитосфера в целом, а не только профили и горизонты палеопочв (погребенных, поверхностных и реэкспонированных). Почвообразование – постоянное звено геологического круговорота с самого начала геологической записи. Обитание (признаки жизни) и обитаемость (мелкоземистые субстраты) на суше возникли одновременно. Мощные профили докембрийских палеопочв позволяют пересмотреть представления о функциональных возможностях древнейших сообществ микроорганизмов.

Экология палеопочв раскрывается с позиций экосистемной теории эволюции, когда граничные рамки эволюции отдельных видов задаются биогеоценозом. На протяжении истории Земли наблюдается коэволюция палеопочв и биоты. Экологические функции почв

палеопочв проявляются на фоне биологической эволюции. Экологическая роль палеопочв проявляется во всех наиболее значимых событиях в эволюции ландшафтной оболочки, почвы также определяли изменение ряда глобальных биогеосферных циклов. Главные этапы становления педосферы связаны с формированием кислородной атмосферы, завоеванием суши высшими растениями, развитием травянистых экосистем. Экологическая роль палеопочв проявляется во всех компонентах древних ландшафтных оболочек. Так, формирование педосферы современного типа в среднем палеозое определило изменение атмосферного гидрологического цикла, характера эрозионных и эоловых процессов, архитектуры речных долин, и др.

Одним из постоянно идущих процессов в педолитосфере является экзогенез (гипергенез), определяющий соответствие почвообразования и седиментации в пределах седиментационных бассейна. Это соответствие обусловлено климатической сенсорностью не только почв, но и осадков. Важным вкладом палеопочвоведения в генетическое почвоведение является обоснование того представления, что субстратами для современного почвообразования в значительной степени являются продукты предшествующих (часто многократных) биогеосферных циклов. Многие свойства почв, например, глинисто-пылеватые фракции, в значительной степени унаследованы от биосфер прошлого. Четвертичное почвообразование в значительной степени реализуется на продуктах теплых дочетвертичных биосфер прошедших многократное переотложение. На протяжении геологической истории экзогенез приводит к увеличению мелкоземистой базы почвообразования.

Палеопочвы – важнейший палеогеографический архив с присущими ему пространственными и временными разрешениями. Будучи законсервированной средой обитания для большинства наземных ископаемых организмов, палеопочвы позволяют реконструировать экосистемы в целом, включая разнообразные функциональные связи, причем на качественном, и количественном уровне. Однако палеопочвенная запись представлена не только собственно в палеопочвах (инситных биокосных образованиях), но и в других компонентах педолитосферы (педолитах, инситных и перемещенных корах выветривания, терригенных осадочных, а часто и метаморфических породах, и пр.).

Почвенный покров формируется в непосредственном контакте с атмосферой, поэтому палеопочвы позволяют выполнять реконст-

рукцию палеоклиматических параметров как на качественном, так и на количественном уровнях. В настоящее время активно применяются методы расчёта среднегодовых температуры, осадков, степени контрастности климата, содержания углекислого газа и кислорода в атмосфере.

Новый статус палеопочвоведения определяется все расширяющимся взаимодействием с целым рядом наук о Жизни и Земле – планетарные науки, палеогеография, геология, геоморфология, палеогеохимия, палеонтология, геоархеология, генетическое почвоведения и сельское хозяйство.

СОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ. АНАМНЕЗ, АНАЛИЗ, СИНТЕЗ, ДИАГНОЗ, ПРОГНОЗ

Мохов И.И.
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия
mokhov@ifaran.ru

Обсуждаются климатические проблемы и возможные пути их решения. Выделяются ключевые современные глобальные и региональные климатические проблемы и задачи. Вопросы анализа и диагноза современных изменений климата обсуждаются в сопоставлении с вопросами анамнеза (с использованием эмпирических и модельных реконструкций) и прогноза (на основе модельных сценариев и экстраполяций). Рассматриваются вопросы взаимосвязи ключевых климатических процессов и синтеза исследований разных составляющих земной климатической системы – атмосферы, гидросферы, деятельного слоя суши (литосферы), криосферы и биосферы. Оценивается сравнительный вклад в климатические изменения естественных и антропогенных факторов. Обсуждаются проблемы предсказуемости, адаптации, предельно допустимых воздействий на климатическую систему, при превышении которых качественно меняется динамика глобального и регионального климата.

Анализ (греч. άνάλύσις – разделение целого на его составляющие).

Анамнез (от греч. άνάμνησις – воспоминание).

Диагноз (греч. διάγνώσις – распознавание).

Прогноз (греч. πρόγνώσις – предсказание).

Синтез (греч. σύνθεσις - соединение, складывание, связывание).

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АРКТИКЕ

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

Атмосфера – наиболее неустойчивый и быстро меняющийся компонент климатической системы Земли. Поэтому прогноз ее эволюции невозможен без постоянного мониторинга ее состояния. И с первых лет космической эры искусственные спутники, укомплектованные наблюдательными и обрабатывающими устройствами, широко используются для изучения атмосферы Земли. Спутниковое наблюдение позволяет обнаруживать циклоны и тайфуны в океанах, повышать точность метеопрогнозов, выбирать оптимальные маршруты для торгового и рыболовного флота, осуществлять мониторинг газового состава атмосферы и многое другое. Приведен комплекс задач, решаемых с помощью дистанционного зондирования в исследовании динамики и структуры атмосферы, ее газового состава, рассмотрены пути их решения. Исследованы преимущества и ограничения спутниковых методов. Дан краткий обзор современных спутников и приборов, используемых для исследования атмосферы и ее взаимодействия с поверхностью в полярных районах, использованы ссылки на доступные архивы данных. Приводятся примеры использования архивов спутниковых данных при решении задач исследования физики атмосферы. Наиболее перспективная и эффективная система мониторинга земной атмосферы должна быть основана на совместном использовании наземных, спутниковых наблюдений, а также результатов численного моделирования. В качестве примера такой системы рассмотрены современные реанализы. Дана оценка их достоверности и условий применимости в полярных районах. Приведены примеры использования. Особое внимание уделено перспективам изучения атмосферы из космоса и вопросам ассимиляции спутниковых данных в современных климатических моделях.

Лед, формирующийся в полярных океанах, играет огромную роль в климатической системе нашей планеты. Очевидно, что для адекватного описания процессов радиационного и теплового взаимодействия атмосферы и океана в полярных районах необходима надежная информация не только о положении границы ледяного покрова,

но и о площадях открытой воды внутри сплошных ледяных массивов. Корректные сведения о распределении льда с хорошим временным и пространственным разрешением также важны для судоходства и добычи полезных ископаемых на шельфе.

Мониторинг ледяного покрова полярных регионов может выполняться только с использованием средств дистанционного зондирования, расположенных на современных искусственных спутниках Земли. Наиболее перспективными методами мониторинга являются пассивные дистанционные методы исследования ледяного покрова в микроволновом диапазоне. Сплоченность льда, т.е. процентное соотношение площади льда к площади открытой воды, восстанавливается по данным пассивного микроволнового зондирования из космоса начиная с декабря 1972 года когда на орбиту был выведен радиометр ESMR (Electrically Scanning Microwave Radiometer). Регулярные наблюдения начаты с 1978 года, а с июля 1987 для определения сплоченности льда широко используется прибор SSM/I (Special Sensor Microwave/Imager), работающий на серии спутников DMSP (Defense Meteorological Satellite Program).

В лекции рассматриваются методы дистанционного зондирования, применяемые для диагностики состояния ледового покрова Арктики. Приведена история спутниковых измерений параметров морских льдов, дано описание основных спутниковых миссий. Особое внимание уделяется определению сплоченности морского льда по данным пассивного микроволнового зондирования. Проведено сравнение алгоритмов, применяемых для восстановления сплоченности ледяного покрова, дан обзор основных архивов данных. На основе спутниковых наблюдений приводится анализ климатической изменчивости ледяного покрова Арктики за последние десятилетия.

Также в лекции дается обзор и анализ современных методов определения характеристик энерго- и газообмена в системе океан-атмосфера по данным дистанционного зондирования. Основная проблема применения методов спутниковой радиометрии для анализа теплового взаимодействия между океаном и атмосферой связана с тем, что измеряемые со спутников характеристики собственного излучения как в СВЧ- , так и в ИК- диапазоне формируется не только в приводном 10- метровом, но и в вышележащих слоях атмосферы. Существуют различные подходы к использованию СВЧ- и ИК- радиометрических данных для оценки тепловых потоков между океа-

ном и атмосферой. Один из них основывается на восстановлении температурного градиента (профиля) в приповерхностном слое океана, величина и знак которого связаны с величиной вертикального турбулентного потока явного тепла. Эффективность подобного подхода в ИК- диапазоне подтверждена результатами многочисленных измерений в лабораторных условиях, со стационарных береговых пунктов, плавучих морских платформ, а также с борта низколетящих самолетов. В то же время не существует ни одного свидетельства использования ИК- или СВЧ- радиометрических методов для определения тепловых потоков по температурным профилям в оперативных крупномасштабных исследованиях океана, т.е. с помощью ИСЗ. Современные спутниковые ИК- и СВЧ- радиометрические средства, характеризующиеся точностью определения ТПО и ее вариаций в лучшем случае 0,5 — 1 ˚С, не гарантируют надежной индикации не только величины, но и знака температурного градиента в приповерхностном слое океана. То же самое можно сказать про СВЧ- и ИК- радиометрические методы восстановления вертикальных профилей температуры и влажности приводной атмосферы из измерений в спектрально локализованных полосах поглощения (излучения) ее наиболее важных с точки зрения тепловлагопереноса газовых составляющих — водяного пара и кислорода, которые в силу недостаточного спектрального разрешения и чувствительности радиометрической аппаратуры до сих пор рассматриваются лишь в качестве потенциальных источников информации о процессах тепло- и влагообмена в системе океан-атмосфера.

Более перспективным, а можно сказать, и вынужденным (с учетом возможностей современной техники дистанционного зондирования) является подход к определению тепловых потоков, базирующийся на косвенной (статистической) взаимосвязи между интегральными (усредненными по высоте) значениями температуры и влажности атмосферы, вариации которых надежно регистрируются СВЧ- и ИК- радиометрическими измерениями в конкретных участках спектра, с температурой и влажностью нижних слоев атмосферы. Эта связь обусловлена существующим в приводном и пограничном слоях воздуха механизмом турбулентного перемешивания тепла и влаги (которое в атмосфере намного более развито и интенсивно по сравнению с океаном) и проявляется более отчетливо для их среднемесячных (или декадных) значений, свободных от влияния часовых и суточных возмущений. Поэтому именно на таких времен-

ных масштабах получены обнадеживающие результаты по применению спутниковых методов для определения тепловых потоков на границе раздела океан-атмосфера.

Применение дистанционных методов исследования потоков метана и углекислого газа приводится на основе измерений в Арктическом регионе. Спутниковые наблюдения сравниваются с контактными измерениями во время высокоширотных экспедиций. Спутниковые наблюдения позволяют оценить пространственные и временные вариации концентраций и потоков метана и углекислого газа. Для анализа было выбрано два района в период наиболее подходящих для оценок условий (сентябрь-октябрь) Восточно-Сибирское море с подводной мерзлотой и Баренцево и Норвежское моря, где мерзлота и лед отсутствуют.

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И АНОМАЛЬНАЯ ПОГОДА НАЧАЛА XXI ВЕКА

Семенов В.А.
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия
vasemenov@mail.ru

Первое десятилетие XXI в. стало самым теплым за время инструментальных наблюдений за глобальной приповерхностной температурой на Земле. Наряду с рекордными значениями глобальной температуры начало XXI в. сопровождалось множеством экстремальных погодных явлений в различных регионах планеты. Многие из этих событий по своей интенсивности стали беспрецедентными за последние несколько столетий. Являются ли наблюдаемые тенденции увеличения частоты и магнитуды погодных аномалий следствием глобального потепления или это случайное совпадение? Относительно короткий период современного потепления не позволяет ответить на этот вопрос исключительно с помощью статистического анализа. Необходимо понимание физических механизмов влияния изменений характеристик динамики и термодинамики атмосферы при глобальном потеплении на формирование аномальных погодных явлений. Такие механизмы рассматриваются на примерах погодных аномалий и экстремальных явлений на территории России в последние годы: аномальные зимние холода, продолжительные за-

сухи, такие как лето 2010 г., экстремальные осадки в Крымске в 2012 г. Показано, что участившиеся аномально холодные температурные режимы зимой на европейской территории России парадоксальным образом связаны с таянием арктического льда и потеплением в Арктике. При этом такая связь существенно нелинейна и предполагает обратные тенденции в будущем – период частых морозов может смениться очень мягкими зимами при дальнейшем сокращении площади морских льдов. Аномальная жара 2010 г. также, возможно, была неслучайной. Формирование долгоживущего блокирующего антициклона, вызвавшего засуху и пожары, могло быть связано со стационированием планетарной волны синоптического масштаба, что вызвало погодные аномалии разных знаков вдоль всего широтного круга. Этому, в свою очередь, могло способствовать замедление зонального потока при глобальном потеплении и его бимодальность. Данные примеры иллюстрируют аномальную погоду, связанную с крупномасштабной и глобальной динамикой атмосферы. Ярким примером механизма регионального масштаба является наводнение в Крымске, вызванное беспрецедентными по интенсивности осадками. Численное моделирование атмосферы с высоким пространственным разрешением показало, что на количество осадков существенным образом повлияло потепление поверхности Черного моря в последние десятилетия. При достижении определенного значения температуры воды, что случилось в последние годы, при направленном с моря воздушном потоке происходит инициация проникающей конвекции и резкое усиление осадков. Таким образом, показано, что формирование аномальной погоды и экстремальных явлений в XXI веке в ряде случаев может быть связано с глобальными и региональными изменениями климата посредством различных физических механизмов, в том числе весьма сложных и нелинейных, для понимания которых важным инструментом являются численные модели атмосферы.

СИСТЕМА КАСПИЙСКОГО МОРЯ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА

Янина Т.А.
Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
paleo@inbox.ru

Введение. Эволюция природной системы Каспия и ее отдельных компонентов в неоплейстоцене зависела от целого ряда причин: глобальные климатические изменения, ледниково-межледниковая ритмика Русской равнины и горных территорий (размер и контуры ледников, динамика их роста и деградации, перестройка речных систем бассейна и изменение величины их стока), геологические факторы (высота Манычского порога, неотектонические движения, осадконакопление в бассейне и т.д.). Определяющая роль в неоплейстоцене принадлежала глобальным изменениям климата – чередованиям теплых и холодных эпох, обусловленных вариациями инсоляции в результате изменений элементов земной орбиты (MIS 19-1).

Основой для реконструкции событий в Каспийском регионе служат биостратиграфические (экостратиграфические) схемы Каспия и Маныча, выполненные в результате критического анализа основных местонахождений малакофауны в регионе [5, 6]. При палеогеографических реконструкциях применен сопряженный метод – взаимодополняющее и контролирующее комплексное использование результатов геоморфологического, литолого-фациального, палинологического, диатомового, геохронологического и др. видов анализа новейших отложений. Материалы о климатических событиях неоплейстоцена взяты из литературных источников [1, 2 и др.].

Результаты исследований. Глобальные климатические события раннего неоплейстоцена включают теплые (MIS 19, 17, 15-13) и холодные (MIS 18, 16, 12) эпохи, имеющие сложное строение. На Русской равнине обоснованы два покровных оледенения в эту геологическую эпоху: донское (MIS 16) и окское (MIS 12), разделенные стадийной мучкапской межледниковой эпохой (MIS 15-13). Начало неоплейстоцена ознаменовалось длительной и глубокой тюркянской регрессией – солоноватоводным бассейном с отрицательными отметками уровня. В его отложениях установлена палеомагнитная

граница Матуяма - Брюнес (780 тыс. лет назад). Значительное глобальное похолодание климата к середине раннего неоплейстоцена (MIS 16) изменило уровенное состояние бассейна. Начальные стадии похолодания, обусловившие уменьшение испарения (как с акватории Каспия, так и на его водосборе) и в целом увеличение увлажнения региона, привели к подъему уровня и развитию раннебакинской трансгрессивной стадии (холодноводной, с пониженной соленостью). В условиях холодного и сухого климата максимума оледенения подъем уровня, очевидно, должен был прекратиться, а море регрессировать. Регрессия между двумя стадиями бакинской трансгрессии не доказана, или же была незначительной. Меридиональная вытянутость Каспия, с продолжающимся увлажнением его южной области, скорее всего, «сгладила» этот эффект.

Трансгрессивное развитие бассейна возобновилось в условиях потепления и деградации оледенения. О повышении температуры воды бакинского бассейна и увеличении его мутности в результате поступления большого количества речных вод, насыщенных взвесями, говорит фаунистический состав. Максимальное развитие бакинской трансгрессии по достижении ею уровня Манычского порога привело к сбросу каспийских вод по Манычскому проливу в позднечаудинский водоем Понта. Межледниковое потепление и аридизация вызвали понижение уровня бакинского бассейна и прекращение функционирования пролива.

Глобальные климатические события среднего неоплейстоцена включают теплые (MIS 11, 9, 7) и холодные (MIS 10, 8, 6) эпохи. На Русской равнине им отвечают (соответственно) лихвинское, чекалинское межледниковья, одинцовское межстадиальное потепление; печорское оледенение, днепровская и московская стадии днепровского оледенения. На глобальное потепление климата (MIS 11) Каспий отреагировал продолжительной регрессивной эпохой, внутри которой отмечалась небольшая урунджикская трансгрессия − самый тепловодный и солоноводный трансгрессивный бассейн Каспия, отвечающая фазе похолодания и увлажнения внутри продолжительного и сложного по структуре межледниковья. Она была отделена как от бакинской, так и следующей за ней раннехазарской трансгрессии, регрессиями. Холодные эпохи среднего неоплейстоцена отразились в Каспии тремя раннехазарскими трансгрессивными стадиями, разделенными регрессиями. Урунджикский бассейн Каспия был изоли-

рованным. Раннехазарская трансгрессия сбрасывала свои воды в эвксинские бассейны Понта.

Глобальные климатические события позднего неоплейстоцена включают межледниковую (MIS 5) и двухстадийную ледниковую (MIS 4-2) эпохи, отразившиеся на Русской равнине микулинским межледниковьем и валдайским оледенением. Межледниковье в Каспии отмечено его регрессивным состоянием, сменившимся в первый эндотермал (в фазу похолодания и увлажнения) первой стадией позднехазарской трансгрессии – тепловодным бассейном с отрицательными отметками уровня. Регрессия раннего позднехзарского бассейна, очевидно, произошла в термоксеротическую фазу межледниковья. В условиях сменившего ее второго эндотермала конца межледниковья получила развитие вторая трансгрессивная стадия (гирканская), образовавшая обширный лиман с глубоким проникновением в долину Маныча, где существовал протяженный залив карангатского моря Понта. Строение верхнеплейстоценовой толщи в Манычской депрессии, образующей «слоеный пирог» из отложений с карангатской и позднехазарской малакофауной [4], подтверждает одновременность этих событий и свидетельствует о нестабильном состоянии уровня бассейнов. На начальных стадиях глобального похолодания уровень карангатского моря стал падать вслед за уровнем океана. Каспийские воды гирканского бассейна ингрессировали в освобождающуюся от карангатского залива долину Маныча, а затем и в Понт.

По мере приближения к максимуму ранневалдайского похолодания (MIS 4), в условиях холодного и сухого климата, гирканский бассейн регрессировал (ательская регрессия), о чем свидетельствуют ледяные клинья в основании ахтубинских осадков и перигляциальные спорово-пыльцевые спектры отложений. Неоднородность климатических условий, выразившаяся в чередовании стадиалов и интерстадиалов, в ательских отложениях отразилась в появлении горизонтов ископаемых почв.

Глобальное потепление (MIS 3) нашло отклик в межстадиальном смягчении климата на равнине, увеличении стока с водосборных бассейнов и уменьшении испарения над акваториями. Увеличение приходной составляющей водного баланса вызвало трансгрессивную тенденцию в Каспии (начальная фаза раннехвалынской трансгрессии). В начальные фазы похолодания (MIS 2) Каспий продолжал трансгрессировать, но его трансгрессивная тенденция была прервана

в эпоху максимального похолодания (LGM), отличавшегося наиболее суровым климатом в неоплейстоцене [2]. Развитие трансгрессии возобновилось в эпоху деградации оледенения. Раннехвалынская трансгрессия, достигнув уровня Манычского порога, выработала эрозионную долину, по которой сбросила часть вод в Понт. В Каспии сброс вод вызвал снижение уровня. С его новым подъемом последовала ингрессия каспийских вод в долину и следующий этап их стока в новоэвксинский водоем. Дальнейшее развитие хвалынского бассейна осложнялось событиями, отвечавшими пульсации климатических параметров: холодные засушливые условия среднего дриаса – енотаевской регрессией, континентализация бореального периода голоцена – мангышлакской регрессией.

Заключение. Сопряженный палеогеографический анализ показал, что обширные каспийские трансгрессии (бакинская, раннехазарские, раннехвалынская) развивались в холодных климатических условиях (холодные трансгрессии). Наряду с ними внутри крупных регрессивных эпох происходили трансгрессии существенно меньшей величины (малые трансгрессии) с отрицательными отметками уровня (уруджикская, позднехазарская, новокаспийская, теплые трансгрессии).

В неоплейстоценовом климатическом ритме Русской равнины выделены теплые и холодные фазы, а в каждой фазе по признаку увлажненности – стадии: в теплой – термоксеротическая и термогигротическая; в холодной – криогигротическая и криоксеротическая [3]. Климатические условия холодной гигротической фазы благоприятствовали развитию оледенения на Русской равнине. Анализ соотношения температуры и влажности в Каспийском регионе при глобальных изменениях климата показывает, что наиболее благоприятные условия для развития трансгрессий (плювиалы) существовали в криогигротические фазы климатического ритма – это были эпохи холодных каспийских трансгрессий. Криогигротические климатические фазы в Каспийском регионе и на Русской равнине имели место со сдвигом во времени; каспийские трансгрессии достигали максимальных значений раньше максимального развития оледенения; а к максимуму оледенения на Русской равнине отвечал спад уровня Каспия. Термоксеротическим климатическим фазам отвечали регрессивные эпохи Каспия. Его теплые трансгрессии происходили в фазы похолодания и увлажнения внутри продолжительных, сложных по своей структуре, межледниковий. На эту идеализиро-

ванную схему зависимости трансгрессивно-регрессивного развития Каспия от глобальных климатических изменений накладываются региональные факторы, существенно ее осложняющие.

Работа выполняется в рамках проектов РФФИ 13-05-00086 и 14-05-00227.

Литература

1. *Болиховская Н.С., Молодьков А.Н.* Периодизация, корреляция и абсолютный возраст теплых и холодных эпох последних 200 тысяч лет // Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. М.: Географический ф-т МГУ, 2008. С. 45-64.

2. *Величко А.А., Ахлестина Е.Ф., Борисова О.К. и др.* Эоплейстоцен и плейстоцен // Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет. М.: ГЕОС, 1999. С. 58-76.

3. *Гричук В.П.* Гляциальные флоры и их классификация // Последний ледниковый покров на северо-западе Европейской части СССР. М.: Наука, 1969. С. 57-70.

4. *Попов Г.И.* Плейстоцен Черноморско-Каспийских проливов. М.: Наука, 1983. 216 с.

5. *Свиточ А.А., Янина Т.А.* Четвертичные отложения побережий Каспийского моря. М.: географический факультет МГУ, 1997. 260 с.

6. *Янина Т.А.* Неоплейстоцен Понто-Каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция. М.: МГУ, 2012. 264 с.

Секция 1.
Изменчивость и долгопериодные изменения состояния атмосферы и гидросферы в регионах Евразии

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ИЗМЕНЕНИЯМИ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ NO2, ОЗОНА И СТРАТОСФЕРНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЕ ПЕРИОДЫ В СРЕДНИХ И ВЫСОКИХ ШИРОТАХ СЕВЕРНОГО И ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЙ

Агеева В.Ю.[1], Груздев А.Н.[1], Гришаев М.В.[2]
[1]*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия*
[2]*Институт оптики атмосферы имени В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*
ageyevavy@tut.by

Анализируются данные наземных спектрометрических измерений общего содержания NO_2 (ОС NO_2) на ряде станций Северного и Южного полушарий: Иссык-Куль (42.62° N), Лаудер (45.05° S), Юнгфрауйох (46.55° N), Звенигород (55.69° N), Томск (56.50° N), о. Кергелен (49.35° S) и о. Маккуори (54.50° S) в средних широтах, Харестуа (60.22° N), Соданкюла (67.37° N), Дюмон-Дюрвиль (66.67° S) и Жиганск (66.76° N) высоких широтах, и Арктической станции Скорсбисунн (70.48° N). Все станции, кроме Томска, часть Сети по обнаружению изменений состава атмосферы (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change – NDACC). К анализу также были привлечены данные спутниковых измерений общего содержания озона (ОСО) и данные о температуре изобарических поверхностей в стратосфере по результатам аэрологического зондирования. Из временных рядов исследуемых параметров были исключены средние годовые циклы, используя метод гармонического анализа.

В зимне-весенний период 2011 г. отрицательные аномалии ОС NO_2 имели рекордные значения почти для всех станций северного полушария. Они сопровождались аномалиями ОСО и стратосферной

температуры и были вызваны заносом стратосферного воздуха из области озонной дыры, наблюдаемой в это время над Арктикой.

Связь между изменениями стратосферного содержания NO_2, ОСО и температуры в зимне-весенние периоды была проанализирована и количественно оценена с помощью корреляционного и линейного регрессионного анализа. Коэффициенты корреляции и регрессии рассчитывались по четырехмесячным зимне-весенним периодам, начиная с 90-х гг., и для эпизодов отрицательных аномалий ОС NO_2, вызванных заносом стратосферного воздуха из области озонной дыры.

В умеренных и высоких широт северного и южного полушарий в зимне-весенние периоды выявлена зависимость коэффициентов корреляции и регрессии изменений ОС NO_2 с изменениями ОСО и стратосферной температуры от фазы квазидвухлетней цикличности (КДЦ) экваториального стратосферного ветра и отсутствие таковой зависимости для коэффициентов корреляции и регрессии между изменениями ОСО и температуры. Так, связь изменений ОС NO_2 с изменениями ОСО и температуры сильнее в годы с западной фазой КДЦ, чем в годы с восточной фазой КДЦ. В средних широтах обоих полушарий (40-45°) связь вариаций ОС NO_2 и ОСО слабая вне зависимости от фазы КДЦ.

Для эпизодов аномалий в южном полушарии и аномалий 2011 г. в северном полушарии, вызванных заносом воздуха из области озонной дыры, коэффициенты корреляции и регрессии между изменениями ОС NO_2, ОСО и температуры выше или сопоставимы с аналогичными коэффициентами за зимне-весенние периоды при западной фазе КДЦ. Коэффициенты для аномалии 2011 г. в северном полушарии сопоставимы с аналогичными коэффициентами для аномалий в южном полушарии.

Таким образом, можно подытожить, что, физико-химические процессы, обусловливающие озонный дефицит в стратосфере в условиях динамической изоляции полярной стратосферы при сильном циркумполярном вихре, способствуют пространственной корреляции полей ОС NO_2, ОСО и стратосферной температуры в полярных и приполярных регионах.

ВИХРЕВАЯ АКТИВНОСТЬ ВО ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ШИРОТАХ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Акперов М.Г., Мохов И.И., Прокофьева М.А.
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН
aseid@ifaran.ru

Проведен анализ изменений характеристик циклонов и антициклонов [1,2] (количество, время жизни, интенсивность и размер) для различных сезонов в атмосфере внетропических широт Северного полушария по данным реанализа для последних десятилетий. В том числе анализируются относительные изменения характеристик циклонов и антициклонов. Особое внимание уделяется анализу интенсивных циклонов и антициклонов.

В целом отмечено незначительное увеличение количества внетропических циклонов Северного полушария для периода 1948-2012 гг., а также их увеличение при возрастании полушарной приповерхностной температуры. При этом число внетропических антициклонов меняется незначительно для периода 1948-2012 гг. При увеличении полушарной приповерхностной температуры максимальное различие в общем количестве циклонов и антициклонов проявляются в теплый сезон. Антициклонов становится больше в холодный сезон, а циклонов – в теплый.

Также отмечено незначительное увеличение доли слабых антициклонов (с интенсивностью до 5 гПа) в холодный и теплый сезон для периода (1983-2012 гг.) относительно периода (1948-1977 гг.). При этом доля более мощных антициклонов (с интенсивностью не менее 20 гПа) уменьшается в целом за год и для холодного сезона для второго периода. Отмечено увеличение числа мелких циклонов (с радиусом до 300 км) и крупных антициклонов (с радиусом от 900 до 1300 км) в холодный и теплый сезон для периода (1983-2012 гг.) относительно (1948-1977 гг.). В целом за год доля очень крупных антициклонов (с радиусом не менее 1900 км) уменьшается.

Наблюдается небольшое увеличение долгоживущих (с длительностью не менее 7 сут.) антициклонов и уменьшение короткоживущих (с длительностью до 3 сут.) антициклонов в целом за год к концу 20 века. Уменьшается характерное время жизни долгоживущих антициклонов (время жизни не менее 7 сут.) в среднем для года

на 7%, а для теплого сезона – увеличение на 84% для периода (1983-2012 гг.) по сравнению с (1948-1977 гг.).

Литература

1. *Акперов М.Г., Бардин М.Ю., Володин Е.М., Голицын Г.С., Мохов И.И.* Функции распределения вероятностей циклонов и антициклонов по данным реанализа и модели климата ИВМ РАН // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2007. Т.43. No.6. С.764-772.

2. *Голицын Г.С., Мохов И.И., Акперов М.Г., Бардин М.Ю.* Функции распределения вероятности для циклонов и антициклонов в период 1952-2000 гг.: инструмент для определения изменений глобального климата // Доклады АН. 2007. Т.413. No.2. С.254-256.

ИЗМЕНЕНИЕ ОБЛАЧНОСТИ И КОРОТКОВОЛНОВОЙ РАДИАЦИИ НАД СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКОЙ

Александрова М.П., Гулев С.К.

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

marina@sail.msk.ru

Приходящая коротковолновая солнечная радиация – основной источник энергии в системе океан-атмосфера. Знание о величине потока коротковолновой солнечной радиации у земной поверхности необходимо для оценки теплового баланса земли, расчета притока тепла к поверхности и его переноса водными и воздушными массами. Но прямые измерения коротковолновой солнечной радиации даже на суше проводятся далеко не на всех метеорологических станциях. А на океане такие измерения осуществляются лишь на специализированных научно-исследовательских судах, и соответственно, очень редки. На данный момент основными источниками знаний о глобальных полях потоков энергии океан-атмосфера являются долговременные адаптивные анализы атмосферы (ре-анализы), спутниковые наблюдения и оценки, рассчитываемые по данным судовых попутных наблюдений на основе интегральных параметризаций. Поверхностные потоки из ре-анализов Национального Центра Прогнозов Природной Среды США (NCEP/NCAR) и Европейского Центра Среднесрочных Прогнозов Погоды (ECMWF) обеспечивают глобальное покрытие и высокое разрешение, однако существенно зависят не только от параметризаций, используемых в атмосферных моделях, но и от метеорологических параметров, также диагности-

руемых моделью. В частности облачность, являющаяся ключевым параметром для оценки радиационных потоков, - один из наименее достоверно воспроизводимых моделью элементов. Спутниковые данные о потоках доступны только за последние несколько лет. Поэтому климатологии потоков приходящей коротковолновой солнечной радиации, созданные на основе попутных судовых наблюдений, на данный момент остаются незаменимым источником глобальной долговременной информации.

В Лаборатории Взаимодействия Океана и Атмосферы и Мониторинга Климатических Изменений Института Океанологии РАН была создана новая параметризация ЛВОАМКИ, позволяющая рассчитывать приходящий к поверхности океана поток коротковолновой радиации. Главными достоинствами данной параметризации являются логарифмическая зависимость фактора пропускания от высоты Солнца (в то время как аналогичные параметризации используют линейную) и разделение облачности на 5 классов в зависимости от типа облаков в случае 7-8 окт общей облачности.

Данная параметризация была применена к архиву данных ICOADS. Этот архив представляет собой набор попутных судовых телеграмм, содержащих широкий спектр океанологических и метеорологических данных, в том числе полную информацию об облачности.

В данной работе рассматриваются среднемесячные поля коротковолновой радиации для Северной Атлантики, как для района с высокой плотностью судовых наблюдений, рассчитанные за период с 1950 по 2011 год. Для сравнения с другими параметризациями коротковолновой радиации были выбраны широко используемые схемы Добсона-Смита [4] и Малевского [2,3]. Следует отметить, что параметризация ЛВОАМКИ показывает меньшее значение потока коротковолновой солнечной радиации, чем схема Добсона-Смита. В то же время в сравнении с параметризацией Малевского она демонстрирует несколько больший поток приходящей солнечной радиации. Детальное сравнение вышеописанных климатологий коротковолновой радиации позволяет выделить районы, где различные параметризации ведут себя по-разному. Например, в Лабрадорском море параметризация ЛВОАМКИ показывает большие значения потока приходящей солнечной радиации, чем схема Добсона-Смита, в то время как над остальной акваторией она демонстрирует меньшие значения.

Основным фактором, влияющим на изменение приходящей коротковолновой солнечной радиации, является облачность. Поэтому причины изменчивости полей радиации стоит искать в режимах облачности. Нами были рассчитаны среднемесячные поля общего и нижнего балла облачности, а так же построены карты повторяемости для каждого балла облачности. Для анализа временной изменчивости облачности были оценены тренды среднемесячных значений за последние 60 лет. Кроме того, построены гистограммы распределения облачности в отдельных районах, позволяющие объяснить причины различия полей коротковолновой радиации, полученных с применением всех рассматриваемых параметризаций.

Литература

1. Александрова М.П., Гулев С.К., Синицын А.В. Уточнение параметризации коротковолновой радиации на поверхности океана на основе прямых измерений в Атлантическом океане. Метеорология и гидрология, №4, 2007. С. 45-54.

2. Гидрюк Г.В., Егоров Б.Н., Кириллова Т.В., Несина Л.В. Влияние облачности на суммарную радиацию, поступающую на поверхность океана. Труды ГГО. – 1973. Вып. 297. С. 109-117.

3. Гидрюк Г.В., Егоров Б.Н., Кириллова Т.В., Строкина Л.А. Прозрачность атмосферы над океаном и суммы возможной радиации. Труды ГГО, 1973. Вып. 297. С.99-108.

4. Dobson, F.W. and Snith, S.D. Bulk models of solar radiation at sea. Quart. J.R. Met.Soc., 1988, 114, pp.165-182

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ В КОНЦЕ ЛЕТА И УСЛОВИЯ ЗИМНЕГО ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Алжирова И.В.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия
IVAlzhirova@kpfu.ru

Работа посвящена выявлению возможности и уровня надежности долгосрочного прогнозирования условий январского термического режима в Республике Татарстан (РТ) по тепловому состоянию Северной Атлантики в конце предшествующего лета (в августе).

В задачи исследования входило выяснение следующих вопросов:

- анализ особенностей теплового режима Северной Атлантики в конце лета;

- уяснение механизма влияния очагов аномалий температуры поверхности воды (АТПО) на циркуляцию атмосферы и возникновение длительных аномалий термического режима на континенте;
- выявление местоположения очагов в полях АТПО в августе, заключающих максимум полезной прогностической информации относительно условий январского термического режима в РТ;
- тестирование разрешающих способностей разных методов долгосрочного прогноза январского термического режима в РТ по полю АТПО а августе.

Долгосрочные метеорологические прогнозы, в которых предусматривается попадание предиктанта лишь в одну из двух возможных категорий, а сама его величина может быть разной, определяются как двухфазные (альтернативные). Для решения такого рода задач используются различные варианты дискриминантного анализа [4; 5]. В настоящей работе тестировались возможности использования лишь двух из них: линейного и непараметрического методов дискриминантного анализа.

В ходе исследования выявлено, что большая теплоемкость водной среды предопределяет «значительную» устойчивость очагов АТПО и продолжительное время их однозначного теплового воздействия на атмосферу [1; 3].

Длительно существующие крупномасштабные очаги АТПО предопределяют возникновение в тропосфере квазистационарных длинных волн (волн Россби) [2]. При этом на длительное время блокируется западный перенос, а территория Среднего Поволжья (Республика Татарстан) может подпадать под воздействие устойчивых меридиональных потоков.

Установлено, что между полями АТПО перед аномально теплыми и нетеплыми январями имеются статистически достоверные различия, которые наиболее отчетливо проявляются в створе Северо-Атлантического теплого течения.

Апробированы методы линейного и непараметрического дискриминантного анализа для прогнозов термического режима в январе для РТ с четырехмесячной заблаговременностью по полю АТПО в августе, показавшие удовлетворительные результаты: общая оправдываемость первого из них составила 73%, второго – 80%, что заметно выше надежности официальных месячных ДМП Гидрометцентра России (69-72%).

Литература

1. Угрюмов А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. Спб.: Гидрометеоиздат, 2006. 83 с.

2. Доронин Ю.П. Взаимодействие атмосферы и океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 288 с.

3. Угрюмов А.И. Тепловой режим океана и долгосрочные прогнозы погоды. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 175 с.

4. Багров Н.А, Мерцалова Н.И. О тепловом взаимодействии атмосферы и океана// Тр. ЦИП, 1970. Вып. 74. С. 24-34.

5. Чичасов Г.Н. Месячные прогнозы погоды, их состояние и перспективы: Обзор. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1984. 50 с.

ЛЕТНЯЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX И НАЧАЛЕ XXI ВВ.

Антохина О. Ю.[1], Антохин П. Н.[1], Мордвинов В.И.[2]

[1]Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Россия, Томск, apn@ioa.ru

[2]Институт солнечно-земной физики СО РАН, Россия, Иркутск, v_mordv@iszf.irk.ru

Ключевым климатообразующим фактором и основным фактором осадкообразования в северном Китае, Монголии и Забайкальском крае является фронтальная система Восточноазиатского муссона, разделяющая влажные муссонные потоки воздуха с Тихого океана и воздушные течения умеренных широт. Об этой особенности восточноазиатского муссона еще в 1956 г. писал Хромов С.П.: "Я думаю, что для внетропических широт Азии циклоническая природа муссонов ныне настолько очевидна, что не нуждается в новых доказательствах" [1]. На это же указывают и зарубежные авторы [2].

Положение и интенсивность фронтальной системы зависят как от интенсивности переноса тропического воздуха, т.е. от интенсивности муссона, так и от интенсивности циркуляции в зоне умеренных широт. Второй фактор часто не учитывают и объясняют вариации осадков в зоне фронта исключительно колебаниями интенсивности муссона. В отдельные годы подобное объяснение оказывается не-

удовлетворительным, однако в среднем колебания интенсивности муссона действительно играют основную роль в вариациях количества выпадающих осадков.

Особенностью Восточноазиатского муссона является то, что при изменении интенсивности муссона меняется не только количество осадков, но и их пространственное распределение. На основании результатов ЕОФ анализа и простого осреднения установлено, что наиболее устойчивым типом распределения осадков является дипольное распределение «север-юг» [3-5]. Т.е. нехватка осадков в северных районах Восточной Азии (СВА) сопровождается их избытком в южных районах. Вывод о наличии такого типа в распределении атмосферных осадков в Восточной Азии можно сделать даже без всяких математических обработок, достаточно просто взглянуть на карты распределения аномалий атмосферных осадков в различные годы. Дипольная структура ассоциируется с классическим определением муссона, согласно которому при усилении муссонной циркуляции максимум осадков смещается в северные районы ВА, а при ее ослаблении – в южные.

Исследования последних десятилетий указывают на увеличение засушливости СВА [1-5]. Согласно «классической» схеме причиной уменьшения количества осадков считается ослабевший в последние несколько десятилетий Восточноазиатский муссон. В качестве причины часто обращают внимание на климатические сдвиги [1], совпавшие с началом периода ослабления муссона. Однако при этом муссон рассматривается обособленно, а не как часть сложного общециркуляционного процесса, охватывающего не только тропики, но и умеренные широты.

Целью нашей работы является, во-первых, анализ долговременных изменений Восточноазиатского муссона по данным реанализа, во-вторых – выявление особенностей циркуляции атмосферы умеренных широт и тропиков в годы с сильным и слабым переносом влаги в северные районы Восточной Азии.

Для достижения поставленной цели по данным двух архивов реанализа: ECMWF ERA-40 и ERA-Interim выполнен композитный анализ среднемесячных полей давления и ветра для июля – периода максимального развития летнего муссона Восточной Азии (МВА). На основании традиционного представления о сильном и слабом МВА были выбраны несколько лет с сильным и слабым юго-восточным переносом. Для выбранных периодов были получены ос-

редненные карты полей давления и ветра, а также разности для каждой из характеристик. Исследование показало, что периоды с сильным МВА характеризуются увеличением меридиональности потоков над Восточной Азией, особенно заметно это усиление в области взаимодействия Восточноазиатского муссона и циркуляции умеренных широт. Давление над большей территорией Азии заметно выше в годы со слабым муссоном, чем в годы с сильным муссоном. В периоды слабого муссона полярный вихрь ослаблен, однако ложбины над Охотским и Карским морем, а также над Гудзоновым заливом отчетливо развиты, понижено давление в районе Алеутской депрессии. Наиболее сильные и значимые долговременные изменения в поле давления, указывающие на ослабление меридионального обмена в последние десятилетия, характерны для областей конвергенции меридиональных потоков Восточноазиатского и Африканского муссона.

Литература

1. Хромов С.П. Муссоны в системе общей циркуляции атмосферы // В кн. А. И. Воейков и соверменные проблемы климатологии. Л.: Гидрометиздат. 1956. С. 84-108.

2. Ding Yi. H., Chan C. L. The East Asian Summer monsoon: an overview. // Meteor. Atoms Phys. 2005. Vol. 89. P. 117-142

3. Shen C., Wang W.-C., Peng Y., Xu Y., Zheng J. Variability of summer precipitation over Eastern China during the last millennium // Clim. Past. 2008. Vol. 4. №. 3. P. 129-141

4. Qian W., Hu Q., Zhu Y., Lee D.-K. Centennial-scale dry-wet variations in East Asia // Climate Dynamics. 2003. Vol. 21. №. 1. P. 77-89

5. Li J, Cook E, Chen F, Davi N, D'Arrigo R, Gou X, Wright W, Fang K, Jin L, Shi J, Yang T Summer monsoon moisture variability over China and Mongolia during the past four centuries // Geophys. Res. Lett. 2009. No. 36. №. 22. P. 6

ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

Аржанова Н.М., Булыгина О.Н.

Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации - Мировой центр данных, г. Обнинск, Россия

ashatan84@mail.ru - www.meteo.ru

Работа посвящена исследованию изменений характеристик гололедно-изморозевых явлений на территории России. Глобальное по-

тепление климата, наблюдаемое в последние десятилетия, влияет на различные параметры климатической системы. Показано, что в целом за год наблюдается потепление на территории России на 0,43ºС/10лет, особенно быстро растет среднегодовая температура на Арктическом побережье страны (0,8ºС/10лет на Таймыре) [2]. Наблюдается уменьшение площади льда в Арктике, особенно сильное в последнее десятилетие [3], это уменьшение влияет на атмосферную циркуляцию северного полушария, приводит к увеличению влажности в сухой полярной атмосфере в начале холодного сезона.

Гололедно-изморозевые отложения являются следствием процессов происходящих в атмосфере и зависят от метеорологических условий (температуры, ветра, влажности и др.), сложившихся вблизи поверхности земли и в более высоких слоях атмосферы. Эти явления опасны для сельского и лесного хозяйств, особенно большое влияние они оказывают на работу воздушных линий связи и электропередачи. Обледенение самолетов в полете – опаснейшее явление, которое в ряде случаев может привести к катастрофе.

Гололед образуется обычно при слабых морозах от 0 до -3º. Изморозь делится на зернистую и кристаллическую. Зернистая образуется обычно при температуре воздуха от -2º до -7ºС. Кристаллическая изморозь образуется при температуре воздуха от -11º до -25ºС., Однако, гололедно-изморозевые образования могут наблюдаться как при более высокой, так и при более низкой температуре.

На метеорологических станциях РФ производят инструментальные и визуальные наблюдения за обледенением. В работе использованы данные 958 станций на территории России за период с 1971 по 2012 год. Этот массив данных за гололедно-изморозевыми явлениями был создан на основе Госфонда ВНИИГМИ-МЦД. Рассмотрены особенности пространственно-временного распределения средних многолетних значений («норм») числа случаев гололедно-изморозевых отложений, продолжительности одного случая, максимальной толщины стенки гололеда. В работе исследуются изменения основных характеристик гололедно-изморозевых явлений. Для характеристики тенденций этих изменений использованы коэффициенты линейного тренда, которые посчитаны по данным каждой метеорологической станции, а также по рядам средних значений для 18 квазиоднородных климатических регионов характеристик. Выделение этих квазиоднородных климатических регионов предложено в [1].

Показано, что гололедно-изморозевые явления наблюдаются на большей части территории России, за исключением центральных районов Красноярского края и отдельных областей Приморского края. На Европейской территории России гололедно-изморозевые образования отмечаются значительно чаще, чем на Азиатской территории. Максимальное по территории распределение этих явлений наблюдается в зимние месяцы, особенно в декабре и январе. Весной территория, на которой отмечаются наблюдаемые явления, уменьшается, но даже летом на Арктическом побережье страны прослеживаются гололедно-изморозевые отложения.

На территории России преобладают тенденции уменьшения числа дней с гололедно-изморозевыми образованиями. Однако отмечаются отдельные районы с увеличением числа дней (особенно большие по площади в Амурской и в Магаданской областях), но при осреднении по регионам значимых положительных тенденций получено не было. Кроме того, в отдельных регионах обнаружены тенденции увеличения веса гололедных образований.

Литература

1. *Булыгина О.Н., Разуваев В.Н, Коршунова Н.Н.* Снежный покров на территории России и его пространственные и временные изменения за период 1966-2010гг. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М.: ИГКЭ, 2011. Т. 24. С. 211–227

2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2012 год. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013. 86с., ISBN 978-5-901579-38-1

3. *Screen J.A.* 2013. Influence of Arctic sea ice on European summer precipitation. Environ. Res. Lett. 8 044015 doi:10.1088/1748-9326/8/4/044015, 9 pp.

ЭФФЕКТЫ ФОРБУШ-ПОНИЖЕНИЙ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В ЭВОЛЮЦИИ ВНЕТРОПИЧЕСКИХ БАРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Артамонова И.В.

Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, Санкт-Петербург, Россия

artamonova@hotbox.ru

В работе исследованы вариации приземного атмосферного давления, а также изменения в развитии внетропических барических систем северного и южного полушарий в связи с короткопериодны-

ми вариациями галактических космических лучей (ГКЛ). Обнаружен значительный рост давления над европейской территорией России, а также над Южным Океаном у берегов Антарктиды с максимумом на 4^{й}-5^{й} день после начала исследуемых форбуш-понижений ГКЛ. Показано, что причиной наблюдаемого роста давления является интенсификация антициклонической с одновременным ослаблением циклонической деятельности в областях основных климатических фронтов: арктических/антарктических и полярных.

Исследование показало, что наибольшие вариации давления в ходе форбуш-понижений ГКЛ наблюдаются в высокоширотных областях северного и южного полушарий, для которых характерны низкие значения жесткости геомагнитного обрезания. Согласно сделанным оценкам, минимальная энергия частиц, высыпающихся в данных областях, варьируется в диапазоне от ~ 0.1 до 2.7 ГэВ в северном полушарии и от ~ 0.1 до 2.2 ГэВ в южном полушарии. Интенсивность потоков частиц с такими энергиями в значительной степени модулируется солнечной активностью, поэтому их можно рассматривать в качестве связующего звена между возмущениями на Солнце и вариациями параметров нижней атмосферы.

В работе проведено сравнение барического отклика нижней атмосферы в североатлантическом и тихоокеанском регионах. Показано, что Северная Атлантика является единственной областью северного полушария, в которой наблюдается хорошо выраженный отклик нижней атмосферы на вариации форбуш-понижений ГКЛ. Отсутствие эффектов форбуш-понижений ГКЛ в тихоокеанском секторе может быть обусловлено высокими пороговыми значениями жесткости геомагнитного обрезания в данном регионе. Согласно оценкам, минимальная энергия частиц, высыпающихся в районе тихоокеанской ветви полярного фронта, варьируется в диапазоне от ~ 3.7 до 6.1 ГэВ, что значительно превышает значения соответствующего параметра для североатлантического региона.

Результаты работы свидетельствуют о значительном влиянии космических лучей на эволюцию внетропических барических систем северного и южного полушарий, а также подчеркивают важную роль Северной Атлантики в исследовании отклика нижней атмосферы на вариации потоков галактических космических лучей. Полученные в данной работе экспериментальные данные также позволяют предположить, что физический механизм обнаруженных эффектов включает изменения атмосферного электричества, обусловлен-

ный изменениями ионизации атмосферы в связи с вариациями космических лучей.

О ВЛИЯНИИ МАКРОЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ТЕРМОБАРИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Аухадеев Т.Р. [1], Переведенцев Ю.П. [2]
Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия
tauhadeev@yandex.ru[1], ypereved@kpfu.ru[2]

Актуальность исследования заключается в необходимости исследования современных региональных изменений климата и их природных и социально-экономических последствий.

Основное внимание данного сообщения обращено к исследованию изменений барико-циркуляционного режима Северного полушария и оценке статистических связей между макроциркуляционными системами (NAO, SCAND, AO и др.) и характеристиками давления и температуры воздуха Приволжского федерального округа (ПФО) [1].

Для выполнения исследования использовались среднемесячные данные реанализа NCEP/NCAR по территории СП [2].

Были построены поля средних многолетних значений и характеристик временной изменчивости метеорологических величин для СП на стандартных изобарических поверхностях для периодов 1948-1976, 1977-2000, 2001-2013гг. При этом, основное внимание уделялось исследованию процессов в умеренной зоне СП (30-70°с.ш.).

Методами тренд-анализа исследовались временные тенденции метеовеличин, выделение низкочастотной компоненты осуществлялось с помощью низкочастотного фильтра Поттера с точкой отсечения 10 лет и более.

По данным реанализа в узлах сетки и по регионам рассчитывались значения коэффициентов корреляции (КК) между индексами циркуляции, температурой, давлением воздуха.

В результате проведенного исследования, получены следующие выводы:

Дана оценка КНЛТ атмосферного давления осредненного по территории СП, широтной зоне 30-70°с.ш. и ПФО. Выявлена тенденция

понижения АД особенно в ПФО в зимний период (-1,62 гПа/10лет) и слабый рост в летний (0,31 гПа/10лет);

На меридиональном разрезе среднегодовые значения КНЛТ атмосферного давления положительны в низких широтах (до 50°с.ш.) и отрицательны в высоких;

Наиболее тесная связь между температурой и давлением атмосферного воздуха на территории ПФО устанавливается в холодный период с циркуляционным индексом SCAND;

В периоды с активной фазой ЭНЮК значительно усиливаются связи между температурой воздуха и атмосферным давлением и индексом NAO;

В результате исследования низкочастотной изменчивости зональной компоненты ветра и приповерхностной температуры в широтной зоне 30-70°с.ш. в период 1948-2013гг. выявлена ведущая роль циркуляции в формировании изменчивости температуры. Согласно множественным коэффициентам корреляции, вклад скоростей ветра в общую дисперсию температуры в отдельных регионах превосходит 60%. При этом изменения температуры запаздывают относительно изменений зональной скорости ветра.

Литература

1. Переведенцев Ю.П., Мохов И.И., Елисеев А.В. Теория общей циркуляции атмосферы.- Казань, Изд-во Казан. ун-та, 2013, 224с.

2. http://www.cdc.noaa.gov/ - данные NCEP/NCAR реанализа.

ОЦЕНКА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ МОДЕЛЬЮ WRF ПОЛЕЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Белаш Е.А.

Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

katebelash@gmail.com

Знание климатических процессов и характеристик - необходимое условие для понимания окружающей среды гор. Улучшение качества численных моделей позволяет проводить исследования в области микроклиматологии в регионе со сложной орографией. Актуальность этого направления связана ещё и с тем, что в последние годы

активно осваиваются горные территории Северного Кавказа. Большое количество людей посещает их с целью проведения активного отдыха или рекреации. В этой ситуации знание погодных и климатических условий места является не просто дополнительной, полезной информацией, а, зачастую, ключевым фактором безопасности спортивного или туристического мероприятия. В нашей стране прогнозы для горных районов Северного Кавказа пока выполняются в недостаточном объёме. Необходимость создания локального прогноза и в настоящее время остается актуальной. Горы являются регионом, где пространственная изменчивость рельефа и подстилающей поверхности очень велика, а сеть метеорологических станций редкая. Всё это создаёт большие трудности для прогнозирования погодных условий синоптическим методом. Гидрометцентром России выпускаются прогнозы для некоторых населённых пунктов, расположенных в условиях сложной орографии, однако, рассматриваемые курорты находятся в отдалении от них и всё по той же причине большой изменчивости на маленьком расстоянии погодообразующих факторов существующие прогнозы не применимы для них.

Оперативные технологии расчётов гидродинамических краткосрочных прогнозов погоды служат вспомогательным материалом для синоптиков-прогнозистов, формулирующих окончательный текст прогноза [1]. По некоторым оценкам успешность гидродинамических краткосрочных прогнозов погоды в настоящее время превосходит точность прогнозов метеорологических величин, которые предсказываются качественными методами [2]. Также, гидродинамические модели позволяют изучать атмосферные процессы в регионе со сложным рельефом и слаборазвитой сетью метеорологических станций. Положительные результаты прогнозов дают основание полагать, что модель способна воспроизводить климат и погоду места.

Практическая реализация моделей требует изучения особенностей их работы в различных регионах при разных сезонах и погодных ситуациях и оценки точности прогнозов. Адаптация модели к району заключается в подборе оптимального шага сетки и адекватной физической параметризации. Это было реализовано в серии экспериментов с моделью. Апробация производилась для района Красной Поляны г. Сочи, так как за последние четыре года там было установлено множество автоматических метеорологических станций, по данным которых возможно провести верификацию модели.

Литература

1. *Беркович Л.В., Ткачёва Ю.В.* Гидродинамический краткосрочный прогноз погоды в пунктах. – Метеорология и гидрология, 2010, №4 с. 45-52

2. *Горлач И.А., Веселова Г.К., Шакотко Е.Н., Малинская Г.В.* Сравнительный анализ оправдываемости прогнозов осадков и температуры воздуха, получаемых на основе рекомендованных к внедрению методов и составляемых прогнозистами-синоптиками о центральной части Европейской территории России, Москве и Московской области // В сб.: Информационный сборник №35 «Результаты испытания новых и усовершенствованных методов гидродинамических прогнозов». – М., Исследовательская группа «Социальные науки», 2008, с. 21-44.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ЛИШАЙНИКОВ

Большунова Т.С.

Открытое акционерное общество «ТомскНИПИнефть», г. Томск, Россия
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
bts26@mail.ru

Изменения состава атмосферы под действием антропогенного фактора становятся не только местными, региональными, но также и глобальными. Объективную и точную информацию о состоянии экосистем и климата, о тенденциях их изменения, могут давать системы мониторинга [1]. В работе рассматривается применение лишайников в экологическом мониторинге.

Эпифитные лишайники, произрастающие на стволах и ветвях деревьев, чувствительны к изменению химического состава атмосферного воздуха и осадков, а также к изменению климата и ряду других факторов [3]. На видовой состав и количественные характеристики сообществ эпифитных лишайников влияют такие естественные факторы, как влажность воздуха, освещенность, и др. [2]. Поскольку лишайники-эпифиты не имеют корневой системы, их питание является атмосферным и, соответственно, элементный состав в обобщённом виде отражает состав химических элементов в атмосфере.

В период 2010-2013 гг. были отобраны пробы лишайников распространённых видов на территории Томской области, в районах, как подверженных значительному антропогенному влиянию, так и в

условно фоновом районе. Также, в 2013 году были получены сборы лишайников из Забайкальского национального парка (район Баргузино-Чивыркуйского перешейка (БЧП) (оз. Байкал). Для сравнения использовались и результаты анализа лишайников, отобранных в кузнецком Алатау. Кроме того, в 2012 году для оценки глобального химического фона были отобраны лишайники Альпийского региона (Австрия). Всего получена 71 проба. Пробы, высушенные и гомогенизированные, озолялись в муфельной печи, чтобы исключить вероятность возникновения погрешностей от органической части и улучшить репрезентативность результатов благодаря концентрированию элементов в пробах.. Зола лишайников анализировалась методом инструментального нейтронно-активационного анализа на 28 химических элементов в ядерно-геохимической лаборатории на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета.

Томская область характеризуется такими специфичными производствами как атомная энергетика, теплоэнергетика, нефтехимическая промышленность (Томск-Северская промышленная зона), нефтегазодобывающий комплекс (НГДК). Анализ полученных данных по содержанию изученных элементов в лишайниках показывает, что данный биологический вид, отобранный на территориях в зоне влияния НГДК по сравнению с таковым из условно фоновой территории Томского района, более обогащён такими элементами, как Na, Sc, Fe, Cr, Zn, As, Br, Rb, Ba, Au, Чётко прослеживается специфика геохимического спектра изученного лишайника, отобранного в зоне влияния Томск-Северской промышленной зоны, которую формируют предприятия ЯТЦ, нефтехимического комбината, ТЭЦ и некоторых других, определяющаяся концентрированием лантаноидов, актиноидов (Th, U), Sr, Sb.

Повышенное содержание Ca в пробах условного фона может являться следствием выбросов ТЭЦ, ГРЭС гг. Томска и Северска, а возможно и дальнего переноса пыли из районов Кузбасса.

Лишайник из Альпийского региона характеризуется минимальными содержаниями большинства компонентов за исключением Cr, Br, Sb, Ta, Au. Повышенные содержания хрома и брома, приближающиеся к таковым для районов нефтегазодобычи, возможно отражают влияние нефтеперерабатывающих и других предприятии Австрии, расположенных в районе Вены.

Район БЧП, находящийся на значительном удалении от крупных источников загрязнения атмосферы, характеризуется наличием геохимической аномалии. Современные природные процессы здесь

формируются в пределах развития высокорадиоактивных гранитоидов. По мнению Л.П. Рихванова [4], наличие данного специализированного радиогеохимического комплекса пород может обеспечивать при их выветривании выщелачивание урана и его поступление на те или иные геохимические барьеры. Об этом свидетельствуют аномально высокие, концентрации урана в донных отложениях. Эти данные хорошо корреспондируют с результатами исследования элементного состава лишайников, в золе которых наблюдается повышенное (в сравнении с фоновыми районами) содержание урана до 6,3 г/т, учитывая тот факт, что питание лишайников, преимущественно, атмосферное. Помимо урана, повышенные концентрации наблюдаются для Ca, Ba, Sr, Nd, Br, Ag, Ce, Yb, Th, вероятно являющиеся спутниками урана в данном рудном образовании.

Район кузнецкого Алатау, который может служить региональным фоном, несмотря на удалённость от горнодобывающих, металлургических предприятий Кузбасса, также, характеризуется природными геохимическими особенностями. В районе пробоотбора подстилающие породы сложены тектонически нарушенными гранитами с повышенной радиоактивностью, обусловленную неравномерным распределением естественных радиоэлементов. Эти особенности отражаются в химическом составе лишайников региона, характеризующихся значениями тория и урана, приближающиеся к таковым для района влияния Томск-Северской промышленной зоны (до 3,4 г/т в золе). Также, повышенные значения наблюдаются для Ca, Ag, свидетельствующие о влиянии предприятий Кемеровской области.

По результатам исследования, можно с уверенностью судить о хороших биомониторных свойствах эпифитных лишайников и рекомендовать их в качестве основного объекта исследований при оценке, как техногенной трансформации природных сред, так и степени влияния природных геохимических особенностей.

Литература

1. *Израэль Ю.А.* Глобальная система наблюдений. Прогноз и оценка изменений состояния окружающей среды. Основы мониторинга. – Метеорология и гидрология, 1974, № 7, с. 3-8.

2. *Инсаров Г.Э., Инсарова И.Д.* Оценка чувствительности лишайников к изменению климата. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеоиздат, 2000, т. 17, с.106-121.

3. *Пчелкин А.В.* Использование лишайников для мониторинга изменений состояния природной среды. - В кн.: Научные аспекты экологических проблем России. СПБ, Гидрометеоиздат, 2001.

3. *Рихванов Л.П., Тайсаев Т.Т., Барановская Н.В. и др.* Новые данные о радиогеохимических особенностях природных сред Баргузино-Чивуркуйского перешейка (оз. Байкал) и Тункинской котловины. // Материалы IV Международной конференции Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека, Томск, 2013, с. 441-444.

ОБ ИЗМЕРЕНИИ ИНТЕГРАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДА В ТРОПОСФЕРЕ

Боровский А.Н.[1], Елохов А.С.[1], Постыляков О.В.[1], Kanaya Y.[2]
1Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, Москва, Россия
2Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Yokohama, Japan
alexander.n.borovski@gmail.com

В Москве и Звенигороде проводится регистрация спектров рассеянного солнечного излучения в ультрафиолетовой и видимой областях спектра. В работе рассматривается новый метод восстановления интегрального содержания (ИС) формальдегида в тропосфере по измерениям в диапазоне 330-380 нм, который может быть применим как в облачных, так и в безоблачных условиях.

Формальдегид является короткоживущим продуктом окисления летучих органических соединений и тесно связан с их природными и антропогенными источниками. Формальдегид играет большую роль в химии тропосферного озона, поэтому мониторинг ИС формальдегида является важной составляющей контроля качества воздуха. Ранее авторы разработали метод восстановления ИС формальдегида по наблюдениям в безоблачных условиях [2].

Восстановление содержания HCHO в наклонном столбе атмосферы проводится с помощью методики DOAS. Для пересчета наклонных содержаний примесей в вертикальные распределения используются факторы воздушной массы, рассчитанные по модели MCC++ [1]. Информация о метеорологических условиях наблюдений привлекалась из архива метеоданных станций Мосэкомониторинга и метеорологических сводок о фактической погоде в аэропорту Внуково. Из спектров, зарегистрированных прибором японского производства JAMSTEC MAX-DOAS на станции в Звенигороде, получены первые результаты измерений наклонных содержаний HCHO в различных метеоусловиях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-05-90012.

Литература

1. *Постыляков О.В.* Модель переноса радиации в сферической атмосфере с расчетом послойных воздушных масс и некоторые ее приложения. Известия РАН, Физика атмосферы и океана, 2004, т. 40, №3, 314-329

2. *Borovski A., Grechko E., Djola A., Elokhov A., Postylyakov O., Kanaya Y.* First measurements of formaldehyde integral content at Zvenigorod Scientific Station. Submitted to Int.J. of Remote Sensing.

СРАВНЕНИЕ РЯДОВ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДВУОКИСИ АЗОТА НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ ИЗ ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЯМОГО И РАССЕЯННОГО СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Боровский А.Н. [1], Арабов А.Я.[1], Еланский А.С.[1], Елохов А.С.[1]

[1]*Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, Москва*

alexander.n.borovski@gmail.com

На Кисловодской Высокогорной Научной Станции (КВНС) Института физики атмосферы (43.7˚N, 42.7˚E) с 1979 по 2008 гг. проводились регулярные измерения общего содержания (ОС) двуокиси азота (NO2) по прямому солнечному излучению. В связи со сложностью организации подобных наблюдений, на других станциях регулярные измерения ОС NO2 велись по рассеянной в зените солнечной радиации.

Одновременных долговременных измерений ОС NO2 как по прямой, так и по рассеянной радиации не проводилось. Исключением является станция КВНС, где с 2000 по 2008 гг. параллельно с измерениями ОС NO2 по прямому солнечному излучению проводились измерения по рассеянному солнечному излучению. Это предоставляет уникальную возможность сравнить две методики наблюдения по 9-летним рядам наблюдений. Подобное сравнение проводилось в работе [1], где для сравнения ряда, полученного по прямому солнечному излучению, привлекались данные с других станций.

Регистрация спектров как рассеянного, так и прямого солнечного излучения на КВНС проводились аналогичными измерительными комплексами. Для измерения спектров рассеянного излучения базой комплекса служил спектрофотометр МДР-23, прямого – МДР-3.

Спектральное разрешение МДР-3 и МДР-23 составляло 0.4 и 0.8 нм, чего достаточно для фиксирования деформации спектра, вызванной поглощением NO2. Спектральный диапазон обоих измерений идентичен. Восстановление содержания NO2 в наклонном столбе атмосферы из измерений как прямого, так и рассеянного солнечного излучения возможно по единой методике DOAS.

Одновременность и продолжительность наблюдений, сходство измерительных комплексов, единая методика обработки спектров позволяют связать отличия в полученных рядах ОС NO2 только с методикой наблюдений и таким образом предоставляют уникальную возможность для сравнения двух основных методик наблюдений ОС NO2.

Литература

1. *Боровский А.Н., Еланский Н.Ф., Арабов А.Я., Елохов А.С., Сеник И.А., Савиных В.В.* // Двуокись азота в атмосфере над Северным Кавказом: тридцать лет наблюдений. Доклады Академии наук, Геофизика, 2012, т, 446, № 3, с 318-324

О ВЛИЯНИИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ НА КЛИМАТ ЕВРАЗИИ

Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В.
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия
iserykh@gmail.com

Есть основания полагать, что короткопериодная изменчивость современного климата в существенной степени связана с антропогенными факторами [7]. Наряду с этим в данном процессе, несомненно, участвуют и естественные процессы, например, такие как изменение количества тепла, поступающего из океана в атмосферу [5]. Косвенным свидетельством существования данного эффекта является тот факт, что в середине 1970-х годов теплосодержание верхнего слоя вод Северной Атлантики существенно изменилось, в результате чего, вероятно, произошла смена климатического сценария в указанном регионе [2]. К данному типу событий следует отнести также повышение теплосодержания воды в районе Гольфстрима в период 1980-1995 гг. [10]. Существенная энергетическая значимость

такого рода гидрометеорологических событий говорит о том, что отмеченные колебания гидрофизического режима Северной Атлантики не могут не оказывать непосредственного влияния на климат Евро-Азиатского континента [4].

В работе для региона Северной Атлантики построены и проанализированы поля гидрофизических и метеорологических характеристик, относящиеся к периодам отрицательной (1950-1970 гг.) и положительной (1980-2000 гг.) фаз Северо-Атлантического Колебания (САК) [8]. Исходные материалы для расчетов взяты из независимых источников: приповерхностная температура и атмосферное давление на уровне моря – центр Met Office Hadley; скорость ветра, температура и высота геопотенциала на различных уровнях атмосферы – NCEP/NCAR реанализ; теплосодержание верхнего 700-метрового слоя океана и средняя температура слоя 0-100 м – National Oceanographic Data Center (NODC); глубина верхнего деятельного слоя океана и потоки тепла из океана в атмосферу получены по модельным расчетам, которые предоставляет проект CMIP5.

Полученные поля оказались хорошо согласованными между собой и дополняют друг друга, предоставляя возможность получить достаточно полное представление о гидрометеорологических условиях Северного Атлантического океана. Анализ этих полей подтвердил существование в верхнем слое вод Северной Атлантики температурного диполя, климатическое значение которого в определенном смысле может быть интерпретировано в качестве океанического аналога атмосферного САК. Предложен индекс Северо-Атлантического Диполя (САД) как разность средней температуры 0-100-метрового слоя океана между регионами (20º-40º с.ш.; 80º-20º з.д.) и (50º-70º с.ш.; 70º-10º з.д.). Высказаны предположения о возможном физическом механизме внутренних колебаний в системе взаимодействия океан-атмосфера Северной Атлантики на периоде 60-70 лет и влияния их на климат Евразии.

В силу наличия прямых и обратных связей в динамике глобальной климатической системы крупномасштабные изменения интенсивности и направленности тепловых потоков в структуре взаимодействия океана и атмосферы [6] определенным образом влияют на термобарические характеристики таких центров действия атмосферы, как Исландский минимум и Азорский максимум. По-видимому, вследствие этого в середине 1970-х годов произошла смена фазы САК, что, в конечном счете, привело к изменениям количества ци-

клонов и приповерхностной температуры воздуха в регионе Северной Атлантики, а также потока тепла из этого региона на Евро-Азиатский континент [9]. В рамках настоящей работы была предпринята попытка выявить физический механизм, определяющий эти события.

На полученных в результате расчета полях атмосферного давления на уровне моря, прежде всего, обращают на себя внимание противоположные по знаку аномалии севернее и южнее 60 параллели. В наложенном поле геострофического ветра хорошо видны соответствующие этой барической структуре циркуляции с центром в Гренландском море и в районе западнее Азорских островов. Характер полученных ветровых полей указывает на то, что в период 1980-2000 гг. имело место усиление западного переноса вдоль 60 параллели с.ш., из Северной Атлантики на Евро-Азиатский континент.

На полях средней температуры воды верхних 100 метров, теплосодержания 0-700 метрового слоя океана и приповерхностной температуры отчетливо выделяются противоположные по знаку аномалий область Гольфстрима и регион южнее Гренландии. Последний находится в зоне усиления приповерхностного западного ветра вдоль 60 параллели, то есть в месте интенсивной теплоотдачи океана в атмосферу, откуда это тепло переносилось на Евро-Азиатский материк, где в середине 1970-х начался хорошо известный резкий рост приповерхностной температуры [3].

Особый интерес представляет климат наших дней и возможный прогноз на ближайшие десятилетия. В работе показано, что нынешняя ситуация в системе океан-атмосфера Северной Атлантики становится ближе к климатическому сценарию развивавшемуся в 1950-1970 годах [1]. И, поэтому, в ближайшее десятилетие не следует ожидать столь резкого роста температуры на Евро-Азиатском континенте, какой мы наблюдали в период так называемого глобального потепления (1980-2000 гг.). Судя по полученным результатам из-за сокращения числа циклонов в России (по сравнению с периодом 1980-2000 гг.) усилится континентальность климата, то есть ближайшее десятилетие нас ждут холодные зимние и жаркие засушливые летние сезоны.

Литература

1. Анисимов М.В., Бышев В.И., Залесный В.Б., Мошонкин С.Н., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. О междекадной изменчивости климатических характери-

стик океана и атмосферы в регионе Северной Атлантики. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т.9, №2, с.304-311.

2. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. О фазовой изменчивости некоторых характеристик современного климата в регионе Северной Атлантики. Доклады Академии Наук. 2011. Т.438, №6, с.817-822.

3. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. О пространственной неоднородности некоторых параметров глобальной изменчивости современного климата. Доклады Академии Наук. 2009. Т.426, №4, с.543-548.

4. Arguez, Anthony, James J. O'Brien and Shawn R. Smith. Air temperature impacts over Eastern North America and Europe associated with low-frequency North Atlantic SST variability. Int. J. Climatol. 2009. 29: 1-10.

5. Chu, Peter C. Global upper ocean heat content and climate variability. Ocean Dynamics. 2011. Volume 61, Issue 8, p.1189-1204.

6. Gulev, Sergey K., Mojib Latif, Noel Keenlyside, Wonsun Park, Klaus Peter Koltermann. North Atlantic Ocean control on surface heat flux on multidecadal timescales. Nature. 2013. 499:7459, 464-467.

7. IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of WG1 to the IV Assessment Report of the IPCC // Eds. Solomon S. et al. Cambridge, UK and New York, NY, USA. 996 p.

8. Hurrell, J. W., and C. Deser. North Atlantic climate variability: The role of the North Atlantic Oscillation. J. Mar. Syst. 2009. 78, No. 1, 28-41.

9. Jung, T., M. Hilmer, E. Ruprecht, S. Kleppek, S.K. Gulev, and O. Zolina. Characteristics of the recent eastward shift of interannual NAO variability. J. Climate. 2003. 16, 3371-3382.

10. Zhai, Xiaoming, Luke Sheldon. On the North Atlantic Ocean Heat Content Change between 1955–70 and 1980–95. J. Climate. 2012. 25, 3619–3628.

ОПЫТ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА В ПРИВОЛЖСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ (ПФО) С БОЛЬШОЙ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОСТЬЮ С УЧЕТОМ СОСТОЯНИЯ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ

Важнова Н.А., Верещагин М.А.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия
Nadezhda.Vazhnova@kpfu.ru

С использованием данных NCEP реанализа [3], об аномалиях температуры поверхности океана (АТПО) в узлах регулярной координатной сетки с шагом по широте и долготе 5°(1955 – 2009 гг.), результатов регулярных приземных измерений температуры воздуха (ТВ) в тот же период времени на 215 станциях ПФО выполнено тес-

тирование возможности прогнозирования условий термического режима в округе в январе (июле) по полю АТПО в предшествующем августе (марте).

Опытные (альтернативные) ретропрогнозы строились с использованием вышеуказанных данных из независимой выборки (1985 – 2009 гг.). В прогнозах указывалось лишь одно из двух возможных состояний предиктанта: следует ожидать либо «нехолодный» январь (июль), либо – «аномально холодный», если при этом не менее, чем на 60% территории ПФО средняя месячная аномалия ТВ ожидалась не ниже (ниже) минус 1,0°С.

Физической основой долговременных асинхронных связей между полями АТПО в марте (августе) и условиями термического режима в последующем июле (январе) являются процессы крупномасштабного теплового взаимодействия океана и атмосферы [2]. В ряде случаев эти процессы могут сопровождаться устойчивыми нарушениями зонального переноса, формированием квазистационарных длинных волн в тропосфере и попаданием территории ПФО на длительное время в зону устойчивых южных, либо северных выносов и, как следствие, длительными нарушениями термического режима.

В основу для составления опытных прогнозов термического режима в ПФО было положено использование метода «средних эталонов» (МСЭ) и непараметрического дискриминантного анализа (НПДА) [1].

В результате исследования

а) выявлено пространственное положение очагов с наибольшими объемами прогностической информации;

б) установлено, что в зависимости от вида используемых методов (МСЭ, НПДА) и положения месяца-предиктанта общая оправдываемость ретропрогнозов варьировала от 68 (НПДА, июль) до 76% (МСЭ, январь, июль), что несколько выше качества официальных месячных прогнозов ГМЦ России.

Литература

1. *Багров Н.А., Кондратович К.В., Педь Д.А., Угрюмов А.И.* долгосрочные метеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 248 с.

2. *Кац А.Л.* Необычное лето 1972 г. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 59 с.

3. http://www.cdc.noaa.gov/ - данные NCEP/NCAR реанализа.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КЛИМАТА КОТЛОВИН ЮГО-ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ, В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Василенко О.В., Воропай Н.Н.
Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г Иркутск, Россия
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия
oksa_na85@mail.ru, voropay_nn@mail.ru

Тункинский район занимает Саяно-Прибайкальскую часть Республики Бурятия, с севера граница проходит по гольцам Восточного Саяна (Тункинским Гольцам), с запада по массиву Мунку-Сардык, с юга по хребту Хамар-Дабан, с востока же ограничивается руслом реки Большая Быстрая. Ветвь котловин Юго-Западного Прибайкалья представлена шестью отдельными котловинами: Быстринской, Торской, Тункинской, Туранской, Хойтогольской и Мондинской. Благодаря местоположению, ограниченности пространства здесь сложились уникальные по своему разнообразию природно-климатические условия.

В работе использованы данные средних месячных наблюдений на метеорологических станциях Аршан, Тунка, Кырен, Монды в пределах периода 1888-2013 гг.

Климат района резко континентальный, характеризуется большими суточными и годовыми амплитудами температур, небольшим количеством годовых сумм осадков. В холодное время года здесь господствует азиатский антициклон, ему соответствует ясная, безветренная, морозная погода. Зима с отрицательными средними суточными температурами начинается в середине ноября и длится около семи месяцев. Уже в сентябре горы покрываются снегом, а сходит он только в июне. В марте резко возрастает лавинная опасность. Летом преобладает циклоническая погода.

Среднегодовая норма осадков на исследуемой территории минимальная по всему Восточному и Центральному Саяну и составляет 350-400 мм в долинах, в Тункинских гольцах – 500-600 мм, на склонах Хамар-Дабана – до 1000 мм. При этом основная масса осадков выпадает летом, а на зимние месяцы остается 10 -15 %.

Распределение снежного покрова очень неравномерно. На его высоту и плотность значительное влияние оказывают пересеченность рельефа и перенос снега сильными западными и северо-западными ветрами. Глубоко в долинах, как правило, снега не бывает более 0,5 м. Ближе к границе леса толщина покрова 1-1,5 м.

За период инструментальных наблюдений отмечается в основном положительные тренды температуры воздуха в течение всего года. Самый длительный период наблюдений на станции Тунка. Здесь проводятся измерения температуры воздуха с 1888 г. по настоящий момент. В период 1976–2013 гг. тенденции выше, чем за стандартный период (1961-1990 гг.) и за весь период в целом. Что согласуется с глобальными тенденциями изменения температуры воздуха.

Метеорологические станции на территории Тункинской долины расположены на равнинных, открытых участках, высота которых не превышает средней высоты днищ котловин. Используя данные только этих станций очень сложно судить о климате горных районов. Можно лишь, проследить общие закономерности. В связи с этим сотрудниками Института географии СО РАН в рамках комплексных географических исследований в июле-августе 2007 г. были начаты наблюдения за температурой воздуха на территории котловин Тункинской ветви.

В качестве территории исследования было выбрано две котловины Тункинская и Мондинская. Выбор был продиктован тем что, черты геоморфологического строения, а также характер развития Тункинской котловины, она самая большая по площади, повторяются и в других впадинах Тункинской ветви. Здесь наблюдается наибольшая амплитуда высот (1300 - 2300 м) между днищем и высотой хребтов. Мондинская впадина - наиболее высокорасположенная и компактная, замыкает на западе Тункинскую ветвь котловин. Амплитуда высот между днищем и высотой хребтов 550 - 1891 м. Благодаря особенностям ее тектонического и исторического развития она отличается от других котловин морфологией и характером развития долины.

Используются программируемые датчики – термохрон DS1922L-F5, представляющие собой полностью защищенный двухканальный электронный самописец (логгер), накапливающий в собственной энергонезависимой памяти значения температуры окружающей его корпус среды, с привязкой к реальному времени. Датчики были запрограммированы на измерения с периодичностью сбора показаний через каждые 3 часа, синхронно с измерениями на метеостанциях.

Всего на территории котловин выделено 35 модельных площадок, с установленными в них термохронами: 23 расположены в Тункинской котловине в интервале высот от 718 м до 2119 м, 12 в Мондинской котловине в интервале высот от 1264 м до 2325 м. На сегодняшний день мы имеем базу срочных данных температуры воздуха за период с 2007 по 2013 гг. Модельные площадки, где проводятся натурные наблюдения, расположенные на территории Тункинской и Мондинской котловин, охватывают ее северный и южный склоны, а также днище, позволяя тем самым наблюдать изменение температуры воздуха по всему профилю. Каждая из площадок имеет индивидуальную ландшафтную характеристику, в соответствии с высотой на которой расположена.

Проведена статистическая обработка и анализ полученных срочных данных за 2007-2013 гг. Для каждой площадки рассчитаны средние месячные, экстремальные температуры, амплитуда суточных, месячных, годовых колебаний, оценены вертикальные температурные градиенты на склонах котловин, проведен корреляционный анализ с данными метеорологических станций.

Значительные коэффициенты корреляции (0,9 -0,7) между данными метеорологических станций и данными температуры воздуха полученными с помощью датчиков позволяют делать выводы о синхронности колебаний температуры воздуха на метеостанциях, расположенных в днище котловин, и в элементах горно-котловинных ландшафтов. В свою очередь данные натурных наблюдений, полученные в результате наших исследований позволяют характеризовать особенности микроклимата горно-котловинных ландшафтов на фоне региональных климатических изменений.

Средняя годовая температура в Тункинской котловине выше, чем в Мондинской: разница между северными и южными склонами составляет 2,7-2,8 °С, в то время как в днище котловин всего 0,2 °С. Это можно объяснить наличием в Тункинской котловине крупного озерно-болотного комплекса, оказывающего охлаждающее влияние на территорию. Средняя месячная температура января на территории Тункинской котловины варьирует от -25,1°С (днище) до -18,7°С (южный склон), температура северного склона равна -20,5°С. Средние январские температуры воздуха на склонах Мондинской котловины в среднем на 2 °С ниже, чем на склонах Тункинской, а температура днища на 3°С выше. Средняя температурой июля северного склона Тункинской котловины +16,6°С, южного +16,8°С, днище

котловины в июле значительно теплее: здесь средняя температура воздуха равна +19,4 °С. В Мондинской котловине соответствующие значения равны +13,0°С, +12,4°С, +15,6°С. Значения абсолютного годового максимума на территории Мондинской котловины в среднем на 8,5 °С ниже и составляет +34°С. Разница в минимумах ни столь велика, приктически отсутствует.

Таким образом, впервые для территории Юго-Западного Прибайкалья проведена оценка температурного режима по данным срочных круглогодичных наблюдений. Полученные результаты дают представления об особенностях распределения температуры воздуха в горно-котловинных ландшафтах, могут быть использованы для экстраполяции точечных данных на обширную территорию, реконструкции климатических изменений, верификации моделей регионального климата.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ БЛОКИРУЮЩИХ АНТИЦИКЛОНОВ В ЕВРОПЕЙСКОМ РЕГИОНЕ ПО СЕЗОНАМ

Воскресенская Е.Н., Коваленко О.Ю.
Морской гидрофизический институт, г. Севастополь, Россия
kovalenko_olga89@mail.ru

Блокирующие антициклоны, под которыми понимают квазистационарные антициклоны, существующие в течение от нескольких дней до недель, играют важную роль в формировании климата и его аномалий. Их влияние обусловливает экстремальные погодные условия: аномально низкие или высокие температуры, засухи, и, как следствие, негативные последствия, сопровождающиеся экономическими потерями и моральными ущербами [2, 8].

Многочисленные публикации по климатологии блокингов, основанные на анализе длительных рядов наблюдений или реанализа, дают общую картину исследуемых атмосферных образований об их типичных характеристиках и их изменчивости на разных временных масштабах. При этом, согласно [0, 0, 0], на их изменчивость межгодового масштаба заметное влияние оказывают события Эль-Ниньо - Южное Колебание (ЭНЮК).

Цель работы. Целью настоящей работы является анализ пространственного распределения среднеклиматических величин параметров блокирующих антициклонов над Европейским регионом с учетом сезонов, их линейных трендов и межгодовой изменчивости, обусловленной Эль-Ниньо - Южным колебанием с учетом классификации этих событий.

Данные и методы. Для анализа блокингов в Европейском регионе (40 – 75° с.ш., 0 – 60° в.д.) в работе использовались ежедневные данные реанализа NCEP/NCAR о высоте геопотенциала на поверхности 500 гПа за период 1948 – 2012 гг. на равномерной пространственной сетке 2,5×2,5°. Одним из наиболее успешно используемых методов для изучения характеристик блокирующих ситуаций является использование индекса Тибалди и Молтени [7]. В настоящей работе для расчета количества блокингов, их продолжительности и частоты применен такой индекс, модифицированный в работе [6] (TM90*). При этом под частотой понимается отношение количества дней с блокирующими антициклонами в заданном узле сетки к общему количеству рассмотренных дней.

Результаты и обсуждение. В ходе анализа характеристик блокирующих антициклонов обнаружено, что области, в которых отмечаются максимальные величины количества блокингов, их продолжительности и частоты в соответствующие сезоны совпадают между собой. При этом во внутригодовом ходе положения координат областей с максимальной повторяемостью рассматриваемых явлений над европейским регионом отмечается заметное смещение к востоку от зимних месяцев к летним. Так, зимой область максимальной частоты антициклонов приурочена к Скандинавскому полуострову, весной она смещается к центру Европы. Летом и осенью частота блокингов уменьшается, а их положение локализуется в северных и северо-восточных районах. Ранее в [2] были описаны сезонные особенности для суммарной продолжительности блокирующих антициклонов.

Анализ линейных трендов частоты блокингов для каждого сезона на 90% уровне значимости показал, что для зимы характерны тренды с положительным знаком, их значимые величины достигают $0{,}9\times10^{-3}$/год на севере Европейского региона. В весенний сезон области с положительными коэффициентами смещаются на юго-восток региона, их величины составляют $0{,}7\times10^{-3}$/год, однако в этот же период года на севере и юго-западе появляются и отрицательные тренды до $-0{,}5\times10^{-3}$/год. Летом для территории Европы характерны

преимущественно отрицательные коэффициенты трендов частоты блокирующих антициклонов с величинами $-0{,}4\times10^{-3}$/год на западе региона, а в центре $-0{,}7\times10^{-3}$/год. Осенью в поле линейных трендов частоты блокингов отмечаются лишь небольшие области значимых величин.

Влияние ЭНЮК на изменчивость характеристик блокирования в Тихоокеанском регионе рассматривалось многими авторами, однако исследованиям его проявлений в Европейском регионе посвящено не так много работ [0, 0]. При этом результаты современных исследований по классификации событий Эль-Ниньо не привлекались. В настоящей работе с учетом выделенных типов событий ЭНЮК, подробное описание которых приведено в [1] с помощью метода композитов, проведен анализ их проявлений в изменениях частоты блокирующих антициклонов. Обнаружено, что максимальная частота блокингов в летний сезон связана с весенним типом, при этом наибольшее количество антициклонов наблюдалось в 1973 г. и 1998 г. (до 4 случаев), а суммарная продолжительность в рассматриваемые годы достигала 31 и 27 суток, соответственно. Значительное учащение повторяемости блокирующих антициклонов в зимний сезон обусловлено влиянием событий летне-осеннего короткоживущего типа в «+1» год ЭНЮК, при этом максимальное количество блокингов достигало 3 - 4 случаев в 1995 г. и 2003 г., а суммарная продолжительность в эти же годы составляла 17 и 24 суток, соответственно. Подтверждением справедливости обнаруженных закономерностей является подобный результат, полученный в [1] при анализе поля приземного давления над Европейским регионом.

Литература

1. Воскресенская Е.Н., Михайлова Н.В. Эль-Ниньо разных типов и особенности их проявления в Атлантико-Европейском регионе // Сборник научных трудов «Системы контроля окружающей среды», 2006. С. 307 – 310.

2. Груза Г.В., Коровкина Л.В. Сезонные особенности пространственного распределения индексов блокирования в Северном полушарии // Метеорология и гидрология, № 3, 1991. С. 108 – 110.

3. Barriopedro D., García-Herrera R., Lupo A., Hernández E. A Climatology of Northern Hemisphere Blocking // Journal of Climate, Volume 19. 2006. P. 1042 – 1063.

4. Mokhov I.I., Tikhonova E.A. Atmospheric blocking characteristics in the Northern Hemisphere: Diagnostics of changes // Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling. WMO/TD-No. 987. 2000. P. 2.20 – 2.21

5. Renwick J.A., Wallace J.M. Relationships between North Pacific wintertime blocking, El Niño, and the PNA pattern // Monthly Weather Review, volume 124. 1996. P. 2071 – 2076.

6. Scherrer S., Croci-Maspoli M., Schwierz C., Appenzeller C. Two-dimensional indices of atmospheric blocking and their statistical relationship with winter climate patterns in the Euro-Atlantic region // International journal of climatology, № 26. 2006. P. 233 – 249**.**

7. Tibaldi S., Molteni F. On the operational predictability of blocking // Tellus, № 42A. 1990. P. 343 – 365

8. Trigo R.M., Trigo I.M., DaCamara C.C., Osborn T.J. Climate impact of the European winter blocking episodes from the NCEP/NCAR Reanalyses // Climate Dynamics, № 23 (1). 2004. P. 17 – 28.

9. Wiedenmann J.M., Lupo A.R., Mokhov I.I., Tikhonova E.A. The climatology of blocking anticyclones for the Northern and Southern Hemispheres: block intensity as a diagnostic // Journal of Climate, volume 15, № 23. 2002. P. 3459 – 3473.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ НА ЧЕРНОМ МОРЕ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА

Гиппиус Ф.Н., Архипкин В.С., Суркова Г.В.
Географический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
fedor.gippius@gmail.com

Потребность в определении режима волнения объясняется всё более пристальным вниманием, уделяемым морским акваториям как с научной, так и с прикладной точки зрения. Акватория и берега Черного моря интенсивно используются для судоходства, рекреации и другой хозяйственной деятельности. Эти аспекты обуславливают актуальность, которой обладают исследования волнения на Черном море.

Наиболее рациональным методом таких исследований представляется численное моделирование, имеющее ряд преимуществ перед традиционными инструментальными наблюдениями. К достоинствам расчетных экспериментов можно отнести гибкость в задании начальных условий, рассчитываемых параметров, пространственного и временного разрешения. Другим преимуществом этого метода является возможность прогнозирования и ретроспективного анализа волнения с использованием прогнозных или архивных метеорологических полей соответственно.

В последнее время опубликовано большое количество работ, посвященных исследованию ветрового волнения в Черном море на

различных пространственных и временных масштабах. Некоторые из этих публикаций, например [3] и [6], являются атласно-справочными изданиями и посвящены исследованию ветро-волнового климата Черного моря и его экстремальным проявлениям. Режимным характеристикам волнения на Черном и Азовском морях посвящены работы [2] и [4]. Другие материалы в большинстве своём имеют более узкую направленность. Так, можно привести примеры публикаций, посвященных моделированию волнения во время особо редких штормов ([1]), на отдельных участках акватории моря ([12]), а также совместному моделированию волнения и поверхностных течений ([7]). Актуальным направлением исследований является верификация и калибровка моделей с использованием натурных измерений (например, [8]).

Целью данной работы является предварительное определение особенностей и характеристик ветрового волнения на акватории Черного моря, типичных для второй половины XX и начала XXI веков, а также выявление трендов в его многолетней изменчивости.

Расчет волнения выполнялся с помощью спектральной волновой модели SWAN [9, 11]. Вынуждающей силой волновых колебаний является ветровое напряжение, определяемое на основе данных о компонентах скорости ветра на высоте 10 м. Эти сведения с дискретностью 6 часов за период с 1948 по 2010 года получены из данных реанализа NCEP/NCAR [10]. Данный реанализ использовался в первую очередь из-за того, что он покрывает более длительный временной интервал по сравнению с большинством других аналогов. Для создания цифровой модели рельефа дна и контуров берегов моря была использована навигационная карта Черного моря масштаба 1:2 500 000. Неравномерно распределенные по пространству данные были интерполированы в узлы прямоугольной сетки с пространственным разрешением 5 км, которая и использовалась в дальнейшем при расчетах.

Вычисления велись непрерывно для каждого из годов. Дискретность вычислений составляет 30 минут. В каждый из расчетных сроков в узлах сетки производится запись значительной высоты волны, направления её распространения, её периода и средней длины, высоты зыби; также определяется количество и перенос волновой энергии. Для краткости далее будет рассматриваться лишь значительная высота волны как наиболее часто используемая характеристика волнения.

Черное море относится к относительно спокойным районам Мирового океана; средняя величина значительной высоты волны здесь не превышает 0,7 м. Тем не менее, в пространственном распределении волнения есть свои закономерности. Видно, что область с наиболее выраженным волнением находится в центральной части моря западнее Крыма. Средние значительные высоты волн закономерно уменьшаются по мере приближения к берегу, при этом градиент волнения ярче выражен у западного, чем при движении в сторону противоположного восточного берега. Максимальные величины значимых высот волн (более 6,5 м) приурочены к юго-западным и северо-восточным областям моря.

Помимо изучения пространственного распределения режимных и экстремальных волновых характеристик в работе уделено внимание статистическому исследованию штормовых ситуаций над акваторией Черного моря. Под штормом здесь принимается такая ситуация, при которой значительная высота волны превышает 4 м. Такая высота волны является пороговой величиной при определении сильного волнения в прибрежных районах [5]. Для каждой штормовой ситуации определялась продолжительность шторма, его площадь и длина траектории. Кроме этого, все штормы были ранжированы в зависимости от значимой высоты волны.

В межгодовой изменчивости штормовой активности хорошо заметны два периода продолжительностью примерно 10 лет – повышения количества и продолжительности штормов в середине 1960-х – начале 1970-х годов и относительное штормовое затишье в последующие 10 лет. В целом же следует отметить тенденцию к незначительному уменьшению суммарной продолжительности штормов, о чем говорит линейный тренд этой величины за всё время наблюдений.

Настоящая работа выполнена в Лаборатории оценки природных рисков МГУ в рамках договора G.34.31.0007.

Литература:

1. *Бухановский А. В. и др.* Шторм на Черном море 11 ноября 2007 г. и статистики экстремальных штормов моря // Известия Русского географического общества. – 2009. – Т. 141. – №. 2. - с. 71-80

2. *Дьяков Н.Н., Фомин В.В., Мартынов Е.С., Гармашов А.В.* Ветро-волновой режим Азовского моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2010. – Вып. 22. – С.228-239.

3. *Ефимов В.В., Комаровская О.И.* Атлас экстремального ветрового волнения Черного моря – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – 59 с.

4. *Полонский А.Б., Фомин В.В., Гармашов А.В.* Характеристики ветрового волнения Черного моря // Доповіді Національної Академії наук України. – 2011. – №8. – С. 108-112;

5. РД 52.88.699-2008. Руководящий документ. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений. – Москва, 2008. – 33 с.

6. Справочные данные по режиму ветра и волнения Балтийского, Северного, Черного, Азовского и Средиземного морей – Санкт-Петербург: Российский морской регистр судоходства, 2006 – 451 с.

7. *Фомин В. В., Иванов В. А.* Совместное моделирование течений и ветрового волнения в Керченском проливе // Морской гидрофизический журнал. – 2007. – №. 5. – С. 3-26.

8. *Akpınar A. et al.* Evaluation of the numerical wave model (SWAN) for wave simulation in the Black Sea // Continental Shelf Research. – 2012. – Т. 50-51. – С. 80-99.

9. *Holthuijsen L.H.* Waves in oceanic and coastal waters. – Cambridge University Press, 2007. – 387 с.

10. *Kalnay E. et al.* The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project //Bulletin of the American meteorological Society. – 1996. – Т. 77. – №. 3. – С. 437-471.

11. The SWAN Team: SWAN User Manual, Delft University of Technology, 2006

12. V*alchev N. N., Trifonova E. V., Andreeva N. K. Past* and recent trends in the western Black Sea storminess // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. – 2012. – Т. 12. – С. 961-977.

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЗАПАСА ВОДЫ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ НА СЕВЕРЕ ЕТР

Григорьев В.Ю.[1], Попова Н.О.[2], Телегина А.А.[3]

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

vadim308g@mail.ru[1], natalia.o.popova@gmail.com[2], annatelegina29@yandex.ru[3]

Настоящая работа посвящена оценке возможности применения спутниковых данных пассивной микроволновой съёмки (радиометром AMSR-E) и гравиметрических измерений (проект GRACE) для оценки величины влагозапаса снежного покрова. Для проверки точности использовались данные наземных измерений на метеостанциях и данные снегомерных съемок.

Международный спутниковый Эксперимент по Определению Гравитации и Климатических Изменений (GRACE) проводится с 2002 г. для дистанционного измерения пространственно-временных вариаций гравитационного поля Земли.

Изменения гравитационного поля, связанные с перемещением вещества в мантии и земной коре на отрезках времени в несколько десятилетий, удовлетворительно описываются линейными от времени функциями. Учёт переноса масс в атмосфере и мировом океане возможен с помощью гидродинамических моделей. Таким образом, возможно свести изменения гравитационного поля к изменению количества влаги на суше [1].

Под влагозапасом понимается суммарное содержание влаги в бассейне во всех формах: почвенная, капиллярная кайма, подземные и поверхностные воды. Данные GRACE выражают не объём влаги, содержащийся на поверхности и в толще грунта для данной территории, а его изменение со временем. Таким образом, учитываются все виды влаги, изменение объёма которых в пересчёте на слой для всего бассейна, составляет первые миллиметры и более. Вклад атмосферной влаги в изменение гравитационного поля в используемой версии обработки данных вычтен.

Для рассматриваемой территории за период с ноября по март справедливо следующее уравнение водного баланса:

$\Delta TWS + \Delta R = \Delta SN$,

где ΔTWS – изменение величины влагозапаса в бассейне за некоторый период, ΔSN – изменение за рассматриваемый период содержания воды в снежном покрове, ΔR – суммарный сток с водосбора. При таком подходе величина испарения не учитывается, что правомерно в связи с ее малыми объемами. Пространственное разрешение данных составляет 1°X1°, а временное - 1 месяц.

Было произведено сравнение данных по влагозапасу, полученных по проекту GRACE, и его наземным измерениям для бассейнов северных рек (Онега, Печора, Мезень и Северная Двина) за январь-апрель 2003-2011 гг. На данном этапе работы средняя величина влагозапаса снежного покрова рассчитывалась как среднее между станциями на территории бассейна. Так, для бассейна Онеги использовалось 4 метеостанции, для бассейна Мезени - 7, для бассейна Печоры - 26 и для бассейна реки Северной Двины – 12 метеостанций. Коэффициенты корреляции между среднемесячными величинами снегозапаса, полученными в результаты наземных и дистанционных из-

мерений (продолжительность рядов 36 значений) следующие: для бассейна р. Онеги – 0.16; для бассейна р. Мезени – 0.78; для бассейна р. Печоры – 0.50; для бассейна р. Северной Двины – 0.56.

Подобный разброс может быть объяснён несколькими причинами. На величину суммарного влагозапаса в бассейне влияет не только изменение влагозапаса в снежном покрове, но и увлажнённость бассейна, предшествующая выпадению снега. Этот фактор возможно устранить, вычтя из значений влагозапаса зимних месяцев каждого года величину влагозапаса последнего бесснежного месяца за этот же год. Помимо этого, на результаты расчетов влияет сработка запасов влаги в бассейне в виде речного стока, которая может происходить с разной интенсивностью в разные годы. Для устранения этого фактора достаточно прибавлять к измеренным величинам влагозапаса объём стока, который прошел через замыкающий створ бассейна с начала зимы и до момента измерения влагозапаса.

Кроме того, существенными могут быть ошибки, связанные с несовпадением календарных границ снегонакопления и снеготаяния, с одной стороны, и измерений влагозапаса GRACE – с другой, а также погрешность самих наземных наблюдений.

Данные о яркостной температуре пассивного микроволнового зондирования в равноплощадной SSM/I системе координат (EASE-Grid) доступны с 1978 г. Микроволновая СВЧ-радиометрия, она же пассивная микроволновая съемка, заключается в измерении интенсивности излучения на частотах от 6 до 37 ГГц. Изменение разности радиояркостных температур, измеряемых датчиком для различных частот, при появлении и увеличении мощности снежного покрова лежит в основе метода восстановления значений снегозапасов. Пространственное разрешение данных составляет 25 на 25 км, а временное 5 суток.

В настоящей работе произведена оценка точности восстановленных по данным SSM/I – DMSP значений снегозапасов (модель Чанга) для обоснования возможности использования спутниковой информации в исследованиях водного баланса рассматриваемых рек.

Если рассматривать точность восстановленных значений снегозапасов для всей территории ЕТР, то ошибка увеличивается с юга на север: расхождение за десять лет наблюдений между фактическими данными снегосъемок и максимальными снегозапасами микроволновой съемки для бассейнов рек Дон и Ока составляет примерно 33-35%, что на десять процентов превышает заявленную разработчика-

ми ошибку, для реки Северная Двины - 53%. Однако при рассмотрении отдельного 2010 года с более подробными фактическими данными снегомерных съемок за каждые пять дней и спутниковыми данными, осредненными так же за пять дней, средняя ошибка при восстановлении максимальных снегозапсов уменьшается. Для Северной Двины и Онеги она составляет около 30 %, для Печоры 26% [2].

Литература

1. *Булычёв А.А., Джамалов Р.Г., Сидоров Р.В.* Применение данных спутниковой системы измерения поля гравитации Земли (GRACE) для изучения и оценки гидролого-гидрогеологических характеристик крупных речных бассейнов//Водные ресурсы, 2012, № 5. С. 476 - 484.

2. *Телегина А.А., Фролова Н.Л.* Пространственно-временная изменчивость характеристик снежного покрова по данным дистанционного зондирования //Ресурсы и качество вод суши: оценка, прогноз и управление: сборник трудов второй открытой конференции Научно-образовательного центра. М., 2012. С. 234-246.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АТМОСФЕРЫ В РАЙОНЕ КОСМОДРОМА ВОСТОЧНЫЙ В ДНИ С ОПАСНЫМИ КОНВЕКТИВНЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ

Громницкая А.А., Золотухина О.И.

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Zolot_O@sibmail.com

В результате развития конвекции образуются мощные конвективные облака, в которых формируются такие опасные явления погоды, как грозы, ливни, град, шквалы. Поскольку эти явления погоды наносят ощутимый ущерб, изучение условий их образования и возможность улучшения качества прогноза являются актуальными задачами метеорологии. Выявление природы опасных явлений погоды, связанных с зонами активной конвекции, исследование их повторяемости, условий образования являются необходимостью для повышения качества их прогноза [3].

Строительство будущей космической гавани России на Дальнем Востоке, в Амурской области идет полным ходом. Первый пуск ракеты-носителя планируется на 2015 год.

Справка: космодром «Восточный» - один из самых масштабных проектов России. В ноябре 2007 года был подписан Указ Президента России о создании космодрома в Амурской области. С 2008 по 2010 гг. проводились изыскательские и подготовительные работы. Первый камень в строительство «Восточного» заложен в августе 2010 года. Первый пуск ракеты-носителя планируется на 2015 год. Первый запуск пилотируемого космического корабля с «Восточного» - в 2018 году [6].

В связи с масштабным строительством космодрома очень важно создать базу данных о характеристиках атмосферы в дни с опасными конвективными явлениями погоды и провести исследования в этой области, для более надежного и совершенного прогнозирования метеорологической обстановки, форм и способов метеорологического и аэрологического обеспечения запусков РКН.

Для характеристики опасных конвективных явлений погоды послужили данные о случаях с грозами, ливнями и градом, представленные на сервере Института космических исследований РАН «Погода России». Для исследования были взяты ближайшие к космодрому метеорологические станции в Амурской области (Благовещенск, Шимановск, Свободный) и станции, расположенные на территории Китая (Хума, Хэйхэ). Для большинства метеостанций России и Китая характерен одинаковый период наблюдения 2000–2013 гг., за исключением станции Благовещенск – ей соответствует период 1998–2009 гг. [1, 2].

Для рассматриваемых случаев проанализированы значения ряда индексов, характеризующих конвекцию в атмосфере:

- LIFT – объединяет влажность и вертикальный градиент в одном индексе, оценивает степень стабильности, которая измеряется разностью между температурами поднимающейся частицы и окружающей среды на уровне 500 гПа., °С;
- SWEAT – оценивает потенциал (вероятность) неблагоприятных явлений погоды, объединяя несколько параметров в одном индексе: слой наибольшего влагосодержания (точка росы на уровне 850 гПа), нестабильность (TOTL), скорость ветра на уровне 850 и 500 гПа, адвекцию теплого воздуха;
- KIND – характеризует температурно-влажностное состояние атмосфере в слое 850-700 гПа, °С;
- TOTL – комплексная характеристика статической стабильности и влажности на уровне 850 гПа, °С;

- CAPE – конвективная потенциальная энергия атмосферы, Дж/кг;
- LFCT – уровень свободной конвекции, гПа [4, 5].

Выводы по проделанной работе:

Особенно информативными для диагноза опасных конвективных явлений погоды оказались индексы: LIFT, TOTL и CAPE их значения примерно совпадают со значениям, характерными для ОЯ, наблюдаемых в рассматриваемых широтах.

Полученные характеристики опасных явлений погоды в районе космодрома «Восточный» будут использоваться для метеорологического и аэрологического обеспечения запусков РКН.

Литература

1. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Части 1-6. Многолетние данные. Выпуск 25. Хабаровский край и Амурская область. Санкт-Петербург. Гидрометеоиздат. 1992. 559 с.

2. Справочник по климату СССР. Хабаровский край и Амурская область. Выпуск 25. Часть III. Ветер. Гидрометеоиздат. Ленинград.1967. 318 с.

3. *Шакина Н.П.* Гидродинамическая неустойчивость в атмосфере. Л.: Гидрометеоиздат, 1990, 309 с.

4. *Andersson, T. A. M. J. C. N. S.* Thermodynamic indices for forecasting thunderstorms in southern Sweden, Meteorol. Mag., 116. 1989. – P. 141-146,

5. *Johns R.H., Doswell C.A.* Severe local storms forecasting. Wea. Forecasting, 11 – 1992. – P. 558-61

6. *Umansky S.M.* Launch Vehicles/Launch Sites, Restart. M. 2003. – P. 56-60.

К ОЦЕНКЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СЕЗОНОВ ГОДА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Гурьянов Д.А.

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

dm.gurjanov@yandex.ru

В работе рассматривается изменение продолжительности климатических сезонов года в Санкт-Петербурге на основе данных о среднесуточной температуре воздуха за более чем полувековой период: с 1950 по 2011 годы. Как известно, календарные сезоны года не совпадают с климатическими, поэтому необходимо выделение именно их климатических границ. Наиболее показательной является инфор-

мация о среднесуточной температуре воздуха. Именно по этому показателю в фенологии определяется время наступления каждого из сезонов года [1]. С переходом температуры воздуха через определённые пороговые значения происходят существенные изменения в растительных сообществах. Например, при устойчивом переходе среднесуточной температуры через 15°С весной начинается активная вегетация растительности, наступает климатическое лето [1]. Другой важной точкой считается устойчивый переход температуры через 0°С. Период с устойчивыми отрицательными среднесуточными температурами считается климатический зимой. Промежуток времени со среднесуточными температурами выше 0°С до 15°С в первой половине года является климатической весной. Соответственно этот же промежуток времени во второй половине года будет считаться осенью.

Однако в течение календарного года температура может неоднократно переходить через 0 и 15°С. Например, в зимний период возможно наступление оттепелей, когда среднесуточная температура становится положительной, а весной, наоборот возможен возврат заморозков. Существуют различные способы оценки даты устойчивого перехода температуры через ноль [2, 4-6]. Так, в работе [5] выбиралась дата последнего отрицательного значения среднесуточной температуры воздуха весной и первого – осенью. С целью нивелирования случайных ошибок данная процедура в настоящей работе была дополнена предварительным трехчленным скользящим осреднением значений температуры. Таким образом для каждого года были получены даты устойчивого перехода через пороговые значения, определяющие границы климатических сезонов: 0°С весной и осенью и 15°С весной и осенью.

В ходе анализа рядов перехода температуры через 0 и 15°С осенью прежде всего, обращает на себя внимание их очень высокая изменчивость, особенно это касается перехода температуры через 0°С осенью. Размах колебаний составляет 96 дней, т.е. более 3 месяцев. Отчетливо выражен положительный линейный тренд, который позволяет не только оценить общую изменчивость временного ряда, но и характеризует средние многолетние условия для конкретных лет. По тренду начало зимы сдвинулось на 15 дней, а непосредственно по исходным данным сдвиг начала зимы составил 64 дня. Последняя оценка, обусловленная большой выборочной изменчивостью, в значительной степени носит случайный характер, поэтому в дальней-

шем используются оценки по тренду. Что касается перехода температуры через 15°С осенью, то размах колебаний составляет 46 дней, линейный тренд более чем в 2 раза уступает тренду перехода температуры через 0°, осень стала наступать на 7 дней позже.

Для рядов перехода температуры через 0 и 15°С весной изменчивость дней перехода через 0 весной меньше, а через 15°С несколько больше, чем осенью. Так, размах колебаний перехода через 0°С составляет 78 дней, а через 15°С – 59 дней, ускорение наступления весны составило 10 дней, а лета – 5 дней. Итак, можно совершенно точно утверждать, что за прошедшие десятилетия произошло значительное уменьшение продолжительности зимы, в результате чего повысилась продолжительность всех других сезонов года. Действительно, продолжительность зимы в течение 1950-2011 гг. уменьшилась на 26 дней, а весны, лета и осени увеличилась соответственно на 5, 12 и 9 дней. Естественно, это связано с потеплением климата в Северо-Западном регионе за рассматриваемый период времени [3,4].

Оценка степени сопряженности колебаний продолжительности сезонов между собой и с другими характеристиками температуры дала следующие результаты. Продолжительность зимы имеет значимую отрицательную корреляцию с продолжительностью осени (r=-0.71), при этом связь с другими сезонами года отсутствует. Кроме того, чем больше продолжительность зимы, тем ниже среднегодовая температура воздуха (r=-0.54), тем раньше наступает осень (r=-0.75). Так же хорошо физически обусловлены статистические связи для других климатических сезонов. Колебания переходов температуры воздуха через 0 и 15°С весной и осенью практически не связаны между собой. Средняя годовая температура помимо зимы имеет отрицательную корреляцию с переходом температуры через 0°С весной (r=-0.41), т.е. чем раньше наступает весна, тем выше может быть среднегодовая температура воздуха.

Из анализа корреляций следует, что возможно построение простых статистических моделей продолжительности отдельных сезонов. Продолжительность зимы зависит от даты перехода температуры через 0°С осенью и от самой продолжительности осени. Очевидно, чем позже происходит переход температуры через 0°С и чем длиннее осень, тем короче должна быть зима. Аналогично продолжительность последующих сезонов может зависеть от продолжительности предыдущего и момента перехода температуры от него к текущему сезону. Наиболее точной является модель оценки продол-

жительности зимы и лета, имеющие максимальные значения коэффициента детерминации и критерия Фишера. На противоположном полюсе модель оценки продолжительности осени с самым малым коэффициентом детерминации, который описывает всего 26 % дисперсии исходного ряда.

Для всех моделей главным является переход температуры через 0 или 15°С, определяющий начало сезона. При этом, чем раньше начинается сезон, тем он длиннее. Наиболее слабо данная закономерность проявляется для осени. Очевидно, для этого сезона года необходим поиск более значимых предикторов. Влияние продолжительности предшествующих сезонов сказывается в основном на продолжительности зимы и весны. Но если в первом случае связь положительная, то во втором – отрицательная, т.е. удлинение зимы сказывается частично на удлинении весны. Максимальные ошибки отмечаются для сравнительно тёплых коротких зим (1966-1967 и 2006-2007 гг.), когда происходил очень ранний переход к весне. Относительную ошибку можно представить как отношение стандартной ошибки модели к стандартному отклонению исходного ряда. При её значениях меньше 1 прогностические оценки считаются «хорошими». Для продолжительности лета имеем 0,8, а для продолжительности зимы 0,84, что подтверждает возможность их прогноза.

Литература

1. *Исаченко А. Г.* Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1991. – 366 с.

2. *Карлин Л.Н., Ефимова Ю.В., Никифоров А.В.* Некоторые климатические характеристики Санкт-Петербурга в эпоху глобального потепления // Ученые записки РГГМУ. – 2005, №1. – С. 22-29.

3. *Крышнякова О.С., Малинин В.Н.* Особенности потепления климата Европейской территории России в современных условиях // Общество. Среда. Развитие. – 2008, №2. – С. 115 – 124.

4. *Малинин В.Н., Гурьянов Д.А.* Структурные особенности формирования межгодовой изменчивости температуры воздуха в Северо-Западном районе России // Общество. Среда. Развитие. – 2012, №2. – С. 227-232.

5. *Малинин В.Н., Гордеева С.М., Гурьянов Д.А.* Особенности температурного режима Санкт-Петербурга в современный период. Нерешенные проблемы климатологии и экологии мегаполисов. СПб, 2013. С. 43-46.

6. *Садоков В.П., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н.* Определение весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0, +5°С, их прогноз оценка // Труды гидрометеорологического НИЦ РФ / Под ред. д-ра физ.-мат. наук М.А. Толстых. – 2012, вып. 348. – С. 144 – 152.

ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПОЧВЕННОЙ МИКОБИОТЫ ПРИ ПОВЫШЕНИИ ТЕМПЕРАТУР НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ Г. МОСКВА

Данилогорская А.А., Марфенина О.Е.
Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
a.a.danilogorskaya@gmail.com

Грибы – широко распространенные компоненты наземных экосистем, которые играют существенную роль в функционировании биосферы, в биологическом круговороте химических элементов, участвуя в разложении органических веществ до минеральных компонентов [7]. Благодаря богатому ферментативному пулу и развитой мицелиальной системе именно грибы среди живых организмов способны самостоятельно и полностью осуществлять разложение многих устойчивых биологических полимеров [3]. Основным резервуаром грибов в природе является почва. В почвах биомасса грибов может существенно превышать биомассу других почвенных организмов, а содержание грибного мицелия в 1 г почвы часто составляет сотни и тысячи метров [4].

На современном этапе развития биосферы отмечаются существенные климатические изменения, которые в том числе оказывают влияние и на почвенную биоту. Влияние на почвенные сообщества может проявляться как при изменении почвенных условий (температуры, влажности), так и при трансформации растительного покрова и изменении режима поступления органических веществ в почву. В результате может изменяться видовая структура и состав грибных сообществ, а также уровень и разнообразие потребляемых органических веществ, т.е. функциональное разнообразие.

В настоящее время исследования по влиянию возможных климатических изменений на почвенную биоту, в частности, на почвенные грибы, широко ведутся в мире [5, 6, 8 и др.] с применением двух подходов: модельного и полевого экспериментов. Однако при этом редко уделяется внимание почвам урбанизированных территорий, площади которых в современном мире значительно возросли, и для которых показаны существенные изменения грибных сообществ [2]. Поэтому цель нашей работы состояла в оценке изменений функционального и видового разнообразия почвенных культивируемых гри-

бов в разных температурных условиях в городских фоновой и антропогенно преобразованной почвах.

В качестве объектов исследования были выбраны дерново-подзолистая почва мало нарушенного участка городского лесопарка Алешкино и урбанозём жилого квартала 40-летнего возраста застройки (СЗАО г. Москвы, Тушино). Образцы почв были отобраны в июне 2013 г. В модельном эксперименте предварительно высушенные, просеяные (3 мм) и увлажнённые до 60% от полной влагоёмкости образцы почв инкубировали в течение месяца при разных постоянных температурах: 1)10°С – типичная температура верхнего слоя зональной почвы в конце весны и начале осени [1]; 2) 20°С – температура, близкая к средней летней [1]; 3) и 4) – 30°С и 35°С, соответственно, – температуры, повышенные относительно летних среднемесячных значений и часто используемые в современных исследованиях климатических изменений [5 и др.]. Анализ функционального состояния и видового состава грибных сообществ проводили на 0, 3, 7, 14, 21, 28 сутки сукцессии. Функциональное разнообразие оценивали методом МСТ (23 субстрата), измерение оптической плотности развивающихся на различных субстратах грибных комплексов проводили на многоканальном фотометре Sunrise (Tecan) при 405 нм после 72 и 105 ч роста при инкубации на качалке (1000 об./мин). Видовое разнообразие культивируемых грибных сообществ оценивали стандартным методом посева на среду Чапека.

Установлено, что при 10 и 20°С функциональное разнообразие микобиоты дерново-подзолистой почвы и урбанозёма не различалось. Однако при повышении температур до 30 и 35°С были зарегистрированы изменения функционального разнообразия микобиоты фоновой дерново-подзолистой почвы. Так, при 30°С на протяжении почти всей сукцессии (за исключением 21 суток) выявлено резкое снижение интенсивности колонизации грибным мицелием субстратов (т.е. суммы оптических плотностей грибных комплексов на всех субстратах, усреднённой по повторностям), а при 35°С - наоборот, повышенная активность микобиоты. Другим важным отличием для дерново-подзолистой почвы явилось резкое изменение набора потребляемых субстратов при 30°С, в то время как при 10 и 20°С набор колонизируемых субстратов был более стабилен. Отметим, что при при 35°С данный набор также слабо отличался от такового при 10 и 20°С.

В урбаноземе интенсивность колонизации субстратов микобиотой при температурах 30 и 35°С оказалась достоверно сопоставима с интенсивностью при 10 и 20°С. В ходе сукцессии при всех анализируемых температурах в урбанозёме происходило нарастание интенсивности колонизации, хотя при 35°С и были зафиксированы некоторые незначительные колебания данного показателя. Таким образом, интенсивность колонизации субстратов микобиотой при всех исследованных температурах в урбаноземе была сходна. Однако при 30°С произошли изменения в наборе наиболее потребляемых субстратов, что так же наблюдали в фоновой дерново-подзолистой почве. При 35°С спектр потребляемых микобиотой субстратов в урбаноземе также слабо отличался от более низких температур.

При анализе видового разнообразия культивируемых почвенных грибных сообществ и для дерново-подзолистой почвы, и для урбанозёма были зафиксированы изменения в численности, составе и структуре сообществ при повышенных температурах 30 и 35°С по сравнению с 10 и 20°С. В фоновой дерново-подзолистой почве при 30°С регистрировали увеличение относительного обилия и численности грибов рода *Mucor*, а также фитопатогенных видов родов *Fusarium* и *Botrytis*, а при 35°С - резкое увеличение численности и относительного обилия условно-патогенных видов рода *Aspergillus*. Важно подчеркнуть, что именно при 35°С общая численность культивируемых микромицетов в дерново-подзолистой почве оказалась самой высокой на протяжении всей сукцессии. В урбанозёме, наоборот, при повышенных температурах было зафиксировано снижение общей численности культивируемых грибов, но при этом возрастание относительного обилия условно-патогенных грибов рода *Scedosporium*, а также увеличение численности и обилия грибов рода *Mucor*.

Таким образом, на основании модельного эксперимента с образцами почв г.Москва показано, что при повышении почвенных температур до 30 и 35°С может происходить изменение функционального и видового разнообразия микобиоты, существенное в фоновой дерново-подзолистой почве и менее выраженное в городском урбаноземе.

Литература:

1. *Димо В.Н.* Тепловой режим почв СССР. М.: Колос, 1972. 360 с.

2. *Марфенина О.Е.* Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.

3. *Мирчинк Т.Г.* Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ, 1988. 220 с.

4. *Полянская Л.М.* Микробная сукцессия в почве. Дисс. … д.б.н. М.: МГУ, 1996.

5. *Barcenas-Moreno G., Gomez-Brandon M., Rousk J., Bååth E.* Adaptation of soil microbial communities to temperature: comparison of fungi and bacteria in a laboratory experiment // Global Change Biology. 2009. Volume 15. P. 2950–2957.

6. *Castro H.F., Classen A.T., Austin E.E., Norby R.J., Schadt C.W.* Soil Microbial Community Responses to Multiple Experimental Climate Change Drivers // Applied and Environmental Microbiology. 2010. Volume 76, Issue 4. P. 999–1007.

7. *Carlile M., Watkinson S., Gooday G.* (2001) The Fungi, 2nd Ed. Academic press: San Diego, London, 588 p.

8. *Frey S.D., Drijber R., Smith H., Melillo J.* Microbial biomass, functional capacity, and community structure after 12 years of soil warming // Soil Biology and Biochemistry. 2008. Volume 40. P. 2904–2907.

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ МЕТАНГИДРАТОВ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

Денисов С.Н.

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

Метангидраты широко распространены в областях вечной мерзлоты и донных осадочных породах океана. По наблюдениям на шельфе морей Восточной Арктики отмечено повышение концентрации метана в атмосфере в последние годы. Это свидетельствует о наличии источников метана на шельфе морей, прилегающих к территории Восточной Сибири. Наиболее вероятным источником этого газа являются метангидраты. Их существование на мелководном шельфе возможно благодаря наличию в донных отложениях реликтовой вечной мерзлоты, сохранившейся со времени последней трансгрессии. При деградации мерзлоты метангидраты дестабилизируются и высвобожденный метан попадает в атмосферу.

При расчете современного состояния донных отложений мелководной части арктического шельфа использовалась модель теплопереноса для расчета динамики толщ субаквальных многолетнемерзлых пород, разработанная в ИФА РАН, позволяющая рассчитывать характеристики термического и гидрологического режимов пород при различных сценариях изменения климата и адаптированная для моделирования донных отложений. В качестве граничных условий задавалась температура придонной воды по данным расчётов с мо-

делью общей циркуляции Северного Ледовитого океана, разработанной в ИВМиМГ СО РАН для верхней границы расчетной области и геотермический поток тепла на нижней границе. В качестве начальных условий задавался градиент температуры в донных отложениях, соответствующий равновесному состоянию донных отложений до начала трансгрессии. Глубина залегания гидратов в осадочном слое и их пространственное распределение моделировались путем совместного решения уравнений равновесного стабильного существования гидратов и изменения температурного режима в слое донных отложений.

Проведены расчеты современных эмиссий метана с мелководной части арктического шельфа, связанных с разложением метангидратов. Полученный на основе модельных оценок поток метана, связанный с диссоциацией гидратов в областях распространения реликтовой субаквальной вечной мерзлоты, составляет около 15 Мт/год. Это значение мало по сравнению с полученными ранее значениями потока для глубоководного шельфа Мирового океана в XXI веке (350-600 Мт/год), однако на мелководной части шельфа (в отличие от глубоководной) большая часть метана может достичь атмосферы. Был также проведен расчет динамики зоны стабильности гидратов в XXI веке с учетом потепления (сценарий RCP 8.5) и без учета (придонная температура задавалась постоянной). Различий в скорости сокращения зоны стабильности гидратов в этих экспериментах выявлено не было. В отличие от глубоководной части шельфа, где зона стабильности гидратов примыкает ко дну и потоки метана сильно зависят от изменений придонной температуры, в зонах распространения реликтовой мерзлоты изменение потока тепла не успевает за 100 лет повлиять на глубоко залегающую зону стабильности гидратов.

УДАЛЕННЫЙ ОТКЛИК ПОЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ДВА ТИПА ЭЛЬ-НИНЬО

Железнова И.В.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
ijeleznova@gmail.com

Эль-Ниньо является наиболее ярким примером климатической аномалии межгодового масштаба в тропической зоне Тихого океана. Несмотря на повторяющийся характер этого явления, оно отличается значительной изменчивостью в широком спектре временных масштабов. В последние десятилетия эти изменения оказались настолько существенными, что появилось предположение о существовании новой разновидности явления Эль-Ниньо, которая характеризуется аномалиями ТПО, локализованными в центре Тихого океана, в отличие от канонического Эль-Ниньо, развивающегося на востоке [2, 3, 6]. Этот новый тип Эль-Ниньо в литературе получил название Центрально-Тихоокеанское (ЦТ) Эль-Ниньо [5, 10] или Эль-Ниньо Модоки [3, 4]. В свою очередь, каноническое Эль-Ниньо называют также Восточно-Тихоокеанским (ВТ). Несмотря на достаточно высокий интерес исследователей к этому явлению, множество вопросов, связанных как с механизмами его формирования, так и с удаленным откликом на него, остаются неизученными.

В силу изменения локализации аномалий ТПО в период Эль-Ниньо Модоки, отклик климатической системы, как в пределах тропиков, так и в удаленных районах может существенно изменяться. Эти различия проявляются первоначально в аномалиях глобальной и региональной циркуляции атмосферы. В свою очередь, аномалии циркуляции в центрах действия атмосферы приводят к возникновению аномалий в явлениях погоды, в частности, в полях температуры и осадков. Несмотря на большое количество работ, посвященных тематике удаленного отклика Эль-Ниньо, более ранние исследования были посвящены либо совокупному отклику на оба типа Эль-Ниньо [1, 2, 8], либо изучению различий отклика в отдельных регионах [7, 9]. Однако полной картины аномалий полей температуры воздуха и осадков, возникающих как отклик на каждый из типов Эль-Ниньо, настоящего времени получено не было.

Неодинаковый отклик атмосферной циркуляции на два типа Эль-Ниньо приводит к значительным различиям в аномалиях явления погоды, возникающих во многих регионах Земного шара в период развития этих явлений. Показано, что в ряде регионов отклик на два типа Эль-Ниньо может различаться вплоть до противоположного. В других районах статистически значимый отклик отмечается только для одного из типов Эль-Ниньо, тогда как для другого типа этого явления существенных аномалий в явлениях погоды в этом районе не отмечается. Понимание механизмов этих различий, связанных с аномалиями атмосферной циркуляции, возникающими в период развития каждого из типов Эль-Ниньо, могут внести свой вклад в улучшение качества долгосрочных прогнозов.

Литература

1. Лаппо С.С., Гулев С.К., Рождественский А.Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан-атмосфера и энергоактивные зоны Мирового океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1990, 336 с.

2. Петросянц М.А., Семенов Е.К., Гущина Д.Ю., Соколихина Е.В., Соколихина Н.Н. Циркуляция атмосферы в тропиках: климат и изменчивость. М.: Макс Пресс, 2005, 670 с.

3. Ashok K., Behera S. K., Rao S. A., Weng H., and Yamagata T. El Nino Modoki and its possible teleconnection // J. Geophys. Res., 2007. Volume 112. P.11007.

4. Ashok K. and Yamagata T. Climate change: The El Niño with a difference. // Nature, 2009, Volume 461, P. 481-484.

5. Kao H.-Y. and Yu J.-Y. Contrasting Eastern-Pacific and Central-Pacific types of ENSO // J. Clim., 2009, Volume 22, P. 615–632.

6. Kug J. S., Jin F. F., and An S. I. Two types of El Nino events: Cold tongue El Nino and warm pool El Nino. // J. Clim., 2009, Volume 22, P. 1499–1515.

7. Taschetto, Andréa S., Reindert J. Haarsma, Alexander Sen Gupta, Caroline C. Ummenhofer, Khalia J. Hill, Matthew H. England, Australian Monsoon Variability Driven by a Gill–Matsuno-Type Response to Central West Pacific Warming // *J. Climate*, 2010, Volume 23, P. 4717–4736.

8. Trenberth K.E., Branstator W.B., Karoly D., Kumar A., Lau N.-C. and Ropelewski C. Progress during TOGA in understanding and modeling global teleconnections associated with tropical sea surface temperatures. // J.Geophys.Res, 1998, Volume 5. Issue 103, C7, P. 14291-14324

9. Weng H., Behera S. K. and Yamagata T. Anomalous winter climate conditions in the Pacific Rim during recent El Nino Modoki and El Nino events. // Clim. Dyn., 2008, Volume 32, P. 663–674.

10. Yeh S.W., Kug J.S., Dewitte B., et al. El Niño in a changing climate. // Nature, 2009, Volume 461, P. 511-514.

НАБЛЮДАЕМОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Зюляева Ю.А.[1], Зверяев И.И.[1], Колтерман П.[2]
[1]Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия
[2]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

На европейской территории России (ЕТР) за последнее столетие наблюдается рост среднегодовой приземной температуры воздуха. Так, например, для г. Москва тренд составляет 0,32 0С /10 лет. В основном это потепление обусловлено ростом температур в зимний и весенний период. В летний период тренд составляет 0,22 0С /10 лет. Но так как экстремально высокие температуры в летний период ведут к повышению риска здоровью людей и сильно влияют на социальную сферу, изучение климатических изменений аномалий температур воздуха в летний период является в настоящее время одной из важнейших задач. В условиях потепления климата предполагается, что периоды, когда температура воздуха достигает экстремально высоких значений, должны наблюдаться чаще, стать более продолжительными и аномалии температуры более интенсивными. Задача данной работы исследование этого процесса на ЕТР.

В работе использовались данные станционных наблюдений для отдельных городов, а для пространственных характеристик - данные ре-анализов NCEP\NCAR и MERRA.

Для определения пороговых значений приземной температуры воздуха на ЕТР был проведен анализ изменения характеристик функции распределения вероятности. Мы показали, что для летних температур значение коэффициента асимметрии распределения значительно увеличилось за последние 65 лет. Если в течении XX столетия значение коэффициента асимметрии для июня было отрицательным, что говорит о более высокой вероятности отрицательных аномалий, то в настоящее время оно положительное, что свидетельствует о том, что поменялся характер распределения. Для июля и августа значения коэффициента асимметрии также существенно увеличились. Все это говорит о том, что за последнее десятилетие сильно выросла вероятность возникновения ситуаций с экстремально высокими температурами, таких как лето 2010 года.

По пороговым значениям был построен календарь событий за период 1949-2013 год, который позволил оценить изменение в продолжительности, интенсивности и частоте жарких периодов. Интенсивность событий увеличилась. В 2010 году средняя температура за летние месяцы превысила значение в 3 стандартных отклонения, что наблюдалось впервые для ЕТР за период 1949-2013 год.

Далее были исследованы аномалии температуры поверхности Атлантического океана, характеристики верхней атмосферы и почвенные характеристики, такие как температура на глубине и влагосодержание, которые наблюдаются во время событий и предшествуют им. Мы показали, что фоновое состояние климатической системы очень отличается от события к событию. Особенно это видно на примере двух самых экстремальных событий 2010 и 1972 лет. Аномалии ТПО в Северной Атлантике были различными, в 2010 году наблюдались положительные аномалии практически на всей акватории региона, а в 1972 году наблюдались аномалии типа «подковы». Аномалии приземного давления показывают, что основной режим динамики атмосферы так же отличается от года к году. В 1972 году индекс САК положительный, в 2010 слабоотрицательный.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ИСТОЧНИКОВ NO_2 ПО СОЧЕТАНИЮ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПЕРЕДВИЖНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА И СТАЦИОНАРНЫХ СТАНЦИЙ

В.А. Иванов[1], А.Н. Боровский[2], А.С. Елохов[2], О.В. Постыляков[2]

[1]Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ, Минск, Беларусь

[2]Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН, Москва, Россия

Двуокись азота (NO2) относится к химически активным газовым составляющим атмосферы, испытывающая значительные вариации в течение суток. Для изучения причин и механизмов данных вариаций необходима информация об источниках NO2 в пограничном слое атмосферы (ПСА). Основными источниками NO2 являются предприятия энергетики и промышленности в крупных городах.

В Москве была проведена серия экспериментов с целью определения основных источников NO2 и оценки их объемов эмиссии.

Пространственное распределение и мощность выбросов источников NO2 получены по данным системы мониторинга малых газовых примесей ИФА РАН. Сеть мониторинга состоит из трех пространственных распределенных пунктов наблюдения, установленных в Москве (центр, юго-запад) и в Звенигороде и одной автомобильной системы. Расчеты содержания NO2 проводились с помощью зенитного метода [1]. Типичная погрешность при определении содержания NO2 составляла 10-25%. Оценка выбросов NO2 от различных источников делалась с использованием метода, предложенного в работе [2].

В Московской области, фоновое значение вертикального содержания NO2 составляет порядка 0,3 * 1016 мол/см2. Общий вклад города Москвы в содержание NO2: около 2 * 1016 мол/см2 в день с небольшим автомобильным трафиком и может увеличиваться до 20 * 1016 мол/см2 в день со значительным числом заторов на дороге. Выбросы NO2: от электростанции около 30 млн. т / год, от транспортных средств около 80 млн. т/год. Данные о выбросах, полученные из эксперимента согласуются с теоретическими расчетами.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №14-47-00049.

Литература

1. *В.А. Иванов, О.В. Постыляков.* Оценка интегрального содержания NO2 в пограничном слое атмосферы по наблюдениям рассеянной в зените солнечной радиации. // Оптика атмосферы и океана. Том 23. 2010. No 06. С.471-474.

2. *Иванов В.А., Елохов А.С., Постыляков О.В.* О возможности оценки объема выбросов NO2 в городах по зенитным спектральным наблюдениям рассеянной солнечной радиации вблизи 450 нм. Оптика атмосеры и океана, 2012, 25, No 6. 539–543.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТРАТИФИКАЦИИ АРКТИЧЕСКОЙ ТРОПОСФЕРЫ

Кессель А.С., Бекряев Р.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

nastena_post.92@mail.ru

Атмосферные процессы и явления носят глобальный характер. Для их изучения и предсказания необходимы сведения о состоянии

атмосферы и земной поверхности по всей планете. Проблема изменения климата, происходящего, как под влиянием естественных причин, так и вследствие человеческой деятельности, стала актуальнее в последнее время. Изменения, происходящие в арктическом регионе, являются индикаторами климатических изменений всего северного полушария, поэтому интерес представляют данные метеорологических наблюдений в этой зоне.

В этой работе рассмотрено вертикальное строение арктической атмосферы. Предпринят поиск связей между температурными и влажностными характеристиками вертикального строения атмосферы Арктики и индексом Североатлантического колебания (NAO). Таким образом, мы попытались выявить связь между изменениями, происходящими в Арктике и крупномасштабными атмосферными процессами.

В предлагаемой работе был сформулирован и подвергнут проверке ряд гипотез. Во-первых, при увеличении интенсивности NAO приземные инверсии ослабевают. Во-вторых, нельзя однозначно говорить об изменениях, происходящих с интегральным содержанием водяного пара, так как многое зависит от местоположения рассматриваемой станции. И, наконец, в-третьих, вертикальная термическая стратификация тропосферы в целом с увеличением индекса NAO, возможно, становится ближе к сухоадиабатической.

В работе использованы данные аэрологического зондирования по станциям Алерт, Тикси, Барроу и Ню-Алесунд, приведенные на сайте Вайоминского университета, а также среднемесячные индексы Североатлантического колебания.

ОСТРОВА ТЕПЛА КРУПНЕЙШИХ ГОРОДОВ РОССИИ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА:ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ

Константинов П.И., Куканова Е.А.
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия
kostadini@mail.ru

Работа посвящена исследованию пространственно-временной изменчивости островов тепла российских городов (Urban Heat

Islands (UHI) – климатических феноменов, заключающихся в относительном превышении приземной температуры воздуха в населенных пунктах по сравнению с фоновыми условиями) в начале XXI века. Попутно обсуждаются методологические проблемы подобных исследований, связанные с недостатком фактических метеорологических данных и пути их решения.

Очевидно, что в идеале для решения данной задачи необходимо рассмотреть температурные ряды наблюдений как внутри городской застройки, так и вне ее на небольшом удалении; провести детальное сравнение температурных полей, вычислить аномалии и изучить их динамику. При неограниченных возможностях наблюдений за температурой, исследование стоит проводить, опираясь как минимум на три «городские» метеорологические станции и четыре «фоновые» [2]. Это позволит наилучшим способом, с микроклиматической точки зрения [2] изучить пространственную структуру явления UHI. Однако на данный момент не существует подобных условий для какого-либо города России кроме Москвы.

В подобных условиях недостатка данных для оценки мощности UHI на климатическом масштабе осреднения возможно воспользоваться методикой, предложенной И.И.Моховым в работе[1], использующей простую модель, связывающую интенсивность UHI посредством степенной функции с количеством населения и/или площадью населенного пункта.

В данной же работе была предпринята попытка исследовать внутригодовую динамику UHI и частоту экстремальных значений этого параметра (их не всегда возможно описать вышеуказанным в [1] методом) путем анализа данных пар станций (городская – фоновая), подвергнутых строгому методу отбора, включающему следующие критерии:

- Известно точное положение городской станции;
- Городская станция находится максимально близко к центру города и обязательно внутри городской застройки;
- Фоновая станция находится в застройке не плотнее и высотнее, чем дачная/сельская застройка (отдельно стоящие невысокие дома, разделенные участками естественного ландшафта)
- Выбранная пара станций находится на небольшом удалении друг от друга (не более 100 километров, желательно не более 50 километров);
- Абсолютные высоты обеих станций максимально совпадают;

- Обе выделенные станции, находятся в схожих ландшафтных условиях
- Выбранные станции являются сетевыми.

Полученные в рамках данного подхода данные о динамике и величине параметра UHI были сравнены с каноническими [2], а также оценена применимость данного подхода для российских населенных пунктов в процентном соотношении.

Литература

1. Мохов И.И. Связь интенсивности "острова тепла" города с его размерами и количеством населения // Доклады РАН. 2009. Т. 427. № 4. С. 530-533.

2. T.R. Oke. *Boundary layer climates*. London: Routledge; 1987. 464 pp.

СИНОПТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЦИРКУЛЯЦИИ СУБТРОПИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКИ И ЕЕ ВКЛАД В МЕРИДИОНАЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС ТЕПЛА

Крашенинникова С.Б., Полонский А.Б.

Морской гидрофизический институт, г. Севастополь, Россия

svetlanabk@mail.ru

Введение. Меридиональный перенос тепла (МПТ) в океане играет важную роль в климатической системе [1]. Наиболее ценными являются оценки МПТ, полученные на основании использования длительных непрерывных рядов данных инструментальных наблюдений. В отличие от эпизодических судовых исследований, долгосрочные наблюдения за зональной и меридиональной компонентами вектора течения, давлением и температурой на буйковых станциях на разных горизонтах, позволяют надежно описать вертикальную структуру течений и достаточно точно оценить их синоптическую изменчивость в выбранных районах океана. Самые длинные временные ряды прямых измерений течений в Субтропической Атлантике расположены в области к востоку от острова Абако на Багамских островах в окрестности 26° с.ш. Исследованию изменчивости циркуляции на синоптическом масштабе в Субтропической Атлантике, на основании использования долгосрочных инструментальных наблюдений за течениями в рамках программ *POLYMODE*, *STACS,*

WATTS, ACCP и *RAPID,* посвящено большое количество работ [2 – 6]. В этих работах описана природа возникновения и типичные пространственно-временные масштабы изменчивости вихревых образований. Оценены вклады переносов тепла синоптического масштаба в суммарную изменчивость меридионального переноса тепла в северо-западной части Северного Субтропического антициклонического круговорота (ССАК). Выявлена существенная роль механизма переноса тепла вихрями в западном погранслое в Субтропической Атлантике. В отношении вклада вихревых переносов тепла в интегральный МПТ у разных авторов возникают некоторые разногласия. В одних работах утверждается, что вихревой перенос тепла, связанный с синоптическими вихрями, принципиально важен в общем океаническом МПТ [7], в других его вклад оценивается как незначительный, хотя и существуют некоторые региональные различия [1, 8, 9]. К сожалению, непрерывные инструментальные наблюдения не охватывают весь бассейн Субтропической Атлантики от берега до берега и от поверхности до дна, однако они позволяют надежно описать вертикальную структуру течений и ее изменчивость на синоптическом масштабе в западной части ССАК. А также уточнить вклад вихревых переносов в интегральный МПТ. Это и является целью настоящей работы.

Материалы и методика. На основании данных инструментальных наблюдений *RAPID* (2004 – 2005 гг.), анализировалась синоптическая изменчивость вертикальной структуры течений на 26° с.ш. между 76 – 76,8° з.д. в Субтропической Атлантике, описывались основные синоптические характеристики гидротермодинамических полей, и оценивался вклад их изменчивости в суммарную дисперсию. Для этого непрерывные ряды V и T на каждом горизонте для каждой станции подвергались спектральному анализу. Предварительно линейный тренд удалялся. Оценки спектров производились, начиная с глубины ~ 260 м. На глубинах 120 м и меньше от поверхности океана спектры не анализировались, так как здесь сильно сказывается влияние сезонных колебаний в области сезонного термоклина. Благодаря минимуму в спектре колебаний, который позволяет отделить синоптический пик от мезомасштабных пиков, соответствующих суточным и инерционным колебаниям, удалось надежно отфильтровать высокочастотные флуктуации с периодами менее 3 дней. Определялись типичные периоды изменчивости меридиональной компоненты скорости (V) и температуры (T) (3 – 30 сут., 31 – 50 сут., 51 – 135 сут). Далее исходные ряды обрабатывались полосно-

пропускающим фильтром для анализа колебаний V и T на выделенных периодах, и оценивался вклад дисперсии, обусловленной их изменчивостью в суммарную дисперсию. Затем оценивался вклад вихревых переносов тепла, обусловленных синоптическими и сезонно-синоптическими флуктуациями скорости и температуры, в интегральный МПТ (см. методику [10]).

Основные результаты. На основании данных инструментальных наблюдений *RAPID* (2004 – 2005 гг.) проанализирована синоптическая изменчивость вертикальной структуры течений в западной части ССАК и оценен вклад этой изменчивости в формирование меридионального переноса тепла.

Описаны основные синоптические характеристики гидротермодинамических полей. В среднем амплитуды синоптических вариаций V и T равны соответственно в верхнем (~ 800 м) слое ~ 10 – 20 см/с и ~ 0,7 – 1° С, в промежуточном слое (1000 – 2500 м) ~ 5 – 7 см/с и менее 0,5° С, в глубинном (2500 – 4000 м) ~ 2 – 5 см/с и ~ 0,2° С.

Показано, что синоптические флуктуации V и T с периодами 3 – 30 и 51 – 135 сут. обуславливают существенную часть изменчивости гидротермодинамических параметров в верхнем и промежуточном слоях ~ 50 – 60 %. Подтверждением этого служат результаты, полученные в работах [4, 11]. Вклад изменчивости V и T с периодами 31 – 50 сут. не превышает 10 % суммарной дисперсии.

Влияние вихревых переносов синоптического масштаба на меридиональную термохалинную циркуляцию и связанного с ней МПТ наиболее существенно в термоклине. Вихревые переносы тепла ниже термоклина значительно слабее, на них приходится лишь ~ 5% среднего переноса тепла вихрями.

Перенос тепла синоптическими вихрями рассчитанный в настоящей работе оказался равным 0,02 ПВт. Оценки вихревого переноса, полученные по вихреразрешающим моделям в [12] и данным измерителей течений в [2, 5, 6] близки к этому значению.

Вклад интегрального переноса тепла синоптическими вихрями в западной части ССАК с учетом их сезонных вариаций, оцененный по инструментальным данным *RAPID* в настоящей работе, в интегральный меридиональный перенос тепла в окрестности 26º с.ш. Субтропической Атлантики, рассчитанный по данным гидрологических наблюдений в работе [10], оказался ~ 1 %. Это согласуется с результатами работ [8, 9].

Литература:

1. Полонский А.Б. Роль океана в изменениях климата / Киев, Наукова думка. – 2008. – 184 с.

2. Fillenbaum E.R., Lee T.N., Johns W.E. et. al. Meridional Heat Transport Variability at 26.5°N in the North Atlantic // J. of Phys. Oceanogr. – 1997. – V.27. – P. 153 – 174.

3. Freeland H.J., Rhines P.B., Rossby T. Statistical observations of the trajectories of neutrally buoyant floats in the North Atlantic // J. Mar. Res. – 1975. – V. 33. – P. 383 – 404.

4. Lee T.N., Johns W.E., Zantop R.J. et. al. Moored observations of Western boundary current variability and termohaline circulation at 26,5° N in the Subtropical North Atlantic // J. Phys. Oceanogr. – 1996. – V.26. – P. 962 – 983.

5. Leaman K. D., Molinari R. L., Vertes P. S. Structure and variability of the Florida Current at 27°N: April 1982 – July 1984 // J. Phys. Oceanogr. – 1987. – V.17. – P. 565 – 583.

6. Wunsch C., Where do ocean eddy heat fluxes matter? // J. Geophys. Res. – 1999. – V. 104, – P. 13235–13249.

7. Lozier M.S. Deconstructing the Conveyor Belt // Science. – 2010. – V. 238. – P.1507 – 1511.

8. Hall M. M., Bryden H. L. Direct estimates and mechanisms of ocean heat transport // Deep-Sea Res. – 1982. – V.29 – №3A. – P. 339–359.

9. Johns W. E., Baringer M. O., Beal L. M. et al. Continuous, Array-Based Estimates of Atlantic Ocean Heat Transport at 26.5°N // J. of Clim. – 2011. – V. 24. – P. 2429 – 2449.

10. Полонский А.Б., Крашенинникова С.Б. Меридиональный перенос тепла в Северной Атлантике и тенденции его изменений во второй половине XX века// Морской гидрофизический журнал, – 2007. – №1. – С. 45 – 59.

11. Gunn J.T., Watt D.R. On the currents and water masses north of the Antilles/Bahamas Arc // J. of Mar. Res. – 1982. – V. 40. – P. 1 – 48.

12. Stammer D. On eddy characteristics, eddy transports, and mean flow properties // J. Phys. Oceanogr. – 1998. – V.28. – P. 727 – 739.

ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МИКРОЧАСТИЦ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ФИРНОВО-ЛЕДЯНОЙ ТОЛЩИ ЭЛЬБРУСА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 75 ЛЕТ ПО ДАННЫМ ЛЕДНИКОВЫХ КЕРНОВ

Кутузов С.С.[1], Михаленко В.Н.[1], Жино П.[2], Козачек А.В.[3]

[1]Институт географии РАН, Москва, Россия

[2]Лаборатория гляциологии и геофизики окружающей среды, Гренобль, Франция

[3]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

s.kutuzov@gmail.com

Проведены исследования глубокого керна льда, полученного на западном плато Эльбруса, на Кавказе в 2009 гг. Выполнен анализ

образцов фирна и льда на содержание микрочастиц и основных соединений. На данном этапе проанализировано 100 метров керна. Датировка выполнена в результате подсчета годовых слоев по сезонному ходу стабильных изотопов и аммония, а также по реперным горизонтам повышенной радиоактивности и известным извержениям вулканов. Установлено, что лед на глубине 100 м был сформирован в 1933-34 гг. Выявлены тренды изменения содержания аммония, нитратов и сульфатов, а также микрочастиц как для среднегодовых значений, так и отдельно по сезонам за последние 75 лет. Выявлено, что в среднем концентрация нитратов и аммония, связанных в основном с антропогенной деятельностью выросла за 75 лет в 4-5 раз. Установлено, что основными источниками пыли в привершинных областях Эльбруса являются пыльные бури возникающие в пустынях Ближнего Востока и Северной Африки. В результате переноса минеральных частиц на ледники Кавказа в снежно-фирновой толще формируются отчетливо различимые горизонты загрязнения. Анализ космических снимков, полей оптической толщины атмосферы, траекторий движения воздушных масс и метеорологических данных позволил определить изначальные источники минеральных частиц для событий переноса пыли за последние 9 лет с высокой точностью. Выявлено, что такие явления происходят на Кавказе 3-7 раз в год. Химический анализ показал также повышенное содержание нитратов, аммония и сульфатов связанное с тем, что основными источниками пыли являлись сельскохозяйственные земли в Месопотамии. Исследования кернов льда на Кавказе позволяют получить новые независимые данные о циркуляции атмосферы в регионе, а также о состоянии и изменении окружающей среды высокогорья Кавказа.

О СВЯЗИ МЕЖДУ АНОМАЛИЯМИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ОСЕНЬЮ И АНОМАЛИЯМИ ДИНАМИКИ АТМОСФЕРЫ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ЗИМОЙ ПО ДАННЫМ МОДЕЛИ INMCM4

Мартынова Ю.В. [1,2], Володин Е.М. [3]

[1]*«Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт» (СибНИГМИ), г. Новосибирск, Россия*

[2]*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (ИМКЭС СО РАН), г. Томск, Россия*

[3]*Институт вычислительной математики РАН, г. Москва, Россия*

FoxyJ13@gmail.com

По данным реанализов уже существуют достаточно полные исследования связи площади осеннего снежного покрова с динамикой атмосферы в последующую зиму (Например, [1]). Механизм этой взаимосвязи сложен и в значительной степени затрагивает стратосферные процессы. Возможный механизм взаимодействия, описанный в работе [2] на примере увеличения величины снежного покрова Евразии, следующий. Величина снежного покрова рассматриваемой территории быстро увеличивается, превышая нормальное значение. Возникшее диабатическое выхолаживание способствует увеличению давления на территории и приводит к снижению температуры ниже нормы. Таким образом, увеличиваются восходящие потоки энергии в тропосфере, которые поглощаются в стратосфере. Сильная конвергентность волновых потоков обуславливает увеличение значений геопотенциальных высот, замедление полярного вихря и увеличение температуры в стратосфере. Возникшие аномалии геопотенциальных высот и ветров распространяются вниз из стратосферы в тропосферу вплоть до поверхности. В результате на поверхности проявляется сильная отрицательная фаза АК, выраженная в увеличении приземной температуры воздуха.

В своей работе мы задались целью исследовать воспроизводит ли модель INMCM4 взаимосвязь между аномалиями осеннего снежного покрова и аномалиями динамики атмосферы Евразии. В своих исследованиях мы рассматривали отклик не только температуры, но и ряда других параметров, характеризующих динамику атмосферы. Были использованы данные моделирования с внесением внешнего

возмущения согласно климатическому сценарию RCP8.5 и без. Предполагается, что полученные результаты могут быть полезны для дальнейшего развития модели.

Работа частично поддержана проектом СО РАН VIII.80.2.1, грантами РФФИ 13-05-12034, 13-05-00480, 14-05-00502.

Литература

1. Allen R.J. and Zender C.S. Forcing of the Arctic Oscillation by eurasian snow cover. // J. Climate. 2011. Volume 24. P. 6528-6539.

2. Cohen J., Barlow M., Kushner P.J., Saito K. Stratosphere-troposphere coupling and links with Eurasian land-surface variability. // J. Climate. 2007. Volume 20. P. 5335–5343.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЛУКТУАЦИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ТИХОГО И АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНОВ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

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

Институт мониторинга климатических и экологических систем, г. Томск, Россия

janey@sibmail.com

Изучение межгодовой изменчивости климата Евразии в период современного глобального потепления является предметом многих исследований. Среди них важное место занимает изучение связи между процессами в океанах Северного полушария и климатом Евразийского материка [2, 3]. В формировании климата существенную роль играет взаимодействие океана и атмосферы. Атмосфера влияет на характеристики поверхностного слоя океана через воздействие ветра. Обратное влияние океана на атмосферу осуществляется через турбулентные потоки тепла и влаги. Энергомассообмен на границе океан-атмосфера формирует аномалии атмосферной циркуляции, существенно влияет на циклоническую активность в атмосфере и определяет экстремальные погодные и климатические условия на континентах [1]. Большое влияние на климат Евразии оказывают циклоны, зарождающиеся над Северной Атлантикой. Они перемещаются с запада на восток над Европой и проникают в Западную Сибирь. Такие циклоны переносят тепло и влагу в Евразию, где они

могут формировать экстремальные аномалии температуры воздуха и осадков.

Целью исследования являлось изучение пространственно-временной изменчивости температуры поверхности океана и теплосодержания Северной части Тихого и Атлантического океанов, а также определение их связи с изменчивостью температуры воздуха в Евразии за два исследуемых периода: 1975 – 2011гг. - период глобального потепления, 2000 – 2011 гг. – интервал замедления потепления “hiatus”.

В качестве районов исследования выбраны: Северная Евразия (севернее 40ºс.ш.) и Северная часть Тихого и Атлантического океанов. В океанах выделялось по три региона: субтропический и субполярный круговороты, районы крупномасштабных океанических течений (Гольфстрим и Куросио).

Оценка изменчивости температуры поверхности океана (ТПО) проводилась по данным судовых наблюдений ICOADS с месячным временным разрешением за период 1975 – 2011 гг. Расчёт теплосодержания океана (Q) осуществлялся с использованием данных по солёности и потенциальной температуре, взятых из реанализа CFSR за период 1979 – 2010 гг. Временная изменчивость температуры воздуха на высоте 2м (T) по территории Северной Евразии (севернее 40º с.ш.) за период 1975 – 2011 гг. оценивалась по данным 2125 станций NOAA, расположенных на континенте.

В интервале 1975 – 1980 гг. среднегодовая температура поверхности океана на всей территории Северной Атлантики увеличилась только на 0,1°C. Далее в интервале 1980 – 1990 гг. наблюдается умеренное потепление (+0,2°C), а в интервале 1990 – 2000 гг. – сильное потепление (+0,4°C). Однако в интервале 2000 – 2011 гг. процесс потепления остановился и наблюдается даже небольшое похолодание (-0,1°C). В обоих круговоротах и в Гольфстриме тенденция к стабилизации температуры наблюдается после 2005 года.

В сезонном ходе температура поверхности океана в Северной Атлантике за период 1975 – 2011 гг. имеет один минимум в феврале (ТПО = 14,1 ºС; $\sigma_{ТПО}$ = 0.6 ºС) и один максимум в августе (ТПО = 21 ºС; $\sigma_{ТПО}$ = 0.7 ºС).

При анализе трендов температуры поверхностных вод Северной Атлантики было показано, что наибольшие среднегодовые скорости потепления поверхности океана (0,38°C/10 лет) имеют место в субполярном круговороте. В сезонном ходе потепление заметно выше

во втором полугодии, с максимумом в августе (0,65°С/10 лет). Среднегодовая температура в субтропическом круговороте повышалась с заметно меньшей скоростью (0,11°С/10 лет). В этом потеплении доминировала вторая половина года, с максимальной скоростью потепления в августе (0,17°С/10 лет). Наименьший рост среднегодовых температур отмечается в Гольфстриме (0,10°С/10 лет), с максимальной скоростью потепления в январе и июле (0,16°С/10 лет). В целом по акватории Северной Атлантики тренд повышения среднегодовой температуры составил 0,22°С/10 лет, с максимальными положительными трендами (0,25 ÷ 0,27°С/10 лет) в летний период.

Аналогичный анализ проводился для Тихого океана. Замечено подобие временного хода температуры поверхности Тихого и Атлантического океанов. В обоих круговоротах и в Куросио тенденция к стабилизации температуры наблюдается после 2005 года. До 2005 года наблюдался её рост.

Расчёт и анализ временной изменчивости теплосодержания океана осуществлялся на основе данных по потенциальной температуре и солёности воды из реанализа CFSR. Погрешность расчёта составила 10,5 %.

Для Северной Атлантики в целом для интервала 1975 – 2000 гг. характерен рост теплосодержания океана (Q) в слое 5 – 300м. В последнее десятилетие среднегодовое Q стабилизируется. В слое 5 – 1000м величина Q выше. Максимальные величины Q наблюдаются в субтропическом круговороте, несколько меньшие – в районе течения Гольфстрим и минимальные – в субполярном круговороте. При сравнении временного хода теплосодержания и температуры поверхности океана был замечен подобный временной ход для глубин 5 – 300 м. С глубиной сходство с температурой поверхности океана уменьшается. Подобные результаты получены при анализе теплосодержания вод Северной части Тихого океана.

При анализе корреляционных связей между характеристиками обоих океанов (ТПО, Q) и температурой воздуха (Т) на территории Северной Евразии (севернее 40º с.ш.). Установлено, что в зимние месяцы преобладают невысокие отрицательные корреляции (до -0,4) для всех анализируемых величин. А также отмечается более зональное изменение связи от отрицательной на севере до положительной на юге. Летом корреляции достигают своего максимума. В тёплый период года наблюдается очаговый характер распределения корреляционных связей. Очаги высокой положительной связи отме-

чаются в районе Восточно-Европейской равнины, Восточной Сибири, и Дальнего Востока (0,7 – 0,8). Очаги отрицательной корреляции наблюдаются в районе Западной Сибири (-0,5). При анализе корреляции между теплосодержанием в океанах и температуры воздуха в Евразии на глубинных уровнях были замечены подобные очаги корреляционных связей. Величина связи с глубиной уменьшается во всех районах, за исключением района течения Гольфстрим. Величина связи в этом районе увеличивается с глубиной.

Литература:

1. Гулев С.К., Калинко А.В., Лаппо С.С. Синоптическое взаимодействие океана и атмосферы в средних широтах. С.П.: Гидрометеоиздат, 1994. 320 с.

2. Gillett N.P., Graof H.F., Osborn T.J. Climate change and North Atlantic Oscillation / The North Atlantic Oscillation. Climate Significance and Environmental Impact // Geophysical Monograph 134, Washington, DC. 2003. Pp. 193-209.

3. Bronnimann S., Xoplaki E., Casty C. Panting A., Luterbacher J. ENSO influence on Europe during the last centuries // Clim. Dyn., Volume 28. 2007. pp.181-197.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И ИХ СВЯЗЬ С КВАЗИЦИКЛИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Мохов И.И., Тимажев А.В.

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

mokhov@ifaran.ru

Сделаны оценки вероятности климатических аномалий в регионах Евразии на основе многолетних данных в связи с квазициклическими явлениями Эль-Ниньо/Ла-Нинья, влияние которых значимо проявляется в межгодовых вариациях глобального климата [1,2,3]. В частности, анализировались аномалии приповерхностной температуры, осадков и индексов засушливости в мае-июле в средних широтах европейской (ЕТР) и азиатской (АТР) территории России по данным наблюдений с 1891 г.

Значительные положительные температурные аномалии в весенне-летние месяцы наиболее часто отмечаются на ЕТР в годы с началом в развитой фазе событий Эль-Ниньо (Е). При этом наибольшая вероятность положительных температурных аномалий отмечена в

годы с переходом от фазы Эль-Ниньо в начале года к фазе Ла-Нинья (L) в конце года (E→L). Для подобных переходов характерна также наименьшая вероятность отрицательных аномалий температуры в весеннее-летние месяцы для ЕТР. Наибольшая вероятность значительных отрицательных аномалий температуры отмечена для переходов L→E и N→E (N – соответствует нейтральной фазе Эль-Ниньо).

Наибольшая повторяемость положительных аномалий осадков при наименьшей вероятности отрицательных характерна для переходов E→L, E→E а также для L→N. Наибольшая вероятность отрицательных аномалий осадков получена для переходов L→E и N→N.

Наибольшая вероятность засушливых условий в весеннее-летние месяцы на ЕТР отмечена для перехода E→L, который характеризуется наибольшей вероятностью значительных положительных аномалий температуры. В 2010 г. с рекордной температурой, засухой и пожарами на ЕТР реализовался именно этот переход.

Соответствующие оценки получены и для АТР.

Литература

1. Мохов И.И. Особенности формирования летней жары 2010 г. на европейской территории России в контексте общих измерений климата и его аномалий // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2011. Т. 47. № 6. С. 709–716.

2. Мохов И.И., Тимажев А.В. Климатические аномалии в регионах Евразии: эффекты явлений Эль-Ниньо/Ла-Нинья // ДАН. 2013. Т. 453. № 2. С. 211–214.

3. Mokhov I.I. Spring-summer climate extremes in Eurasian midlatitudinal regions // Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling. J. Cote (ed.). Geneva: World Climate Research Programme. WMO TD-No.1276. 2005. Section 2. P.7-8.

ДОЛГОПЕРИОДНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛЯ КИСЛОРОДА В ЧЕРНОМ МОРЕ

Огородова А.А., Полонский А.Б., Шокурова И.Г.

Морской гидрофизический институт НАН Украины, г. Севастополь, Украина

OgorodovaA.A@mail.ru

Черное море представляет собой уникальный бассейн с точки зрения гидрохимической и гидрологической структуры. Одной из главных особенностей Черного моря является наличие кислорода

только в верхнем слое (от поверхности до глубины около 125м в центральных районах моря и до 225м в окраинных районах). Глубже расположена зона сероводородного загрязнения [1]. Верхний 10-метровый слой подвержен наиболее интенсивным сезонным изменениям содержания кислорода. Пространственно-временная структура поля кислорода в Черном море зависит в основном от пространственного распределения и временной изменчивости поля температуры, интенсивности фотосинтеза в верхнем слое, водообмена через Керченский пролив и пролив Босфор, а так же речного стока. Таким образом, долгопериодная изменчивость поля кислорода служит интегральным показателем тенденций изменения региональных гидрофизических и биогидрохимических параметров в Черном море.

Если сезонная изменчивость распределения кислорода в верхней толще вод Черного моря изучена достаточно хорошо (см., например, [2, 3]), то исследование долгопериодной изменчивости поля кислорода практически не проводилось. Поэтому целью данной работы является анализ долгопериодной изменчивости поля кислорода черноморских вод на основании наиболее полных архивных данных из банка данных МГИ НАН Украины.

В данной работе для выявления закономерностей долгопериодной изменчивости содержания кислорода в поверхностном слое вод были использованы данные по всему морю за период с 1955 по 2011 года с января по апрель на горизонте 0 метров. Этот период и поверхностный слой наиболее хорошо обеспечены данными наблюдений. После контроля качества по этим данным были построены поля кислорода за весь период и по 6-летним отрезкам, что дало возможность выявить долгопериодные тенденции. Для восстановления поля кислорода в узлах регулярной сетки использовался метод оптимальной интерполяции.

В среднем кислород по акватории Черного моря распределен крайне неравномерно. В зимний период от юго-восточной к северо-западной части Черного моря наблюдается возрастание содержания кислорода, что подтверждается ранее опубликованными данными. Наибольшие изменения средних за 6 лет величин концентрации кислорода в Черном море наблюдались в период с 1961 по 1990 гг. За 30 лет изменения средних величин содержания кислорода в Черном море составил более 25 мкМоль/л (с 318,4 по 344,7 мкМоль/л). Установлено, что такое повышение кислорода главным образом связано со значительным (около 1ºС) понижением температуры поверх-

ностных вод в этот период. До 1961 и после 1996 наблюдалось понижение концентрации кислорода, вызванное главным образом увеличением температуры поверхности, приблизительно на 0,5ºС.

Таким образом, временной ход концентрации кислорода, осредненной по всей акватории моря характеризуется интенсивной междесятилетней изменчивостью, в основном обусловленной региональными изменениями климата.

Литература

1. Леонов А.К. Региональная океанография часть 1. Л.: Гидрометиоиздат, 1960. С. 754.

2. Доброжанская М.А. Характер вертикального распределения кислорода в зависимости от времени года в верхней 100-метровой толще центральной части Черного моря // Труды севастопольской биологической станции, том XI, 1959. С. 284 – 296.

3. Еремеев В.Н., Коновалов С.К., Романов А.С. Особенности распределения кислорода и сероводорода в водах Черного моря в зимне-весенний период // Морской гидрофизический журнал, № 4, 1997. С. 32 – 46.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Огурцов Л.А.

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

1991leon@mail.ru

Атмосферные осадки, как один из элементов круговорота воды, являются одной из важнейших характеристик климата. Они обеспечивают развитие природных процессов, определяют их характер и особенности хозяйственного использования. Осадки играют важную роль в испарении и непосредственно влияют на пространственное и временное распределение водных ресурсов [6]. Исследование динамики осадков, в частности, экстремальных, представляет интерес с позиции происходящих климатических изменений, сопровождающихся ростом повторяемости опасных гидрометеорологических явлений. За последние десятилетия тенденции изменения экстремальных осадков была широко рассмотрена разными исследователями из разных уголков мира: Австралия [5], Италия [4], запад Германии [3], северо-восток Пиренейского полуострова [2] и др. Эти исследования показали, что наблюдения свидетельствуют об увеличении частоты

и интенсивности различных видов экстремальных осадков в течение последних нескольких десятилетий.

Работа посвящена изучению и анализу изменения количества дней с экстремальными осадками на территории Западной Сибири в современную эпоху.

Информационной базой послужили данные об атмосферных осадках суточного разрешения из ВНИИГМИ-МЦД (http://meteo.ru) за период 1951 – 2010 гг. для 45 станций, расположенных на территории Западной Сибири (55 – 74° с.ш., 60 – 90° в.д.).

В ходе работы для каждого года были рассчитаны следующие характеристики:

- Число дней с осадками более 15 мм (что примерно соответствует числу сильных дождей);
- Число дней с осадками более 5 мм при отрицательной среднесуточной температуре (т.е. число достаточно сильных снегопадов).

Для оценки изменения рассчитанных показателей, период 1951-2010 гг. был разделен на два 30-летних периода 1951-1980 гг. и 1981-2010 гг. соответственно. На каждой станции была вычислена разница между средними значениями за периоды 1951-1980 гг. и 1981-2010 гг. по каждому показателю. Выбор 30-летних периодов обусловлен наличием достоверных рядов за последние 60 лет по большей части станций, а также возможностью принять период 1951-1980 гг. за базовый, когда в среднем по России не происходило значимых изменений климата [1]. Оценка статистической значимости полученных различий проводилось с помощью пакета Statistica на основе t-критерия Стьюдента.

Используя программу ArcGIS, на основе полученных данных были построены карты изменения средних значений числа дней с экстремальными осадками за период 1981-2010 гг. по сравнению с периодом 1951-1980 гг. На карты наносились только статистически значимые различия, хотя в дальнейшем при интерполяции ненулевые отклонения могли распространиться и на районы с незначимыми различиями.

Исследование распределения изменения количества дней с осадками более 5 мм при морозе в 1981-2010 гг. по сравнению с 1951-1980 гг. показало, что за исследуемый период значимые изменения произошли в северо-восточной части территории. При этом выделяется очаг интенсивного роста числа дней с осадками более 5 мм при

отрицательной температуре в районе станция Тазовск (более 10 дней в год). На остальной территории, (за исключением отдельных очагов роста на западе и юге западной Сибири, где число дней увеличилось более чем на 2 дня в год) характеристика значимых изменений не претерпела.

Таким образом, основные изменения экстремальных осадков, произошли в центральной части изучаемой территории. Так, число дней с осадками более 15 мм в районе Обской губы уменьшилось на величину около 1,2 дня в год, что было обусловлено уменьшение в этом районе количества летних осадков. В районах бассейнов рек Таз и Пур наблюдается увеличение числа дней с осадками данной интенсивности на 1,6 дней в год. Следует отметить, что для этого района характерно и увеличение числа дней с сильными осадками при отрицательной температуре более чем на 10 дней в год.

Литература

1. Попова В.В., Шмакин А.Б. Динамика климатических экстремумов в Северной Евразии в конце XX века. Известия РАН, Физика атмосферы и океана. 2006. т. 42. № 2. с. 157-166.

2. Angulo-Martinez M., Beguera S., Kenawy A., Lopez-Moreno L., Vicente-Serrano S.M. Trends in daily precipitation on the northeastern Iberian Peninsula 1955–2006. Int. J. Climatol. 2010. Vol. 30. P. 1026– 1041.

3. Bardossy A., Hundecha Y. Trends in daily precipitation and temperature extremes across Western Germany in the second half of the 20th century. Int. J. Climatol. 2005. Vol. 25. P. 1189–1202.

4. Buffoni L., Brunetti M., Mangianti F. Temperature, precipitation and extreme events during the last century in Italy. Glob. Planet Change. 2004. Vol. 40. P. 141–149.

5. Hennessy K.J., Suppiah R. Trends in total rainfall, heavy rain events and number of dry days in Australia, 1910–1990. Int. J. Climatol. 1998. Vol. 10. P. 1141–1164.

6. Singh V.P., Xu C.Y. Review on regional water resources assessment models under stationary and changing climate. Water Resour. Manag. 2004. Vol. 18. P. 591–612.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МАЛЫХ ГАЗОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АТМОСФЕРЫ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ И ЕЕ СВЯЗЬ С ВИХРЕВОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Панкратова Н. В., Акперов М. Г.
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия
n_pankratova@list.ru

В работе проведен анализ пространственной и временной изменчивости газовых примесей на различных масштабах по данным измерений на станциях ИФА РАН, а также данных экспедиций TROICA (TRanscontinental Observations Into the Chemistry of the Atmosphere), которые начались в 1995 г., имели целью заполнить дефицит данных для Северной Евразии – региона, имеющего принципиальное значение для определения причин и механизмов происходящих изменений глобального состояния атмосферы и климата Земли [1]. Эксперименты проводились ежегодно с 1995 по 2001 гг. и с 2004 по 2009 гг. Были изготовлены два специализированных вагона, оборудованных системами для непрерывных измерений содержания газовых и аэрозольных составляющих атмосферы, радиационных и метеорологических параметров [1]. Всего с 1995 г. проведено 13 экспериментов. Из них 11 было выполнено вдоль Транссибирской магистрали (Москва-Владивосток). В 2000 г. (TROICA-6) наблюдения проводились в меридиональном направлении между Мурманском и Кисловодском, а в 2006 г. – внутри и вокруг Московского мегаполиса. В настоящей работе анализируются крупномасштабные особенности пространственных и временных вариаций приземных концентраций O3, NO и NO2 по данным наблюдений между Москвой и Владивостоком. В работах [1-2] уже приводились некоторые результаты, полученные в ходе первых экспериментов, но последующие наблюдения дают возможность их уточнить и дополнить.

Долговременные ряды наблюдений позволяют провести статистический анализ временной изменчивости газовых составляющих, корректно оценить линейные тренды. Для учёта влияния фотохимических и динамических атмосферных процессов на химический состав приземного воздуха в ходе анализа использована синоптическая

информация, а также база данных современного реанализа. Для исследования и систематизации синоптических условий был разработан автоматизированный метод идентификации внетропических циклонов и антициклонов [3-5]. Исследованы режимы внетропических циклонов и антициклонов, в том числе их количество, размеры и интенсивность для различных фаз Северо-Атлантического колебания. Проведен анализ межгодовой изменчивости характеристик внетропических циклонов и антициклонов Северного полушария по данным реанализа и по расчетам с климатическими моделями общей циркуляции. В целом для второй половины 20 века статистически значимых изменений числа циклонов и антициклонов как по данным реанализа, так и по расчетам с климатическими моделями не отмечено. Для 21 века при глобальном потеплении в связи с антропогенными воздействиями отмечено уменьшение общего количества циклонов и антициклонов по сравнению с концом 20 века.

На станциях ИФА РАН (мобильных и стационарных) собраны уникальные по продолжительности ряды наблюдений газовых составляющих атмосферного воздуха. Накопленный материал позволил систематизировать обширную информацию о составе атмосферы над территорией Северной Евразии. Выявлены характерные особенности пространственной и временной изменчивости ключевых газовых примесей. Исследованы экстремальные экологические ситуации, когда концентрация загрязняющих веществ существенно превышала предельно допустимую концентрацию (ПДК). Так, например, в условиях экстремально жаркого лета 2010 года в центральных районах России отмечалось накопление примесей в приземном слое атмосферы, в результате чего концентрация многих загрязняющих веществ существенно превысила ПДК (Предельно допустимая концентрация). Аналогичная ситуация была отмечена в Сибири летом 2012 года, когда в регионе отмечались катастрофические пожары. В обоих случаях причиной столь сильных пожаров были квазистационарные антициклоны, которые способствовали установлению жаркой засушливой погоды. Очевидно, что вихревая активность в атмосфере сыграла ключевую роль в образовании экстремальных ситуаций. В настоящей работе сопоставлена циклоническая и антициклоническая активность и ее влияние на состав приземного воздуха в Центральной России (на примере станции ИФА) и в Центральной Сибири (станция Зотино), оценен вклад различных синоптических процессов в условия накопления и рассеивания при-

месей. Задел по предстоящей работе позволит в дальнейшем уточнить методы прогноза опасных экологических ситуаций.

Литература

1. *Еланский Н.Ф., И.Б. Беликов, Е.В. Березина и др.* Состав атмосферы над Северной Евразией: эксперименты TROICA//М., Издательство «Агроспас». 2009, 81 с.

2. *Панкратова Н.В., Еланский Н.Ф., Беликов И.Б., Лаврова О.В., Скороход А.И., Шумский Р.А.* Озон и окислы азота в приземном воздухе северной Евразии по наблюдениям в экспериментах TROICA // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. Т. 47. № 3. 2011. С. 343-358.

3. *Акперов М.Г., Бардин М.Ю., Володин Е.М., Голицын Г.С., Мохов И.И.* Функции распределения вероятностей циклонов и антициклонов по данным реанализа и модели климата ИВМ РАН // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2007. Т.43. No.6. С.764-772.

4. *Акперов М.Г., Мохов И.И.* Сравнительный анализ методов идентификации внетропических циклонов // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2010. Т.46, № 5. С. 620-637.

5. *Neu U., M.G. Akperov, N. Bellenbaum, R. et. al,* 2013: IMILAST – a community effort to intercompare extratropical cyclone detection and tracking algorithms. Bull. Amer. Meteor. Soc., 94, 529–547.

СВЯЗЬ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ, НА ПРИМЕРЕ АНТИЦИКЛОНОВ, С ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА НАД ТЕРРИТОРИЕЙ СИБИРИ

Поднебесных Н.В., Ипполитов И.И.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

podnebesnykhnv@inbox.ru

В работе рассмотрена многолетняя динамика числа антициклонов и величины среднего атмосферного давления в центрах антициклонов над Сибирью, а также их связь с приземной температурой воздуха. Территория исследования была ограничена координатами 50-70ºс.ш., 60-110ºв.д. Анализ данных проводился за период 1976-2011 гг. по данным приземных синоптических карт. 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.

В результате проведённого анализа было получено, что территория Сибири в 1976-1990 гг. характеризовалась ростом приземной температуры воздуха, в 1990-1998 гг. её уменьшением, в 1998-2003 гг. ростом, а в 2003-2011 гг. рост приземной температуры воздуха замедлился.

Средне годовой тренд роста приземной температуры воздуха составляет 0,29°С/10 лет с 1976 по 2011 гг. Положительная тенденция роста температуры проявляется в течение всего года, за исключением периода с ноябрь по январь. На протяжении всего периода исследования ход приземной температуры воздуха находится в противофазе с ходом числа антициклонов, за исключением последних нескольких лет. В периоды роста приземной температуры воздуха над Сибирью число северных и южных антициклонов уменьшается, а западных увеличивается, а в периоды падения приземной температуры воздуха, наоборот, число северных и южных антициклонов увеличивается, а западных уменьшается.

Наибольшее число антициклонов пришло на территорию Сибири по южным траекториям движения - 595, заметно их число увеличилось с начала 90-х годов. Наименьшее число антициклонов пришло по западным траекториям движения - 362. Тренд числа западных антициклонов положительный (0,2/10 лет), северных и южных антициклонов отрицательный (-0,1/10 лет, -0,5/10 лет соответственно). Межгодовой ход числа антициклонов сгруппированных по траекториям движения и межгодовой ход общего числа антициклонов сопоставимы друг с другом.

За рассмотренный нами период над исследуемой территорией всего было зафиксировано 1398 антициклона. Среднегодовое число антициклонов составляет 39.

В сезонном распределении числа антициклонов просматривается чёткий годовой ход с ярко выраженным максимумом в весенний период (май), и минимумом в зимний период (январь). В то время как по данным других авторов [1] в сезонном распределении числа антициклонов чёткого годового хода не обнаружено. Весенний максимум в межгодовом ходе антициклонов связан с активной деятельностью Азиатского антициклона и частым проявлением приземного антициклогенеза, определяемого влиянием крупномасштабного высотного гребня в районе Урала. Зимний минимум числа антициклонов определяется стационированием Азиатского антициклона в холодный период года.

Так же в работе была изучена динамика величины атмосферного давления в центрах антициклонов. Величина меняется от 1026,3 гПа

до 1034,2 гПа, средняя величина давления в центрах антициклонов равна 1029,9 гПа. Многолетний ход величины давления в центрах антициклонов соответствует многолетнему ходу приземной температуры воздуха. Это говорит о том, что в периоды роста приземной температуры воздуха число южных антициклонов, с наибольшей величиной давления в центрах, и число северных антициклонов снижается, а западных, с наименьшей величиной давления в центрах, увеличивается. В периоды падения приземной температуры воздуха число южных и северных антициклонов увеличивается, а западных уменьшается.

При рассмотрении межгодового хода давления в центрах антициклонов можно выделить тот факт, что во второй половине рассматриваемого периода величина давления несколько ниже, чем в первой половине. Это говорит о том, что во второй половине исследуемого периода антициклоны стали менее интенсивными.

Литература

1. Бордовская Л.И., Цибульский А.Е. Повторяемость и скорость движения циклонов и антициклонов над Западной Сибирью // Вопросы географии Сибири. Томск: Изд. ТГУ, 1976. Вып. 9. С. 22-29.

2. Горбатенко В.П., Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Логинов С.В., Поднебесных Н.В., Харюткина Е.В. Влияние атмосферной циркуляции на температурный режим Сибири // Оптика атмосферы и океана, № 1, 2011.С. 15-21.

3. Gulev S., Zolina O., Grigoriev S. Extratropical cyclone variability in the Northern Hemisphere winter from the NCEP/NCAR reanalysis data // Climate Dynamics, Volume 17. 2001. P. 795-809.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СОСТОЯНИЯ РЕЧНЫХ СИСТЕМ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ НИВА)

Рвачева М.Ю.[1], Решетняк О.С.[1,2]

[1]Кафедра геоэкологии и прикладной геохимии (Институт наук о Земле, Южный федеральный университет), г.Ростов-на-Дону, Россия

[2]Гидрохимический институт (Росгидромет), г.Ростов-на-Дону, Россия

olgare1@rambler.ru

В современных условиях антропогенного воздействия во многих регионах России отмечаются изменения в состоянии водных экосистем. Это может усиливаться также спецификой хозяйственного ос-

воения территории и природно-климатическими особенностями. Значительные количества различных химических веществ, поступающие в водную среду рек, в первую очередь, вызывают трансформацию компонентного состава воды и состояния экосистемы в целом [2, 3].

Кольский полуостров относится к уникальным регионам России, где на сравнительно небольшой площади сконцентрировано большое количество самых разнообразных месторождений полезных ископаемых. В регионе разрабатываются и перерабатываются апатитовые, нефелиновые, железные руды и редкометалльные концентраты, никель, медь, кобальт, различные слюды, керамическое сырье, облицовочный камень и другие материалы. Кроме того, установлена возможность выявления новых месторождений нефти и газа, а также фосфатного и железорудного сырья, флюсов и др. [2, 3, 7].

На основе многолетней режимной гидрохимической информации государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды (ГСН) проведена оценка состояния речных экосистем Кольского полуострова за периоды 1990-2000 гг. и 2001-2012 гг. и выявлена изменчивость их состояния. В качестве объектов исследования выбраны участки рек бассейна Нивы, на которых проводятся регулярные наблюдения: р. Нива – г.Кандалакша, р. Ковдора – 7 км ниже впадения р. Можель, р. Ена – устье, р. Вите – 0,5 км выше устья и р. Белая – 1,0 км выше устья. Основными источниками загрязнения поверхностных воды в бассейне являются ОАО «Кольская ГМК» комбината «Североникель»; ОАО «Апатит»; стоки гг. Кандалакша, Мончегорск, Апатиты и др. [1].

Степень загрязненности водной среды на исследуемых участках рек оценивается по методу комплексной оценки в многолетнем аспекте как [1, 3, 7]:

- «загрязненная» и «очень загрязненная» с переходом в «слабо загрязненную» для р. Нива в районе г.Кандалакша;
- «загрязненная» в период с 1990 по 2000 год и «слабо загрязненная» в новом тысячелетии для р. Вите (устье);
- «очень загрязненная» с переходом в категорию «грязная» (2000-2012 гг.) для р. Белая (устье, г.Апатиты);
- «загрязненная» и «очень загрязненная» (1990-2000 гг.) с переходом в «загрязненную» для р. Ена в районе поселка Ена;
- «грязная» и «очень загрязненная» (1990-2000 гг.) с переходом в «загрязненную» для р. Ковдора (ниже впадения р. Можель).

Согласно подходам, изложенным в руководящих документах Росгидромета (Р 52.24.661, Р 52.24.776), оценка состояния водной экосистемы проводится по таким интегральным гидрохимическим показателям как содержание азота аммонийного и $БПК_5$ [5, 6]. Модальные интервалы значений этих показателей сравниваются с критериями, приведенными в классификаторе состояния, и делается вывод о состоянии экосистемы.

Проведенная таким образом оценка состояния речных экосистем позволила отметить тенденции в изменчивости их состояния. Для рек Нива (г.Кандалакша) и Ена (п.Ена) состояние экосистем остается стабильным (не меняется по периодам) и характеризуется как «естественное» по содержанию в водной среде азота аммонийного и легкоокисляемых органических веществ, определяемых по $БПК_5$. Речные экосистемы р. Вите (0,5 км выше устья) и р. Ковдора (ниже впадения р. Можель) функционируют в «естественном» состоянии по содержанию в водной среде азота аммонийного и в переходном от «естественное» в «равновесное» по $БПК_5$ воды.

Состояние экосистемы р. Белая (устье) по содержанию в водной среде азота аммонийного относится к категории «равновесное» за оба рассматриваемых периода, в то время как по содержанию в воде легкоокисляемых органических веществ наблюдается тенденция ухудшения состояния от «равновесного» (1990-2000 гг.) в «кризисное» (2001-2012 гг.).

Еще следует учесть, что в исследуемом регионе природно-климатические условия (суровый климат, наличие мерзлотных почв и др.) обусловливают низкую устойчивость водных экосистем к внешнему воздействию, в то время как интенсивная хозяйственная деятельность приводит к усилению антропогенной нагрузки на водные объекты [3].

По мере возрастания нагрузки на водные экосистемы наблюдается тенденция изменения их экологического состояния, которая проявляется, прежде всего, в нарушении естественного водного стока, в повышении концентраций различных химических веществ, степени загрязненности воды, в усилении роли локального загрязнения, а также в трансформации природного фона водных объектов. При этом может меняться трофический статус экосистемы, снижаться ее самоочищающая способность, а также перестройка сообществ водных организмов [3, 4]. Длительное поступление в поверхностные воды загрязняющих веществ и токсичных соединений тяжелых ме-

таллов является одной из причин неблагополучного экологического состояния водных экосистем.

Литература:

1. Ежегодники «Качество поверхностных вод Российской Федерации» за 1993-2012 гг. СПб.: «Гидрометеоиздат», Росгидромет. Ростов-н/Д: ФГБУ «ГХИ.

2. Никаноров А.М., Брызгало В.А. Пресноводные экосистемы в импактных районах России. Ростов-на-Дону: НОК, 2006. 275 с.

3. Никаноров А.М., Брызгало В.А. Реки России. Часть 1. Реки Кольского Севера (гидрохимия и гидроэкология). Ростов-н/Д: «НОК», 2009. 200 с.

4. Никаноров А.М., Соколова Л.П., Косменко Л.С., Решетняк О.С. Оценка состояния гидробиоценоза на участках водных объектов Кольского Севера с высокой степенью загрязненности воды соединениями меди и никеля // Метеорология и гидрология, № 11. 2009. С. 69-80.

5. Р 52.24.661-2004. Рекомендации. Оценка риска антропогенного воздействия приоритетных загрязняющих веществ на поверхностные воды суши. М.: Метеоагенство Росгидромета, 2006. 26 с.

6. Р 52.24.776-2012. Рекомендации. Оценка антропогенной нагрузки и риска воздействия на устьевые области рек с учетом их региональных особенностей. Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2012. 32 с.

7. Решетняк О.С. Трансформация речных экосистем Европейского Севера России в условиях антропогенного воздействия: дисс. … канд. геогр. наук: 25.00.36: защищена 28.04.2010: утв. 17.09.2010. Ростов-на-Дону, 2010. 174 с.

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ГОРОДА ХАРЬКОВ И ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Решетченко С.И., Лысенко А.Г.

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, г. Харьков, Украина

alexandra_2901@mail.ru

В представленной работе исследуется температурный режим города Харьков и области, проводиться анализ среднемесячной, среднесуточной температуры воздуха за период 2001-2012 гг.

В основу положен статистический анализ фактических метеорологических данных на территории за разные периоды: 1961-1990 гг., 1945-2012 гг., 2001-2012 гг.

Известно, что колебания погодных условий определяются изменчивостью циркуляции атмосферы. Проведенные исследования [4]

указывают на значительные изменения средней атмосферной циркуляции зимой в период 1984-1995 гг. В результате чего территория Украины оказалась под влиянием теплым воздушных масс, что способствовало образованию частых аномалий положительных температур воздуха и дефицита атмосферных осадков.

Изучая изменения средней годовой температуры воздуха во второй половине прошлого столетия и в первое десятилетие 21-го на территории Харькова, можно отметить существенное ее увеличение. Обращая внимание на то, что среднегодовая температура воздуха не выявляет колебания температуры от месяца к месяцу, которые формируются вследствие как радиационных условий, так и сезонных колебаний циркуляции атмосферы, физико-географических особенностей региона [2]. Поэтому в дальнейшем изучалась динамика изменения среднемесячной температуры воздуха на станции Харьков.

Анализируя средние значения температуры воздуха за период 2001-2012 гг. в течение года, можно отметить их рост по отношению к климатической норме [1] в среднем на 1,7°С. Наибольшее отклонение температуры воздуха зафиксировано в январе и июле (на 2,4°С), а наименьшее – в декабре (0,3°С). Так, в зимние и летние месяцы на станции Харьков наблюдалось существенное потепление. Для весеннего и осеннего периодов зафиксированы незначительные колебания температуры воздуха.

Среднесуточная температура воздуха более изменчива как во времени, так и в пространстве. Детальное ее изучение на территории Харькова не проводилось, а освещались лишь некоторые аспекты [3]. Данная метеорологическая величина оказывает значительное влияние на формирование погодных условий. Ее колебания имеют как благоприятные, так и неблагоприятные последствия. Так, изменения повторяемости, длительности и интенсивности такой температуры воздуха влияют на состояние и хозяйственную деятельность человека, окружающую среду.

Было установлено, что на станции Харьков в теплый период года частыми являются условия для формирования высокой (25,0°С и выше) и очень высокой (30,0°С и выше) температуры воздуха. Температура воздуха 25,0°С и выше является опасным явлением для сельскохозяйственного производства: отсутствие атмосферных осадков в сочетании с низкой влажностью воздуха, значительным ветром в период вегетации максимально повреждают растения. Также при высокой температуре воздуха возникают засушливые яв-

ления: суховеи, атмосферна и почвенная засухи, которые пагубно влияют на условия развития сельскохозяйственных культур.

Наибольшая повторяемость высоких температур (больше 25,0°С) за весь период исследований приходится на июль (112 случаев), менее всего – на май (15). В июне зафиксировано 40, а августе – 53 случая. Всего это 238 дня с температурой выше 25,0°С и очень высокой температурой (больше 30,0°С) за год. То есть ежегодно на станции Харьков можно ожидать 19-20 дней со среднесуточной температурой воздуха 25,0°С и выше, чаще всего она будет наблюдаться в июле (9-10 дней).

Жаркая, сухая погода, обычно, устанавливается после стойкого перехода средней суточной температуры воздуха через 20°С и выше, то есть в это время создаются условия для опасной и особенно опасной температуры воздуха.

За период 2001 – 2012 гг. на ст. Харьков наибольшее количество температур выше 20,0°С пришлось на июль (295 дней). Ежегодно в этом месяце можно ожидать 24-25 дней с указанной температурой. Менее вероятной она является для сентября (3-4 дня). Вообще за период 2001-2012 гг. наблюдалось 818 дней с высокими температурами. Прохладными были 2003 и 2004 года.

Таким образом, исследования показали, что на станции Харьков среднесуточная температура воздуха 20,0°С и выше может ожидаться 68-69 дней ежегодно, существенный рост температуры воздуха зафиксирован в зимние и летние месяцы.

Литература:

1. Климатологические стандартные нормы (1961 – 1990 гг.). – К.: 2002. – 446 с.

2. Климат Украины // Под редакцией *Липинского В.М., Дячука В.А., Бабиченка В.М*. Издательство Раевского. – К.: 2003. – 343 с.

3. Климат Харькова // Под ред. *Бабиченко В.Н*. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 216 с.

4. Свердлик Т.А. Эволюция крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха Северного полушария во второй период современного глобального потепления климата / *Т.А. Свердлик* // Тр. УкрНИГМИ. – 1999. – Вып. 247. – С. 63-75.

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРА ДАЛЬНИХ СВЯЗЕЙ ДВУХ ТИПОВ ЭЛЬ-НИНЬО В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА XXI ВЕКА

Сажин И.В.
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия
ivsazhinmeteo@gmail.com

В настоящее время явление Эль-Ниньо – Южное Колебание (ЭНЮК) давно уже вышло за рамки термина, известного только в научных кругах. Оно известно многим, а его последствия грандиозны и масштабны. Наиболее выдающиеся события XX века были зафиксированы в 1982-83, а также 1997-98 гг., когда наблюдались катастрофические наводнения в Перу и Боливии и продолжительные засухи на территории северных штатов Австралии, а также в Индонезии.

До сих пор открытыми остаются вопросы об апериодичности явления ЭНЮК – период выдающихся событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья в разные годы составлял от 2 до 7 лет[4]. С течением времени старые вопросы не находят ответа и появляются новые. Масштабные последствия Эль-Ниньо 2004-05 гг., когда основные аномалии ТПО наблюдались не на востоке, а в центре Тихого океана заставили задуматься многих американских, японских и китайских учёных о роли пространственной локализации аномалий ТПО. Было показано, что существует два типа Эль-Ниньо – Центрально-Тихоокеанский или Эль-Ниньо Модоки и Восточно-Тихоокеанский тип – каноническое Эль-Ниньо[5],[10],[11].Считается, что повторяемость Эль-Ниньо Модоки в последние десятилетия увеличилась в связи с потеплением климата[5]. Проверка этого предположения определила ход нашего исследования.

Наиболее важным вопросом для нас, живущих в умеренных широтах, остаётся вопрос об удалённом отклике Эль-Ниньо. Впервые огромное влияние ЭНЮК на процессы атмосферной циркуляции в субтропических и умеренных широтах было физически объяснено Якобом Бьеркнесом в 1969 г.[6]. В конце 2000-х гг. важной темой исследований специалистов по тропической метеорологии является спор о том, различен ли удалённый отклик на два типа Эль-Ниньо .

Существует две принципиально разных точки зрения в этом вопросе – о сходстве дальних связей двух типов, и об их коренном отличии друг от друга[7],[11]

Таким образом, задачей нашего исследования стало выявление характера взаимосвязей двух типов Эль-Ниньо и глобальной атмосферной циркуляции по данным наблюдений, а также сравнение с результатами моделирования при потеплении климата конца XXI века.

Для исследования дальних связей по данным наблюдений были взяты данные NCEP/NCAR Reanalysis. По ним были рассчитаны интегральные индексы циркуляции атмосферы Петросянца-Гущиной по разным широтным кругам, а также циркуляции скорости ветра по центрам действия атмосферы[3].В качестве основных данных по аномалиям ТПО в Тихом океане использовались индексы Центрально-Тихоокеанского(ЦТ) и Восточно-Тихоокеанского(ВТ) Эль-Ниньо, введённые метеорологами из Китая и Японии в 2009 г. Эти индексы, полученные разложением аномалий ТПО на естественные ортогональные составляющие, наиболее полно характеризуют оба типа Эль-Ниньо[9].

Расчёт коэффициентов корреляции со сдвигом между индексами циркуляции и индексами двух типов Эль-Ниньо привёл к выводу, что ЦТ Эль-Ниньо оказывает большее влияние на атмосферные процессы, как в удалённых тропических районах, так и в умеренных широтах. По-разному происходит распространение сигнала из тропиков в умеренные широты. Также выяснено, что Каноническое Эль-Ниньо влияет в основном на соседние центры действия атмосферы, притом намного слабее, чем ЦТ.

Для того, чтобы узнать, как изменится удалённый отклик двух типов Эль-Ниньо при потеплении климата, нужно было выбрать подходящую модель общей циркуляции атмосферы и океана. Из всех моделей проекта CMIP5 была выбрана модель ИВМ РАН из-за того, что она хорошо воспроизводит два типа Эль-Ниньо. Это было показано в работах[1],[2],[12]. Из выходных данных модели INMCM4 были использованы данные контрольного эксперимента и сценария RCP8.5 – потепления климата конца XXI века при наибольшем росте концентрации CO2 в атмосфере[8]. В результате расчёта индексов и коэффициентов корреляций, аналогично данным наблюдений, было показано, что модель общей циркуляции атмосферы и океана INMCM4 хорошо воспроизводит картину дальних связей для ЦТ Эль-Ниньо, для ВТ – менее качественно и только общие черты.

В качестве основных выводов для потепления конца XXI века, можно сказать, что Центрально-Тихоокеанский тип Эль-Ниньо будет проявляться и при возможном потеплении климата конца XXI века. Дальние связи претерпят небольшие изменения, по сравнению с современным климатом. Отклик циркуляции в ближайших центрах действия атмосферы на ЦТ Эль-Ниньо останется неизменным. ВТ Эль-Ниньо перестанет существовать как периодически возникающая аномалия ТПО на востоке Тихого океана, а аномально теплое для современного климата состояние ТПО станет нормальным для конца XXI века.

Литература

1. Володин Е.М. Некоторые результаты моделирования современного климата и его изменений в 19-21 веках, полученные с помощью климатической модели INMCM4 в рамках международной программы сравнения климатических моделей CMIP5. ИВМ РАН, 2012, 25 с.

2. *Гущина Д.Ю.* Оценка воспроизведения особенностей глобальной циркуляции атмосферы и взаимосвязи между циркуляцией в тропиках и умеренных широтах моделями общей циркуляции атмосферы ИВМ РАН и ARPEGE. Метеорология и гидрология, 2003, №8, с.5-26.

3. *Петросянц М.А., Гущина Д.Ю.* Крупномасштабное взаимодействие глобальной циркуляции атмосферы с температурой поверхности экваториальной части Тихого океана. – Метеорология и гидрология,1998,№5, с.5-24

4. *Петросянц М.А., Семенов Е.К., Гущина Д.Ю., Соколихина Н.Н., Соколихина Е.В.* Циркуляция атмосферы в тропиках: Климат и изменчивость. М.: МАКС Пресс,2005, 670 с.

5. *Ashok K., Behera S. K. et al.* El Nino Modoki and its possible teleconnection. Yokohama Research Center, 2007. – pp. 1-10.

6. *Bjerknes J.* Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. — Mon. Wea. Rev., 1969, vol. 97, pp.163-172

7. *Hurwitz M., Garfinkel C.I., Calvo N. et al*. Extra–Tropical Atmospheric Response to Two Types of El Niño Events. University of Maryland, US CLIVAR ENSO Workshop,2013, 23 pp.

8. *Jubb I., Canadell, P. and Dix.* Representative Concentration Pathways: Australian Climate Change Science Program Information paper , 2013, 10 pp.

9. *Kao, H. Y., and Yu, J. Y.* (2009). Contrasting Eastern-Pacific and Central-Pacific Types of ENSO. J. Climate, 22, 615-632.

10. *Takahashi K., Montecinos A., Goubanova, K., Dewitte B.* ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño., Geophysical Research Letters, vol. 38, issue 10, 2011.

11. *Yeh, S.-W., Kug, J.-S., Dewitte, B., Kirtman, B., and Jin, F.-F.* (2009). Recent changes in El Niño and its projection under global warming. Nature, 461, 511-515.

12. *Yu et al.* Three evolution patterns of Central-Pacific El Niño. Geophysical research letters, Vol. 37 , 2010, pp.120-132

ВНУТРИГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗАВИХРЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕЧЕНИЙ И НАПРЯЖЕНИЯ ТРЕНИЯ ВЕТРА В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ

Сухонос П.А., Полонский А.Б., Шокурова И.Г.
Морской гидрофизический институт, г. Севастополь, АР Крым
pasukhonis@mail.ru

Перенос тепла Гольфстримом и Северо-Атлантическим течением в высокие широты оказывает значительное влияние на климат Европы. Это обусловливает важность изучения временной изменчивости течений, а также изменчивости ветра, как основной движущей силы циркуляции вод в океане. Важной характеристикой, позволяющей оценить внутригодовую изменчивость воздействия ветра на циркуляцию вод, является завихренность касательного напряжения трения ветра. Пространственное распределение величины завихренности напряжения трения ветра и ее сезонная изменчивость хорошо изучены в настоящее время для всего Мирового океана [2, 3, 6].

Известно, что неоднородность ветра является одним из основных источников завихренности поля течений в океане [5]. Данные современных реанализов по скоростям течений на регулярной сетке позволяют выполнить расчеты завихренности течений, проанализировать ее пространственно-временную изменчивость, а также провести сравнительный анализ с пространственным распределением завихренности касательного напряжения трения ветра. Однако такие работы пока не выполнялись. Поэтому целью настоящей работы является анализ сезонной изменчивости пространственного распределения завихренности поверхностных течений в Северной Атлантике в сравнении с сезонной изменчивостью распределения завихренности касательного напряжения трения ветра.

Для решения поставленных задач используются данные по скорости течений на горизонте 5 м океанического реанализа *ORA-S3* [1] за период с января 1959 года по декабрь 2011 года. Данные о касательном напряжении трения ветра используются из атмосферного реанализа *ERA-40* [7] за период с января 1959 года по июнь 2002 года и оперативного анализа *NWP* за период с июля 2002 года по декабрь 2011 года.

Пространственная структура распределения завихренности касательного напряжения трения ветра в целом для всех сезонов имеет

зональный характер, при этом циклоническая завихренность соответствует зонам низкого давления – Исландскому минимуму и Внутритропической зоне конвергенции (ВЗК), а антициклоническая – высокого атмосферного давления – Азорскому максимуму. Положение и размеры областей антициклонической и циклонической завихренности характеризуются выраженным внутригодовым ходом. Во все сезоны, кроме осеннего, ось антициклонической области наклонена в юго-западном направлении. В зимние месяцы при усилении западных ветров увеличивается область циклонической завихренности в северной части Северной Атлантики. В летние месяцы южная и северная границы антициклонической области смещаются к северу. Осенью положение этих границ носит зональный характер.

В антициклонической области выделяются два центра с максимальными значениями завихренности касательного напряжения трения ветра – Азорский и Бермудский максимумы. Максимум завихренности ветра в районе Азорских островов имеет постоянный характер и выделяется во все месяцы года. Оба максимума интенсифицируются зимой и ослабевают в летние месяцы.

Пространственное распределение величины завихренности поверхностных течений имеет значительно более сложную структуру по сравнению с завихренностью касательного напряжения трения ветра, хотя в целом позволяет выделить в Северной Атлантике два крупномасштабных круговорота – Северный Субтропический Антициклонический Круговорот (ССАК) и Северный Субполярный Циклонический Круговорот (ССЦК). Вместе с тем, внутри ССАК выделяются обширные области с циклонической завихренностью в поле течений.

Высокие значения антициклонической завихренности течений во все сезоны наблюдаются в районе Гольфстрима и Гвианского течения, что связано с большими значениями сдвига скорости в узких струйных течениях, а также в области Южного пассатного течения. Высокие значения циклонической завихренности течений приурочены к области ВЗК и к прибрежной зоне между Гольфстримом и Северной Америкой.

Пространственная структура поля завихренности течений сохраняется во все сезоны. Сезонные различия проявляются в смещениях южной границы области антициклонической завихренности, соответствующей ССАК, и изменении размеров участков с циклонической завихренностью в этой области. Как и для завихренности ветра,

южная граница антициклонической области завихренности течений смещена к северу в летние месяцы. Смещение же северной границы в северо-западной части ограничено границами материка. Увеличение размеров участков с циклонической завихренностью внутри ССАК приводят к уменьшению его меридионального размера, что согласуется с результатами, полученными в [4] по архивным данным.

Характер внутригодовой изменчивости завихренности напряжения трения ветра и завихренности поверхностных течений, осредненных по областям ССАК и ССЦК, различен. Зимой увеличение антициклонической завихренности касательного напряжения трения ветра и течений в субтропической области происходит синхронно с усилением циклонической завихренности в субполярной области. Летом в субтропической области наблюдается второй максимум антициклонической завихренности напряжения трения ветра и течений (по абсолютной величине), чего нет в субполярной области. В тропической зоне усиление циклонической завихренности касательного напряжения трения ветра и завихренности течений происходит в июле-августе. Корреляция между внутригодовой изменчивостью завихренности напряжения трения ветра и завихренности поверхностных течений в области ССАК составляет 0,86, а ССЦК – 0,98.

Таким образом, в работе проанализирована пространственная структура завихренности напряжения трения ветра и завихренности поверхностных течений, исследована их внутригодовая изменчивость и выявлена высокая положительная связь между обеими характеристиками для областей крупномасштабных круговоротов в Северной Атлантике.

Литература

1. Balmaseda M.A., Vidard A. and Anderson D.L.T. The ECMWF Ocean Analysis System: ORA-S3 // Mon. Weath. Review. 2007. Volume 136**.** P. 3018-3034.

2. Harrison D.E. On climatological monthly mean wind stress and wind stress curl fields over the world ocean // Journal of Climate. 1989. Volume 2. P. 57-70.

3. Hellerman S., Rosenstein M. Normal monthly wind stress over the world ocean with error estimates // J. Phys. Oceanogr. 1983. Volume 13. P. 1093-1104.

4. Stramma L., Siedler G. Seasonal changes in the North Atlantic subtropical gyre // Journal of Geophysical Research. 1988. Volume 93. No. C7. P. 8111-8118.

5. Sverdrup H.U. Wind-driven currents in a baroclinic ocean; with application to the equatorial currents of the eastern Pacific // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1947. Volume 33. №. 11. P. 318-326.

6. Trenberth K.E., Olson J.G., Large W.G. A global ocean wind stress climatology based on ECMWF analyses. Climate and Global Dynamics Division, National Center for Atmospheric Research, 1989. 93pp. DOI: 10.5065/D6ST7MR9.

7. Uppala S. and Coauthors. The ERA-40 reanalysis // Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 2005. Volume 131. No. 612. P. 2961–3012.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗИМНЕГО СТОКА РЕК ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Телегина Е.А.

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

teleginakaterina@gmail.com

Основной особенностью современных изменений водного режима рек Европейской территории России является существенное увеличение зимнего меженного стока. В работе рассмотрены особенности пространственно-временной изменчивости величины стока за период зимней межени, в продолжение которой питание реки осуществляется преимущественно подземными водами. Дана оценка изменений, происходящих в минимальных, средних и максимальных значениях стока в период зимней межени на фоне климатических изменений последних десятилетий. Исследуемая территория, включает в себя основные бассейны рек ЕТР, такие как: Северная Двина, Онега, Мезень, Волга, Дон и др. Выбор перечисленных водосборов позволяет проследить особенности формирования зимнего стока на реках разного масштаба в разных физико-географических условиях в пределах ЕТР. Анализ изменений характеристик зимнего стока проводится за отрезок времени 1975-2010 гг. по отношению к периоду 1940-1974 гг. Расчеты показали, что более чем на 95% постах наблюдается существенное повышение величины зимнего стока. Для 82% гидрологических постов рек бассейна Волги и Дона и для 43% рек севера ЕТР этот тренд к повышению оказался значимым.

В работе проведен анализ метеорологических характеристик, которые в условиях наблюдаемой изменчивости климата, могли повлиять на изменение величины зимнего стока, которая в свою очередь отражает изменения современных естественных ресурсов подземных вод. К характерным проявлениям изменения климата в по-

следние десятилетия можно отнести существенное повышение приземной температуры воздуха в холодный период, и некоторое увеличение количества осадков. Что привело к увеличению числа оттепелей (особенно в бассейнах рек, расположенных на юге ЕТР), сокращению суммарной глубины промерзания почвогрунтов, увеличению меженных зимних расходов речных вод, росту уровня грунтовых вод и к уменьшению объемов и максимальных расходов весеннего половодья в связи с быстрым оттаиванием почвы во время снеготаяния.

В качестве исследуемых характеристик были выбраны средние, минимальные и максимальные за зимнюю межень расходы воды, глубина зимней межени, интенсивность и продолжительность истощения зимнего стока, коэффициенты линейных трендов рядов рассматриваемых величин, доля зимнего стока по отношению к величине стока, осредненного за гидрологический год и к стоку, осредненному за летне-осенний период, дата минимального расхода за зимний период, продолжительность зимней межени и другие характеристики. По полученным данным производилась оценка пространственно-временной изменчивости величины зимнего стока и его основных характеристик на фоне изменений водности за другие фазы водного режима и климатических изменений с проведением подробного статистического анализа и построением соответствующих карт.

ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРЕ НАД СРЕДНЕТАЕЖНЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ СИБИРИ ПО ДАННЫМ 5-ЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ОБСЕРВАТОРИИ “ZOTTO”

Тимохина А.В.[1], Прокушкин А.С.[1], Панов А.В.[1], Онучин А.А.[1], Хайманн М.[2]

[1]Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск, Россия
[2]Институт биогеохимии им. Макса Планка, г. Йена, Германия

Углекислый газ (CO_2) и метан (CH_4) относятся к основным парниковым газам (ПГ) атмосферы. Содержание CO_2 в атмосфере уве-

личилось на 25% с начала прямых инструментальных измерений, инициированных Ч.Д. Киллингом на станции Mauna Loa в 1958 году [1]. Концентрация CH_4 также экспоненциально возрастала в течение этого времени до периода ее стабилизации (1999-2006 гг.), после которого она вновь начала увеличиваться [3]. В научном сообществе не существует однозначного мнения касательно наблюдаемого роста концентраций ПГ: связан ли этот процесс с естественными многолетними колебаниями их величины, или основным драйвером выступает объем поступлений из антропогенных источников, составляющий до 9.5 ПгС/год [2]. Надежные оценки требуют верификации математических расчетов прямыми инструментальными измерениями, в частности, концентрации атмосферного CO_2 и CH_4. В Российской Федерации государственная система мониторинга за содержанием ПГ включает всего несколько станций, а научные исследования охватывают небольшие по площади территории [3]. Поэтому значительная часть территории Евразии остается малоизученной с точки зрения пространственного и временного изменения атмосферных [CO_2] и [CH_4]. В связи с этим в 2006 году в среднетаежной подзоне Сибири (Красноярский край, 60°48‘ с.ш., 89°21‘ в.д., 114 м над ур. м.) была создана научная обсерватория **Zo**tino **T**all **T**ower **O**bservatory (“ZOTTO”). Круглогодичный мониторинг концентраций CO_2 и CH_4 на обсерватории осуществляется на шести высотах мачты (4, 52, 92, 156, 227 и 301 м) газоаналитическим комплексом EnviroSense 3000i (Picarro Inc., США) с мая 2009 г. В настоящей работе приводятся результаты оценки временной динамики концентрации CO_2 и CH_4 в атмосферном воздухе, полученные по высотному профилю до 301 м в районе исследований за период с мая 2009 по март 2014 гг.

Установлено, что наиболее выраженные изменения концентрации исследуемых газов по профилю высоты в течение суток наблюдаются в теплое время года, а для холодного периода характерны незначительные различия. На протяжении годового цикла показано, что период с ярко выраженными суточными колебаниями содержания диоксида углерода в атмосфере продолжительнее по сравнению с таковым для метана на 2 месяца. Так, накопление CO_2 в ночные часы и его снижение в дневные часы, начинает проявляться уже в апреле, а заканчивается только в октябре, для метана эти сроки сдвинуты на май и сентябрь, соответственно. Максимальная величина суточной амплитуды для обоих исследуемых газов наблюдается

около поверхности земли (4 м) в июле. Суточный максимум атмосферной концентрации CO_2 регистрируется в 6:00 – 7:00 ч. местного времени, тогда как пик концентрации CH_4 приходится на период 7:00-10:00 ч. Минимум концентраций фиксировался в вечерние часы - 16:00 – 19:00 ч. На верхней высоте измерений (301 м) практически отсутствуют суточные колебания концентраций CO_2 и CH_4 в течение всего года, однако, прослеживалось незначительное увеличение их уровня утром в летний период, когда происходит проникновение восходящих потоков приземного воздуха с повышенным содержанием диоксида углерода и метана в верхний слой приземной атмосферы.

Динамика концентрации CO_2 в атмосферном воздухе в районе обсерватории "ZOTTO" за пятилетний период наблюдений имела ярко выраженную сезонную периодичность с максимумами в зимний и минимумами в летний периоды. Начало снижения содержания диоксида углерода фиксируется, как правило, в апреле-мае в период запуска фотосинтетической активности в районе обсерватории и продолжается до конца июля – начала августа, когда достигает минимума. При этом для всего периода наблюдений регистрируется устойчивое возрастание концентраций CO_2 в атмосфере. Так, с начала наших измерений минимальные концентрации возросли на 14 ppm: с 367.3±1.5 ppm в 2009 г. до 382.4±2.4 ppm в 2013 г. Начиная с августа наблюдается нарастание его концентрации в атмосфере, что свидетельствует о снижении фотоассимиляции CO_2 растительным покровом в этот период. Накопление CO_2 в атмосфере наблюдается вплоть до марта. Тем не менее, пиковых концентраций CO_2 по данным обсерватории "ZOTTO" достигает в декабре-январе. Подобно летним концентрациям мы наблюдаем ежегодный прирост CO_2 и в зимний период: от 397.2±2.7 ppm в 2010 г. до 407.6±2.7 ppm в 2014 г. Сравнительный анализ прироста концентраций в летний (15 ppm) и зимний (10 ppm) период свидетельствует о значительно более выраженном росте концентраций CO_2 в течение вегетационного сезона. Результаты наблюдений в районе обсерватории "ZOTTO" позволили оценить годовую амплитуду колебаний концентрации CO_2 для среднетаежной подзоны Сибири на основе непрерывных высокочастотных наблюдений. Ее величина с мая 2009 г. по март 2014 г. варьировала незначительно – от 29.9 ppm в 2009 до 25.2 ppm в 2013, составляя в среднем 28.2±1.3 ppm.

В отличие от поведения годового цикла атмосферного CO_2, концентрации CH_4 в атмосфере в районе обсерватории "ZOTTO" имеют 2 ярко выраженных максимума – в летний (август) и зимний (январь - февраль) периоды. Возрастание концентрации CH_4 в летний период фиксируется с середины июня, когда температура почвы и уровень грунтовых вод способствуют нарастанию активности метаногенных микроорганизмов, и достигает своего пика в августе, отражая сезонный максимум эмиссий CH_4 из болотных экосистем. За исследуемый пятилетний период среднее содержание атмосферного метана в августе возросло от 1900±45 ppb в 2009 г. до 1941±52 ppb в 2013 г. В октябре уровень метана в атмосфере вновь начинает увеличиваться до своего зимнего максимума в январе – феврале. В отличие от концентрации CO_2 в зимний период, в содержании атмосферного CH_4 не отмечается устойчивого ежегодного прироста. Так, в 2010-2011 гг. оно сохранялась на уровне 1935 – 1945 ppb, а с 2012 г. возросло до 1964 – 1967 ppb. Сезонная динамика концентрации CH_4 в районе обсерватории "ZOTTO" хорошо согласуется с ранее показанной для разных постов Западной Сибири [3], но при существенно меньших среднемесячных значениях, что отражает общую тенденцию к снижению содержания метана в атмосфере в восточном направлении от 65^o до 89^o в.д.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта МНТЦ №2757, РФФИ в рамках научного проекта № 13-05-98053, и Гранта Президента Российской Федерации для Государственной поддержки молодых российских ученых МК-1691.2014.5.

Литература:

1. Keeling C.D. The concentration and isotopic abundances of carbon dioxide in the atmosphere // Tellus. 1960. Vollum 12, Issues 2. P. 200 – 203.

2. Peters G.P., Marland G., Le Quere et al. Rapid growth in CO_2 emissions after the 2008–2009 global financial crisis // Nature Climate Change. 2012. Issues 2. P. 2 – 4.

3. Sasakawa M., Shimoyama K., Machida T. et al., continuous measurements of methane from a tower network over Siberia // Tellus. 2010. Vollum 62B. P. 403 – 416

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ВАРИАЦИИ АЛЬБЕДО И РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ ГРЕНЛАНДИИ

Червяков М.Ю., Скляров Ю.А., Котума А.И.
Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия
chervyakovmu@mail.ru

В первой части доклада приводятся данные по валидации 4,5-летнего ряда измерений радиометром ИКОР-М [2] с ИСЗ «Метеор-М» № 1, который без сбоев и перерывов выдаёт научную информацию с ноября 2009 года [1,3,4,6-9]. Приводятся результаты сравнений рядов альбедо с ИСЗ ERBS (США) и ИКОР-М в широтном диапазоне ± 60°. Среднегодовые величины альбедо в указанных пределах незначительно отличаются от глобальных и в межгодовом ходе разброс измеряется десятыми долями процента. Данные массива среднегодовых величин альбедо радиометра ИКОР-М тесно коррелируют с данными ИСЗ ERBS.

Кроме того выполнены обширные оценки погрешностей измерений альбедо ряда ИКОР-М по избранным реперным площадкам с наиболее устойчивыми в течение года сценами состояния подстилающей поверхности (Сахара, Гренландия, Атлантический океан, Тихий океан, Красное море). В целом величины альбедо практически не отличаются от ранее полученных среднемесячных значений. По каждому из выбранных типов площадок оценён общий тренд всего ряда. Он имеет ту же величину, что и оценённый ранее [5,7]. Выяснилось, что температура корпуса радиометра ИКОР-М с годами медленно растёт (за весь период на 2,5-3 К). Возможно, что именно это вызывает медленный линейный тренд показаний прибора, который легко учитывается. В целом выполненные исследования показали высокое качество измерений ряда ИКОР-М и близость его шкалы к шкалам известных зарубежных радиометров. Напомним, что частота отсчётов прибора 1 в секунду.

Гренландия привлекала тем, что в освещённые летние полугодия она была прекрасно обеспечена наблюдениями на всех месячных картах. Вначале были получены среднемесячные величины альбедо Гренландии, и оценён внутригодовой ход альбедо за все годы наблюдений. Для более детального анализа поверхность Гренландии

была разделена на 8 широтных зон по 2,5° в каждой строке. Это позволило выявить наличие вторичного устойчивого минимума альбедо во все годы в июле-августе. Получены соответствующие величины поглощённой солнечной радиации (absorbed solar radiation - ASR). Как и ожидалось, максимальные величины ASR отмечены у 65° параллели (южная оконечность острова), затем, не в порядке роста широты у 80°, 75°, 70° параллелей. Следует отметить, что картина устойчиво повторялась во все годы наблюдений.

Для оценки радиационного режима Гренландии в сравнении с окружающими территориями были выбраны площади, примыкающие к Гренландии с запада, востока и юга (на севере за 85° параллелью нет данных). Размеры площадей соответствовали размерам острова. Были определены среднемесячные альбедо на ВГА получен их годовой ход. Приводим среднегодовые значения: Гренландия 48%, западнее 42%, восточнее 39%, южнее 37%.

Соответствующие значения ASR: Гренландия 139 Вт/м^2, западнее 166 Вт/м^2, восточнее 180 Вт/м^2, южнее 210 Вт/м^2 также в среднегодовом расчёте (фактически за 9 месяцев светлого времени). Стоит отметить, что из-за огромной вытянутости Гренландии вдоль меридиана от 60° до 84° с.ш. (почти 24°), условия освещения острова Солнцем сильно различаются. У широты 66°-67,5° проходит северный полярный круг, здесь же поперечное понижение делит ледовый щит на северный и южный купола. Северный летом целиком входит в зону полярного дня, южный – целиком расположен в умеренном поясе у его северной границы.

Отметим, что наиболее ярко особенности распределения и вариаций альбедо и ASR проявляются при рассмотрении годового хода этих величин как для острова, так и для избранных смежных площадей.

Литература

*1. Скляров Ю. А., Фейгин В. М., Воробьёв В. А., Котума А. И., Семёнова Н. В., Червяков М. Ю.*Первые результаты обработки со спутника «Метеор-М» № 1 // Погода иклимат: новые методы и технологии исследований: сб. науч. тр. / под ред. Калинина Н. А. Пермь: Изд-во Перм. гос. Ун-та, 2010. С. 52–56.

2. Скляров Ю.А., Воробьёв В.А., Котума А.И., Червяков М.Ю., Фейгин В.М. Измерения компонентов радиационного баланса Земли с ИСЗ "Метеор-М" №1. Аппаратура ИКОР-М // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т.9. №2. С. 173-180

3. Скляров Ю.А., Воробьёв В.А., Котума А.И., Червяков М.Ю., Фейгин В.М. Алгоритм обработки данных наблюдений уходящей коротковолновой радиации с ИСЗ

"Метеор-М" №1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т.9. №3. С. 83-90.

*4. Червяков М.Ю., Скляров Ю.А., Котума А.И.*Наблюдения уходящей коротковолновой радиации с искусственного спутника Земли «Метеор-М» №1 // Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические эффекты: труды XVI Международной школы-конференции молодых ученых / РАН, Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова [и др.] – Москва: Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН. 2012. С. 212-215.

5. Скляров Ю.А., Червяков М.Ю., Воробьёв В.А., Котума А.И., Фейгин В.М. Особенности распределения поглощённой солнечной радиации в 2010 – 2012 годах по данным с ИСЗ «Метеор – М» №1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 2. С. 272-283.

6. Червяков М.Ю., Скляров Ю.А., Котума А.И. Особенности распределения альбедо и поглощённой солнечной радиации в 2010-2012 годах по данным с ИСЗ «Метеор-М №1//Тезисы XVII Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы» ИПФ РАН, Н. Новгород, 2013. С. 57.

7. Скляров Ю.А., Червяков М.Ю., Воробьёв В.А., Котума А.И., Фейгин В.М. Особенности распределения поглощённой солнечной радиации в 2010 – 2012 годах по данным с ИСЗ «Метеор – М» №1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 4. С. 107-117.

8. Скляров Ю.А., Червяков М.Ю., Воробьёв В.А., Котума А.И., Фейгин В.М. Некоторые результаты обработки данных поглощённой солнечной радиации и альбедо, полученных с помощью аппаратуры ИКОР-М// Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2013. Вып. 2. Т. 13. С. 30-33

*9. Chervyakov M. Y., Sklyarov Y. A.*The Measurement of the Outgoing Short-Wave Radiation from Satellite «Meteor-M» № 1//Представляем научные достижения миру. Естественные науки: материалы конференции молодых ученых«Presenting Academic Achievements to the World». Изд-во Сарат. ун-та, 2012. Вып. 3. С. 23-26.

ИЗМЕНЕНИЯ БАЛЛА И ТИПА ОБЛАЧНОСТИ В АТЛАНТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ АРКТИКИ В ПОСЛЕДНЕЕ СТОЛЕТИЕ

Чернокульский А.В.[1], Эзау И.Н.[2,3], Булыгина О.Н.[4], Мохов И.И.[1], Семёнов В.А.[1,5]

[1]Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
[2]Центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена, Берген, Норвегия
[3]Центр исследования динамики климата, Берген, Норвегия
[4]Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центре данных
[5]Кильский центр океанических исследований им. Гельмгольца (GEOMAR), Киль, Германия
a.chernokulsky@ifaran.ru

Облачность играет одну из ключевых ролей в климатической системе Арктики, контролируя радиационный баланс поверхности. Облачность в Арктике активно изучается в последнее время, главным образом на основе данных спутниковых наблюдений, который охватывают последние 30 лет [1-3]. Существенно меньше исследований основано на более длительных наземных наблюдениях, которые охватывают и более ранние периоды. В данной работе анализируется изменчивость облачности в атлантической части Арктики (Норвежское, Баренцево и Карское моря) на основе наземных визуальных наблюдений на российских и норвежских метеорологических станциях. Проанализированы как данные о балле облачности, так и о повторяемости различных морфологических типов облаков (слоистых, кучевых, слоисто-кучевых и т.д.) [4]. Морфологические типы облачности являются хорошими индикаторами физических процессов нижней атмосферы, в частности, изменение повторяемости конвективных типов облачности указывает на изменения процессов вертикального перемешивания в тропосфере.

В работе отмечено, что балл общей и нижней облачности имел максимум во время раннего потепления 20 века (в районе 1930-1950 гг.) и возрастает в последние десятилетия после минимума в районе 1970-х гг. (во время холодного периода). Эти изменения выявлены для всех сезонов, при этом необходимо отметить, что в летний период облака в Арктике охлаждают поверхность, а в остальные сезо-

ны облачность обладает отепляющим эффектом. Таким образом, отмеченные изменения облачности хорошо соотносятся с сезонной асимметрией раннего потепления 20 века (когда наибольшая положительная температурная аномалия отмечалась в зимний период) и могут являться одним из основных различий между современным и ранним потеплением в Арктике.

Холодный период в районе 1970-х гг. характеризуется большой повторяемостью числа наблюдений с ясным небом (0 баллов). Также было получено, что повторяемость пасмурных наблюдений (10 баллов) уменьшалась в течение всего периода наблюдений, а повторяемость наблюдений с разорванной облачностью (от 5 до 9 баллов) – росла. Анализ изменчивости морфологических типов облачности показал, что в течение всего 20 века отмечается статистически значимый рост повторяемости конвективных форм облачности (в первую очередь слоисто-кучевых и кучево-дождевых) и сокращение повторяемости слоистых форм облачности (слоистых и слоисто-дождевых). Эти изменения проявляются в первую очередь в регионах с малым содержанием морского льда. В регионах, покрытых морских льдом, отмечен рост повторяемости облаков верхнего яруса.

Качественные и количественные изменения облачности могут служить индикатором изменений долгопериодных изменений циркуляционных режимов атмосферы Арктики [5]. Тенденция к учащению конвективных типов облачности может быть индикатором уменьшения статической устойчивости атмосферы (ростом вертикального температурного градиента), что находится в хорошем согласии с современными представлениями о физике полярного усиления (главным образом, в нижней части тропосферы). Различия в изменениях облачности во время современного потепления и потепления середины 20 века могут служить дополнительным индикатором наличия антропогенного влияния.

Литература

1. Chernokulsky A.V., Mokhov I.I. Climatology of total cloudiness in the Arctic: An intercomparison of observations and reanalyses // Advances in Meteorology. 2012. Volume 2012. Article ID 542093, 15 pages. DOI: 10.1155/2012/542093.

2. Чернокульский А.В., Мохов И.И. Сравнительный анализ характеристик глобальной и зональной облачности по различным спутниковым и наземным наблюдениям // Исследования Земли из космоса. 2010. №3. С.12-29.

3. Чернокульский А.В. Климатология облачности в арктических и субарктических широтах по данным спутниковых и наземных наблюдений и данных реанализа // Солнечно-земная физика. 2012. Вып. 21. С.73-78.

4. Chernokulsky A.V., Bulygina O.N. and Mokhov I.I. Recent variations of cloudiness over Russia from surface daytime observations // Environmental Research Letters. 2011. V.6. N.3. P.035202. DOI 10.1088/1748-9326/6/3/035202.

5. Chernokulsky A.V., Mokhov I.I., Nikitina N.G. Winter cloudiness variability over Northern Eurasia related to the Siberian High during 1966-2010 // Environmental Research Letters, V.8. N4. P.045012. DOI: 10.1088/1748-9326/8/4/045012

ВНУТРИГОДОВЫЕ ВАРИАЦИИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Шабанов П.А.
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия
pa.shabanov@gmail.com

Анализируется годовой ход осадков на территории России в период 1961-1990 гг. и в последнее десятилетие XX – начале XXI вв. Показываются различия между двумя архивами месячных сумм: измеренных на станциях (архив ВНИИГМИ-МЦД) и исправленных согласно методике, предложенной В.С. Голубевым [3] и развитой в работе [1]. Эта методика коррекции данных учитывает основные погрешности измерения количества осадков (ветровой недоучёт, поправка на смену измерительного прибора, поправка на испарение, на смачивание приёмного прибора, эффект «ложных» осадков). В основе анализа лежит сравнение характеристик внутригодовых вариаций атмосферных осадков по исправленному архиву за последнее тридцатилетие (1981-2010) с аналогичными характеристиками реперного климатического периода (1961-1990).

В исследовании [1] показано, что исправленные массивы осадков значительно отличаются от измеренных. В целом коррекция приводит к увеличению годовой суммы осадков. В откорректированных данных уменьшаются коэффициенты положительных трендов и увеличиваются коэффициенты отрицательных трендов годовых сумм осадков [2]. В данной работе показаны примеры сопоставления измеренных и исправленных данных для двух станций: № 20674, о. Диксон, и № 37123, г. Кисловодск. Для Кисловодска можно сделать вывод о сохранении режима осадков в последние десятилетия (1981-2010) в сравнении с режимом реперного периода 1961-1990.

Изменения параметров внутригодовой вариации режима осадков (годовая амплитуда, вклады сезонов в годовую сумму) практически одинаковы, как по измеренным, так и по исправленным данным. Для о. Диксон изменения аналогичных параметров оказываются существенными. Коррекция массивов осадков, предложенная в работах [1,3] является методологически обоснованной, и в существенной степени изменяет представления о режиме осадков. Особенно это касается количества твёрдых осадков и величины/знака коэффициента линейного тренда.

Наряду с классическими количественными характеристиками внутригодовых вариаций атмосферных осадков (годовая амплитуда осадков, соотношение вкладов различных месяцев и сезонов в годовую сумму, определение месяца с максимальной суммой осадков) использовался векторный индекс сезонности осадков ***I***, который в отечественной литературе использовался, например, в [4]. Данный индекс представляет собой геометрическую сумму среднемноголетних месячных сумм осадков. Модуль такого вектора можно интерпретировать как степень неравномерности выпадения осадков в течение года, а направление – как период концентрации осадков. Динамика этого индекса тесно связана с климатическими изменениями и отражает эволюцию климата исследуемой местности (одним из распространённых способов выделения типа климата территории является определение периода максимального количества осадков и степени равномерности их выпадения в течение года, что и отражает векторный индекс сезонности ***I***).

Изменения климата за последние тридцать лет проявились в вариациях внутригодового режима осадков, а именно в перераспределении их количества и изменении сроков выпадения максимальных осадков. Анализ исправленных значений сумм осадков показал, что такие изменения затронули практически всю территорию России за исключением Западной Сибири. Комплексный анализ изменений характеристик внутригодовых вариаций режима осадков показал, что существенные изменения режима осадков за последние 30 лет (1981-2010) по сравнению с базисным периодом 1961-1990 зафиксированы на более чем трети исследованных станций во многих регионах РФ. Эти изменения происходят как на фоне увеличения годовой суммы осадков (например, юг и западная граница ЕТР), так и на фоне уменьшения (Дальний Восток за исключением о. Сахалин). Наибольшие изменения приходятся на Дальний Восток, Прибайка-

лье и Забайкалье, а также на ЕТР. В этих регионах было выявлено одновременное изменение сроков выпадения как максимальной, так и минимальной месячной суммы. Это указывает на существенные перестройки в режиме осадков в данных регионах и требует их обстоятельного изучения.

Литература

1. *Богданова Э.Г., Гаврилова С.Ю.* Устранение неоднородности временных рядов осадков, вызванной заменой дождемера с защитой Нифера на осадкомер Третьякова // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 8. – с. 87-102.

2. *Богданова Э.Г., Гаврилова С. Ю., Ильин Б. М.* Временные изменения атмосферных осадков на территории России по данным их скорректированных значений за период 1936-2000 гг. // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 10. – с. 78-89.

3. *Голубев В.С. Коновалов Д.А., Богданова Э.Г., Ильин Б.М.* Полная модель корректировки осадкомерных данных: методика и алгоритм оценки систематических составляющих погрешностей // WMO, Instruments and Observing Methods, Geneva – 2000. – WMO/TD 1028 – T. Report № 74 – с. 136-139.

4. *Швер Ц.А.*, Степень сезонности осадков // Тр. ГГО. – 1973. – вып. 303 – с. 93-103.

СВЯЗЬ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА С МЕХАНИЗМАМИ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ГОРАХ АЛТАЯ

Шарапова А.А.

Томский Государственный университет, г. Томск, Россия
al.shar.91@mail.ru

Работа посвящена выявлению связей между механизмами атмосферной циркуляции и основным климатическим параметрам – температурой воздуха.

Были проанализированы данные наблюдений на 8 метеостанциях горного Алтая, расположенных на разных высотах и в разных климатических условиях, за два тридцатилетних периода: 1951 – 1980 гг. и 1981 – 2010 гг.

Опираясь на результаты работы, можно говорить о том, что на территории горного Алтая происходят значимые, с точки зрения условий формирования местного климата, изменения термического режима.

Все исследуемые механизмы собраны в большом обзоре на сайте Национальной океанической и атмосферной администрации США

(NOAA) «Northern Hemisphere Teleconnection Patterns». На котором, можно найти количественную информацию и пространственную структуру механизмов атмосферной циркуляции.

В пакете STATISTICA была выполнена множественная корреляция между межгодовыми вариациями температуры в календарные сезоны и межгодовыми вариациями индексов атмосферной циркуляции в те же сезоны. На первом этапе множественная корреляция проводилась для всех индексов одновременно. При этом отбирались только случаи статистически значимой корреляции, у которых уровень значимости не превышал 0,05. На втором этапе производилась проверка случаев со статистически значимой корреляцией. Проверка проводилась также при помощи множественной корреляции. На этом этапе также отбирались случаи статистически значимой корреляции, которые послужили основой для пространственного анализа.

Случаи, когда климатический параметр на всей рассматриваемой территории коррелировал с каким-либо индексом только на 2-3 станциях и менее, не анализировались. В таких случаях значения коэффициентов корреляции были всегда невысокими.

Опираясь на результаты данной работы, можно говорить о том, что на территории горного Алтая происходят значимые изменения термического режима.

Были установлены корреляционные связи между механизмами атмосферной циркуляции и температурой воздуха в горном Алтае, теперь можно судить о механизмах возникновения аномалий регионального масштаба, которые проявляются в изменениях климата.

Для начала нужно отметить что, происходит изменение средней температуры воздуха в горном Алтае в 1981 – 2010 гг. по сравнению с 1951 – 1980 гг. в сторону увеличения. Рост температуры характерен для всей территории горного Алтая и во все календарные сезоны.

В результате корреляционного анализа установлено, что из всех известных циркуляционных механизмов Северного полушария только Скандинавский (SCAND) имеет сильную согласованность с термическим режимом горного Алтая, но не во все сезоны. Индексы остальных механизмов крупномасштабной циркуляции статистически значимо коррелируют с температурой выборочно: в отдельные сезоны и на отдельных станциях, причём значение коэффициента корреляции не превышает 0,5. Однако как степень влияния механизма SCAND, так и пространственная структура поля корреляции меняются по 30-летиям.

Литература

1. Бардин М.Ю. Изменчивость температуры воздуха над западными территориями России и сопредельными странами в XX веке. М: Метеорология и гидрология № 8, 2002. 17 с.

2. Башалханова Л.Б. Климатические условия освоения котловин Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1989 – 158 с.

3. Безуглова Н.Н., Зинченко Г.С. Региональные климатические проявления глобальной циркуляции атмосферы на юге Западной Сибири // География и природные ресурсы № 3 – Москва, 2009. С. 123-127.

4. Гирс А.А. методы долгосрочных прогнозов погоды. Л: Гидрометеоиздат, 1978 – 378 с.

5. Ленская О.Ю., Бычков Д.В. Анализ изменчивости месячных сумм осадков с использованием индексов атмосферной циркуляции // Экология и природопользование № 3 – Москва, 2008. С. 112 – 113.

6. Модина Т.Д. Климаты Республики Алтай. Новосибирск: НГУ, 1997. – 178 с.

7. Попова В.В., Шмакин А.Б. Региональная структура колебаний температуры приземного воздуха в Северной Евразии во второй половине XX - начале XXI веков // Известия РАН. Физика атмосферы, 2010, том 46, №2.– С. 15 – 29.

8. Шмакин А.Б., Попова В.В. Динамика климатических экстремумов в Северной Евразии в конце XX века // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2006, т. 42, № 2, С. 157-166.

9. Barnston A.G., Livezey R.E. Classification, seasonality and persistence of low – frequency atmospheric circulation patterns // Monthly Weather Review. Vol. 115. – P. 1083 – 1126.

СЕЗОННЫЕ ВАРИАЦИИ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ O3, CO И NOX В ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ: НАБЛЮДЕНИЯ ZOTTO И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Штабкин Ю.А., Моисеенко К.Б.

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

yuryshtabkin@gmail.com

В последнее время изменения состава приземного воздуха отмечаются не только вблизи промышленных центров, но и в удаленных от крупных городов районах земного шара. Мониторинг приземной атмосферы осуществляется мировыми сетями наблюдательных станций, к сожалению, не охватывающими территорию России. Частично решает эту проблему фоновая наблюдательная станция ZOTTO (ZOtino Tall TOwer, 60.26 с.ш., 89.24 в.д., Красноярский край).

В данной работе приведены результаты анализа данных наблюдений приземных концентраций CO, O3 и NOx на станции ZOTTO в период 2007 - 2012. На основе численного моделирования с помощью химико-транспортной модели GEOS-Chem проведена оценка влияния антропогенных выбросов и эмиссий от горения биомассы в западной Европе и различных регионах России на фоновый состав приземного воздуха в центральной Сибири. В соответствии с полученными результатами, можно утверждать, что наибольший вклад в содержание CO в приземном слое в холодный период в значительной степени обусловлено влиянием процессов переноса воздушных масс из Западной Европы, а также юга Европейской территории России и юга Сибири. В теплый период более существенное влияние оказывает перенос воздуха из восточных регионов, где основной вклад в эмиссии дают природные пожары. Данные результаты свидетельствуют о значительном влиянии как естественных, так и антропогенных региональных источников загрязнений, а также процессов переноса из Западной Европы и Европейской территории России на фоновый состав приземного воздуха в Центральной Сибири и необходимости учета данного фактора при анализе наблюдений на фоновой станции ZOTTO.

TROPOSPHERIC NO2 AND SO2 OVER NORTHERN CHINA ACCORDING TO GROUND-BASED MAX-DOAS OBSERVATIONS

Wang P.[1], Wang T.[1,2], and Van Roozendael M.[2]
[1] *Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China*
[2] *Belgian Institute for Space Aeronomy, Brussels, Belgium*

The tropospheric NO2, SO2 and aerosol were retrieved from the measurement of a ground-based Multi-Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy (MAX-DOAS) in Xianghe Observatory of Northern China Plain. In this work, an algorithm for retrieving SO2 profile has been developed by combining the LIDORT radiative transfer code and Optimal Estimation Method. The retrieval SO2 data were validated by ground in-situ measurement by gas analyzer, and the good consistency was found. Then the long-term observational data of SO2 and NO2 column amount were also used to validate the satellite products of

SCIAMACHY, OMI and GOME2, and quite large differences were found among them. And an improved method for retrieving the SO2 and NO2 from satellite measurement was proposed. It was shown that the correct calculation of air mass factor is vital for correctly retrieving SO2 from satellite measurements. These data was also employed to study the change trend of SO2 and NO2 and seasonal variational characteristics and its relationship to emission sources and meteorological conditions.

PM2.5 POLLUTION IN CHINA

Wang G., Wang P.
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

There is a serious situation for PM2.5 pollution in China at present. Among 74 cities starting PM2.5 monitoring in 2013, about 92% cities, in which the PM2.5 concentration exceeds the state standard limit value. The most polluted areas in China are Beijing-Tianjin-Hebei region, Yangtze River Delta region and the Pearl River Delta region. Some poisonous species, such as heavy metals, containing in PM 2.5 may have a direct influence on the human health. Some research results indicate that diseases such as respiratory system, cardiovascular system are evidently affected by PM2.5 pollution. Moreover, PM2.5 concentration is directly related to lung cancer, but some key problems, like PM2.5 toxicology, exposure--response relationship and etc. should be deep-going studied.

INFLUENCE OF AEROSOL EFFECTS ON SURFACE SOLAR RADIATION: OBSERVATION AND SIMULATION

Xia X.
LAGEO, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

Aerosols directly modulate surface global solar radiation (SSRg) via their direct scattering and absorbing effects. More important, aerosols affect the partitioning between surface direct and scattering solar radiation (SSRd, and SSRs), which is related to research topics such as

crop growth, carbon cycling, and solar energy. Different aerosol types are characterized by different aerosol physical and optical properties that determine their scattering and absorbing capability and thereby their effects on the partitioning between SSRd and SSRs. In this study, nine-year worth of surface observations of SSRg, SSRd and SSRs as well as aerosol optical properties at Xianghe, a suburban station located in North China Plain, are used to study how different aerosol types affect SSRg, SSRd and SSRs. Parameterization scheme is proposed to describe the relationship between aerosol optical depth and SSRg and its components.

MODELING OF HAZE FORMATION IN BEIJING

Zhang M.
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

The air quality modeling system RAMS-CMAQ coupled with an aerosol optical property scheme was applied to simulate the meteorological field, major aerosol components (sulfate, nitrate, ammonium, black carbon, organic carbon, dust, and sea salt), and surface visibility over the North China Plain (NCP) in 2011. The modeled results in February and July 2011 were selected and analyzed to obtain an in-depth understanding of the haze formation mechanism in Beijing in different seasons. The evaluations suggested that the modeling system provided reliable simulation results of meteorological factors (temperature, relative humidity, and wind field), visibility, mass concentrations of gaseous pollutants (NO_2 and O_3), and major aerosol components in $PM_{2.5}$ by compared with various observation data at several measurement stations over NCP. The simulation results showed that the visibility below 10 km covered most regions of NCP and dropped below 5 km over the urban areas of Beijing, Tianjin, and Shijiazhuang during the pollution episodes in February and July. The heavy particulate pollutants were concentrated in the same areas as well. The heavy loading of $PM_{2.5}$ which could reach 300 μg m^{-3} in Beijing should be the main reason of haze occurrence in February, and the visibility generally decreased to 3–5 km when the mass concentration of $PM_{2.5}$ exceeded 200 μg m^{-3}. However, similar values of visibility also appeared in July when the mass concentration of $PM_{2.5}$ was merely in the range of 120 μg m^{-3} to 200 μg m^{-3}. Analysis presented that nitrate, sulfate, and ammonium were the three major aerosol components in Beijing and their total mass burden

was even higher in July than that in February. Thus, the significantly higher relative humidity and larger mass proportion of soluble aerosol components resulted in more haze days in July. Sensitivity test shows that the mass concentration threshold of $PM_{2.5}$ to cause haze occurrence was about 80 μg m^{-3} when the relative humidity was 70% in Beijing. The change of aerosol size distribution can significantly influence the threshold of haze occurrence in Beijing, particularly for particles of smaller size.

Секция 2. Эволюция наземных и морских экосистем в условиях естественных и антропогенных изменений климата

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ ОСТРОВОВ ЗЕМЛИ ФРАНЦА-ИОСИФА В ГОЛОЦЕНЕ

Анисимов М. А. [1,2], **Барляев А.Э.** [1]
[1]*Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия,*
[2]*Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия.*
ama_geo@mail.ru, aleftinbarliaev@yahoo.com

В работе рассматривается изменение положения береговой линии на архипелаге Земля Франца-Иосифа в голоцене. В результате эвстатических изменений уровня мирового океана и гляциоизостатических поднятий территории архипелага, осложненных тектоническими блоковыми движениями, на островах сформировались серии террасовых уровней. Представленные выводы являются обобщением опубликованных данных, дополненных нашими полевыми исследованиями.

Особое место занимает Земля Александры. Остров разделен мощным береговым валом, протянувшимся от купола Лунный до купола Кропоткина. Севернее вала поверхность острова покрыта морскими отложениями, южнее – флювиогляциальными с незначительными участками морских отложений. Различие в радиоуглеродных датировках террасовых комплексов бухт залива Дежнева и северного берега позволяют нам выделить несколько этапов формирования береговой линии Земли Александры в голоцене:

- С начала дегляциации острова до 8200 лет назад: характеризуется небольшим превышением скорости эвстатического повышения уровня моря по сравнению, вызывающим трансгрессию;

- 8200 – ? лет назад: изменение соотношения в обратную сторону и, как следствие, регрессия;
- Около 6700 лет: мощная трансгрессия вместе с повышением ледовитости, формирование центрального берегового вала;
- 6700 лет – наше время: скорость компенсационного гляциоизостатического поднятия выше эвстатического повышения уровня моря, регрессия, стабильное увеличение площади острова.

На основании анализа серии террасовых рядов, полученных с разных островов архипелага, были выявлены различия в скорости гляциоизостатического поднятия островов и особенности дегляциации территории в голоцене.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРЫ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ АНТАРКТИКИ НА РАЗЛИЧНЫХ ВРЕМЕННЫХ МАСШТАБАХ

Артамонов А.Ю., Репина И.А.
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия
arseniy@ifaran.ru

Работа посвящена исследованию проявлений глобальных климатических изменений в прибрежных областях Антарктического континента. Эта важная фундаментальная проблема, решение которой позволяет уточнить наши представления о механизмах формирования регионального климата, оптимизировать решение прикладных и экологических задач. Сложность проблемы заключается в том, что она требует комплексного многоуровенного подхода с изучением изменчивости характеристик океана и атмосферы на разных пространственно-временных масштабах. Ключевым вопросом является понимание особенностей перераспределения энергии крупномасштабных межгодовых колебаний на сезонном, синоптическом и внутрисуточных масштабах. Современные теоретические модели взаимодействия океана и атмосферы пока далеки от совершенства и в силу грубости аппроксимации и не позволяют однозначно трактовать особенности формирования региональных условий в системе

океан-атмосфера. Очевидно, что без изучения реальной высокочастотной изменчивости характеристик в пограничных слоях океана и атмосферы невозможно успешное развитие как моделирования атмосферной циркуляции, так и создаваемых на его основе методов долгосрочного и сверхсрочного прогнозирования погоды и климата.

Особый интерес представляет исследование влияния на теплообмен в приповерхностном слое температурных и структурных (морфометрических) неоднородностей поверхности. Корректная оценка величин теплообмена с использованием стандартной гидрометеорологической информации требует предварительного исследования особенностей турбулентного режима в приземном слое атмосферы. Таким образом, как использование старых, так и разработка новых параметрических схем расчетов должны в первую очередь опираться на данные прямых (пульсационных) измерений параметров приземного слоя атмосферы. В зависимости от типа поверхности при одинаковых метеоусловиях значение потока может измениться в несколько раз.

В процессе работы проводились исследования энергообмена атмосферы и подстилающей поверхности с помощью инструментальных измерений потоков тепла и импульса в приповерхностном слое атмосферы при различных типовых фоновых условиях. Часть исследований состоит в изучении влияния структурных и температурных неоднородностей подстилающей поверхности на энергообмен в приземном слое атмосферы и определении связи турбулентных потоков тепла и количества движения со свойствами тающей и испаряющейся поверхности снега.

Для измерений турбулентных потоков использовался прямой или ковариационный метод. Мониторинг состояния поверхности проводился при помощи дистанционных и контактных методов. Полученные экспериментальные данные позволяют улучшить понимание механизмов турбулентного обмена между атмосферой и подстилающей поверхностью в условиях полярного лета.

Работы по исследованию теплового взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью были проведены на станции Беллинсгаузен в летние сезоны 2002, 2003, 2007 и 2009 года (январь-март). Основная цель исследований — получение экспериментальных данных о взаимодействии атмосферы с подстилающей поверхностью на различных пространственных масштабах.

Было выявлено, что во время восточных и южных ветров континентального характера холодные, сухие воздушные массы подавляют приземный энергетический баланс и препятствуют таянию. Открытие связи абляции ледников с синоптической ситуацией ценно еще тем, что позволяет объяснить разницу в климате различных районов Антарктического полуострова. Эта разница в климатических условиях предполагает, что существует и различие в формировании энергообмена между атмосферой и подстилающей поверхностью.

Измерения потоков тепла выявили четкий суточный ход интенсивности теплообмена. Во всех случаях дневных измерений поток тепла положителен, то есть, направлен от поверхности. Его значение изменяется от десятков до сотен Вт/м2 в зависимости от метеоусловий. Ночью значения потоков небольшие. Наблюдаются и отрицательные величины. Обнаружена межгодовая изменчивость характеристик обмена. Например, в 2009 выявлены более резкие различия в значениях ночных и дневных потоков. Анализ данных показал, что при общем качественном подобии в поведении характеристик энергообмена в различные годы, наблюдаются отличия, связанные с локальной климатической изменчивостью.

Литература

1. Артамонов А.Ю., Бучнев И.А., Репина И.А. Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью в летний период в зоне Антарктической конвергенции // Проблемы Арктики и Антарктики. 2007. Вып. 76. С. 14-23.

2. Репина И.А., Бобков С.А. Теплофизические свойства льда и разных типов открытой поверхности в районе Антарктического полуостров // Метеорология и Гидрология, 2007. №9. С. 74-80.

3. Репина И.А., Бучнев И.А. Исследование энергообмена атмосферы и подстилающей поверхности на станции Беллинсгаузен. В сб. «Состояние природной среды Антарктики» под ред. В.В. Лукина, Спб, 2002, ч.3, стр. 23-28.вв

4. *Романов В.Ф., Арискина Н.В., Васильев В.Ф., Лагун В.Е.* Энергетика атмосферы в полярных областях. Л.: Гидрометеоиздат. 1987. 296 с.

5. Kwok R., Comiso C. Spatial patterns of variability in Antarctic surface temperature: Connections to the Southern Hemisphere Annular Mode and the Southern Oscillation // Geophys. Res. Let. 2002. Vol. 29, № 14. P. 501–504.

РАЗВИТИЕ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Бобрик А.А., Гончарова О.Ю.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
ann-bobrik@yandex.ru

Как экосистемы севера Западной Сибири в зоне островного распространения многолетнемерзлых пород развиваются в условиях естественного изменения климата? Ответить на этот вопрос можно, оценив особенности их функционирования, что и является целью нашего исследования.

Природные условия. Район исследования расположен на севере Западной Сибири (Надымский район, Тюменская область, ЯНАО; 65°18' С, 72°52' В) в пределах северной границы распространения северной тайги. Для района исследования характерны суровые климатические условия: продолжительный зимний период, низкие среднегодовые температуры воздуха (-5°С), количество осадков варьирует от 450 до 650 мм в год [3].

Экосистемы территории резко контрастируют и четко подразделяются на 2 основных типа, отличающихся по степени гидроморфизма и наличию многолетнемерзлых пород (ММП). Это (1) автоморфные залесенные экосистемы без ММП, представленные березово-лиственничными и березово-сосновыми кустарничково-лишайниковыми редколесьями, и гидроморфные экосистемы: (2) пушицево-осоково-сфагновые олиготрофные болота без ММП, (3) мерзлые плоскобугристые торфяники с расположением ММП в пределах 1-2 м и морошково-багульниково-сфагново-лишайниковым покровом. Именно эти три типа экосистем были выбраны в качестве объектов исследования.

Особенности функционирования почв объектов исследования рассмотрены на основе температурных характеристик, данных по почвенному дыханию (эмиссия углекислого газа) и глубине сезонного протаивания (мощность сезонно-талого слоя почвы).

Результаты и обсуждения. Исследователей во всем мире давно беспокоит проблема деградации многолетнемерзлых пород, связан-

ная с глобальным изменением климата и парниковым эффектом. В связи с тем, что криогенные экосистемы функционируют в условиях жесткого дефицита тепла, они являются наиболее чувствительными даже к небольшим изменениям температурного режима.

Проделанный нами анализ климатических данных региона, взятых для метеостанции «Надым» за последние 40 лет, показал, что происходит общее существенное потепление климата региона (увеличение температуры воздуха в среднем с -7°С до -4°С). В основном это связано с уменьшения суровости зим.

В районе исследования на относительно небольших пространствах функционируют почвы с различными температурными режимами – мерзлотным очень холодным (торфяники) и немерзлотным холодным (лес) – контрастно различающиеся по основным температурным показателями. Основной причиной этого является наличие островов близкозалегающих многолетнемерзлых пород, что делает их уникальным фактором, определяющим функционирование экосистем.

Многолетние наблюдения за особенностями функционирования северотаежных экосистем Западной Сибири показали, что криогенные почвы района исследования характеризуются высокой буферностью по отношению к изменяющимся климатическим параметрам, что обусловлено наличием в почвенном профиле торфяной толщи с низкой температуропроводностью.

Взаимодействие криогенных экосистем с атмосферой, в частности, в процессе потепления климата, чрезвычайно важно для общей судьбы биосферы. Основная масса углерода, связанного в органическом веществе надмерзлотного торфа и торфа, заключенного в многолетнемерзлых породах, освобождается в аэробных условиях гетеротрофными организмами, образующими главный поток CO_2. Выделение углекислого газа почвой (почвенное дыхание) является важным интегральным показателем биологической активности почв и зависит как от почвенных свойств, так и термодинамических условий.

Максимальные величины эмиссии углекислого газа (213±17 мгCO_2/(м^{2}ч)) наблюдаются в лесном биогеоценозе. Причиной этого является высокая биологическая активность, обусловленная повышенной теплообеспеченностью лесных почв по сравнению с почвами других экосистем [1]. На плоскобугристом торфянике и болоте эмиссия относительно ниже и составляет 92±33 и 125±19 мгCO_2/(м^{2}час) соответственно.

Проделанные нами измерения и статистический анализ данных по продуцированию углекислого газа почвами района исследования

за последние 5 лет (2009-2013 гг.) показали, что объекты достоверно отличаются по величине эмиссии углекислого газа и средние значения за 5 лет измерений практически совпадают.

Установлено, что мощность сезонно-талого слоя варьирует в широких пределах и составляет в среднем 100 см для торфяников. Анализ многолетних наблюдений (1997-2005 гг.) за динамикой мощности сезонно-талого слоя почв исследуемых объектов показал, что варьирование этого показателя на одной точке может быть велико и напрямую не связано с трендом температур воздуха [2]. При этом тренд увеличения протаивания в этих почвах четко следует повышающемуся климатическому тренду.

Болотные экосистемы способны связывать CO_2 атмосферы на длительный период, аккумулируя его в органическом веществе торфа. Наличие многолетнемерзлых пород гарантирует его стабильность и, следовательно, устойчивость экосистем. Но в условиях наблюдающегося потепление климата происходит процесс минерализации торфа торфяников. Как следствие, в скором времени возможна смена северотаежных экосистем на бореально-лесные, и переход торфяных экосистем севера Западной Сибири из стока углерода в его источник.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №13-04-01577.

Литература

1. Гончарова О.Ю., Матышак Г.В., Бобрик А.А., Москаленко Н.Г. Продуцирование диоксида углерода почвами северной тайги Западной Сибири (Надымский стационар) // Криосфера Земли. 2014. № 2, С.66-71.

2. Комплексный мониторинг северотаежных геосистем Западной Сибири/ отв. редактор В.П.Мельников; Рос.акад.наук, Сиб. Отд-ние, Институт криосферы Земли. – Новосибирск: Академическое изд-во “Гео”, 2012. – 207 с.

3. Матышак Г.В. Особенности формирования почв Севера Западной Сибири в условиях криогенеза/ Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 2009.

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МОРФОЛОГИИ КРУПНЫХ ЗАПАДИН ПРИАЗОВЬЯ

Захаров А.Л., Константинов Е.А.
Институт географии РАН, Москва, Россия
zaanleo@gmail.com

Протяженные междуречья Приазовья часто осложнены специфическим крупно-западинным рельефом. Общая черта присущая этим замкнутым понижениям – размеры, исчисляемые квадратными километрами. Однако существуют признаки, по которым западины существенно различаются. Группы западин со схожей морфологией и пространственным распространением объединяются в шесть ареалов в окрестностях Приазовья (Ейский п-ов, верховье р. Кагальника, Пролетарское вдхр., Таганрогский п-ов, междуречье р. Днепра и р. Молочной, Прикубанская низменность), так же встречаются крупные западины, расположенные отдельно от них. Местное название данных форм – пади, поды, лиманы. Западины имеют глубины от 3 до 20 метров, а их размеры изменяются в прямой зависимости от глубины от 0,5 км^2 до ~200 км^2. Концентрация западинных форм варьирует, но наивысшая достигается на южном побережье Таганрогского залива, в особенности на Ейском полуострове, где их насчитывается более сотни. Проблема происхождения западин освещена в литературе недостаточно. Анализ опубликованных материалов, касающихся данной темы [3, 4, 5, 6, 7], показал, что проблема проработана недостаточно глубоко, а выводы авторов зачастую не подкреплены фактическими геолого-геоморфологическими данными. Так или иначе, исследователями в разные годы выдвигался ряд гипотез: термокарстовая, карстово-суффозионная, просадочная, лиманно-озерная, эоловая, гетерогенная (включает совокупность нескольких факторов). Ни одна из перечисленных гипотез пока не нашла как полного подтверждения, так и окончательного опровержения. Все это делает проблему происхождения западин Северо-Восточного Приазовья актуальной научной задачей, представляющей большой интерес для естествоиспытателей.

Ареалы западинного мезорельефа расположены южнее границы проникновения оледенения – в области распространения лессовых отложений, накопленных здесь в плейстоцене во времена похолода-

ний, когда на территории Приазовья господствовали криоаридные условия [1]. Пространства, занятые падями, выделяются выровненным характером рельефа и практическим отсутствием современных, и часто даже реликтовых крупных эрозионных форм.

На основе изучения космических снимков и цифровых моделей рельефа (в основном SRTM-3), а так же данных непосредственного полевого изучения некоторых отдельных западин произведен морфологический анализ материалов. В результате анализа крупнозападинного рельефа в выделенных ареалах установлены признаки сходств и различий по многим критериям выделения западин. Так, плановые очертания западин среди ареалов меняются от несимметричных до каплевидных и овальных. Ориентированность осей западин (если ось имеется) может быть одинакова у близлежащей группы падей, но может и совпадать среди всего ареала, как например, на Ейском полуострове. Распределение площадей западин может быть как равномерным, так и нет. В ряде случаев обнаружено взаимодействие эрозионной сети с западинами, и во всех случаях есть причины предполагать более древний возраст падей по сравнению с окрестным эрозионным рельефом [2]. С другой стороны, обнаруженный лиманный рельеф на Кубани, имеющий сходства в очертаниях с исследуемыми западинами, ставит вопрос об очерёдности формирования лиманов и депрессий.

Авторская методика морфологического анализа исследуемого типа рельефа ставит ряд ограничений, главным образом касающихся минимальной площади западин, которая может быть различима на цифровой модели рельефа с пространственным разрешением 90 метров. Однако такое разрешение удовлетворяет целям исследования мезорельефа. Точность модели (вертикальная и пространственная) была неоднократно подтверждена инструментальными методами (геодезия).

В настоящее время стоит вопрос о происхождении западин Приазовья. Данная проблема требует, помимо анализа данных дистанционного зондирования, применения геологических методов. В качестве района углубленного исследования западинного мезорельефа, отделом Эволюционной географии выбран ареал на Ейском полуострове, где за последние два года был получен обширный фактический материал.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-05-31481 мол_а и 13-05-41340 РГО_а

Литература

1. *Величко А.А., Морозова Т.Д., Борисова О.К. и др.* Становление зоны степей юга России (по материалам строения лёссово-почвенной формации Доно-Азовского региона) // ДАН, 2012. Т. 445. № 4. С. 464-467.

2. Захаров А.Л. Константинов Е.А. Морфология западинного рельефа Восточного Приазовья // Сб. статей «Геоморфологи. Новое поколение» – отв. ред. Кладовщикова М.Е., Лихачева Э.А. 2013. С. 5-13.

3. *Канонников А.М.* Природа Кубани и Причерноморья. Кн. Изд-во. Краснодар, 1977. 112 с.

4. Левандовский П.А. Геоморфология и геоморфологическое районирование Приазовской низменности // Уч. зап. Краснодарского гос. пед. ин-та. Естеств.-геог. ф-т. Вып. 17. Изд-во Советская Кубань. Краснодар, 1956. С. 19-32.

5. Молодых И.И. Инженерно-геологические основы изучения территорий регионального распространения западинных форм рельефа Украинской части Русской платформы в связи с мелиоративным строительством // Киев, 1982. С. 212-239.

6. Сафронов И.Н. Геоморфология Западного и центрального Предкавказья // Вопросы геогр. С-З Кавказа и Предкавказья. Изд-во Кубанского государственного ун-та. Краснодар, 1973. С. 4-39.

7. Kleschenkov A. The use of digital elevation model for study of the paleogeography of the Azov sea region // 2010 annual meeting INQUA-SEQS. Rostov-on-Don, 2010. P. 72-74.

ЭМИССИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА МИКРОБНЫМ КОМПОНЕНТОМ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Иващенко К.В. [1], Васенев В.И. [2], Ананьева Н.Д. [1, 2]

[1]Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино, Россия

[2]Лаборатория агроэкологического мониторинга, моделирования и прогнозирования экосистем, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

ivashchenko-kv@rambler. ru

Почвенные микроорганизмы обеспечивают основной поток диоксида углерода (CO_2) из почвы в атмосферу и оптимальное функционирование наземных экосистем [2, 5]. Концентрация CO_2 в атмосфере постоянно растет (за последние 260 лет – на 40%), а вклад этого газа в изменение климата составляет весомую долю (40-50%) по сравнению с другими парниковыми газами [6]. Исследователи считают, что одной из основных причин увеличения концентрации CO_2 в атмосфере является не только сжигание ископаемого топлива,

производство цемента, но и изменение землепользования [7]: интенсивная распашка, вырубка лесов, урбанизация. Одной из современных тенденций преобразования почвенного покрова является растущая площадь урбоэкосистем и, как следствие, формирование городских почв, вклад которых в продукцию атмосферного CO_2 мало изучен. Наша работа нацелена на изучение состояния микробного компонента почв и его дыхательной активности (продуцирование CO_2) в мегаполисе, средних и малых городах (на примере Московской области).

Объекты исследования – городские почвы мегаполиса (Москва, численность населения около 12 млн чел.), средних (Дубна, Воскресенск, Сергиев-Посад, 50-100 тыс.) и малых (Шатура, Пущино, Серебряные Пруды, ≤50 тыс.) городов Московской области, в которых диагностировали рекреационную, селитебную и промышленную функциональные зоны. В каждой зоне выбирали от трех до пяти пространственно-удаленных точек (в Москве – 15), из которых отбирали (август-сентябрь) образцы почв из верхнего 10 см минерального слоя (n = 128). В образцах почв определяли содержание углерода микробной биомассы ($C_{мик}$) методом субстрат-индуцированного дыхания [1, 4], скорость базального (микробного) дыхания (БД), физико-химические показатели ($C_{орг}$, pH, N, P, K, Cu, Pb, Cd, Ni, Zn, гранулометрический состав) и рассчитали отношение БД / $C_{мик}$ = qCO_2 и $C_{мик}$ / $C_{орг}$, характеризующие экофизиологический статус микробного сообщества и «качество» $C_{орг}$ почвы соответственно.

Содержание $C_{мик}$ в почве варьировало от 57 до 1055 мкг С $г^{-1}$, БД – от 0.13 до 2.37 мкг CO_2-С $г^{-1}$ $ч^{-1}$, qCO_2 – от 0.65 до 6.26 мкг CO_2-С $мг^{-1}$ $C_{мик}$ $ч^{-1}$ и отношение $C_{мик}$ / $C_{орг}$ – от 0.17 до 10.29%. Коэффициент вариации показателей $C_{мик}$ и БД почв мегаполиса и средних городов составил в среднем 58 и 49% соответственно, а малых городов – ниже (40 и 47% соответственно). Показано, что в почве мегаполиса и средних городов величина $C_{мик}$ в среднем ниже (305 ± 217 и 354 ± 178 мкг С $г^{-1}$, n = 44 и 44 соответственно), а малых – выше (410 ± 218 мкг С $г^{-1}$, n = 40). Содержание тяжелых металлов в почве (Pb, Cu и Zn) мегаполиса в среднем выше, чем малых городов (в 2.5, 2.4 и 2.3 раза соответственно).

Показано, что в промышленной зоне изученных городов величины $C_{мик}$ и БД были в среднем значимо ($p \leq 0.05$) ниже, чем в рекреационной и селитебной (в 1.4-2.7 и 1.2-2.1 раза соответственно),

а показатели $C_{мик}$ / $C_{орг}$ и qCO_2 для этих зон – практически не различались.

Для территории Москвы рассчитали потенциальную (микробную) эмиссию диоксида углерода почвами в атмосферу. Городские почвы Москвы (или «незапечатанные территории») составляют около 753 км^2 (или 30% общей территории мегаполиса [3]). Если учесть микробное продуцирование CO_2 (потенциальное) почвами верхнего 10 см слоя, то эмиссия этого газа в атмосферу составит 45.2 тонны C-CO_2 ч$^{-1}$. Почвы рекреационной, селитебной и промышленной зон (площадь 270, 320 и 150 км^2) будут эмитировать в атмосферу 22.4, 16.3 и 6.9 тонн C-CO_2 ч$^{-1}$ соответственно. Если учесть, что городские почвы являются преимущественно источником этого парникового газа, а не его стоком (естественные экосистемы – сток CO_2), то есть основания полагать, что почвы крупных городов могут вносить существенный вклад в эмиссию CO_2 из почвы в атмосферу. Этот факт важен при расчете баланса этого парникового газа и, особенно, на локальном уровне.

Таким образом, в почве мегаполиса и средних городов Московской области величины $C_{мик}$ и БД были в среднем ниже, чем малых. В промышленной зоне городов отмечено уменьшение $C_{мик}$, БД, по сравнению с другими функциональными зонами, что свидетельствует об «ухудшении» функционирования почвенного микробного сообщества при увеличении антропогенной нагрузки. Почвы городов могут служить весомым источником поступления CO_2 в атмосферу.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ № 12-04-00097, Правительства РФ № 11.G34.31.0079, НШ-6123.2014.4 и программы Президиума РАН № 30

Литература

1. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Гавриленко Е.Г. Особенности определения углерода микробной биомассы методом субстрат-индуцированного дыхания // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1327-1333.

2. Заварзин Г.А., Кудеяров В.Н. Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестник Российской академии наук. 2006. Т. 76. № 1. С. 14–29.

3. Почва, город, экология. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.

4. Anderson J.P.E., Domsch K.H. A phisiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biology and Biochemistry. 1978. Volume 10. N. 3. P. 215-221.

5. Conrad R. Soil microorganisms as controllers of atmospheric trace gases (H_2, CO, CH_4, OCS, N_2O and NO) // Microbiological Reviews. 1996. Volume 60. N. 4. P. 609-640.

6. Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. The Physical Science Basis. Fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.

7. Friedlingstein P., Houghton R.A., Marland G. et al. Update on CO_2 emissions // Nature Geoscience. 2010. Volume 3. P. 811-812.

ТРАНСФОРМАЦИЯ РЕЛЬЕФА ПЛАКОРОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПРИАЗОВЬЯ В СРЕДНЕМ-ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ

Константинов Е.А.
Института географии РАН, г. Москва, Россия
eakonstantinov@tyandex.ru

Разрезы лёссово-почвенной формации (ЛПФ) представляют большой интерес для изучения плейстоцен-голоценовой морфодинамики плакоров внеледниковых областей Восточно-Европейской равнины. Установление взаиморасположения горизонтов лёссов и погребенных почв, а также выявление текстурных особенностей отложений (эрозионные контакты, признаки склонового переотложения и др.) позволяют с высокой детальностью реконструировать историю развития рельефа в контексте ледниково-межледниковой цикличности четвертичного периода. Северо-Восточное Приазовье один из наиболее перспективных районов для подобных исследований. Абразионные береговые обрывы Азовского моря позволяют прослеживать строение ЛПФ средне-позднеплейстоценового возраста на протяжении многих километров, что дает возможность с высокой надежностью реконструировать последовательную трансформацию рельефа плакоров за последние 400-500 тыс. лет. И здесь нельзя не отметить парадоксальность сложившейся ситуации, когда за более чем вековую историю исследований лёссов Приазовья специальных работ, посвященных палеогеоморфологическим реконструкциям, не проводилось. Большинство исследователей ограничивалось только зарисовками примерного положения стратиграфических подразделений, вскрытых в протяженных обрывах (Хохловкина, 1940; Веклич, 1968; Субаэральные.., 1981; и др.). В ряде случаев строились и более обстоятельные разрезы (Лебедева, 1972; Разрез.., 1976). Однако все подобные работы проводились лишь на качественном

уровне, на основе визуальной оценки положения горизонтов. Отчасти это упущение можно объяснить имевшейся до недавнего времени неполнотой в разработке обоснованной хроностратиграфической схемы строения ЛПФ Приазовья. Работы последних лет (Величко и др., 2006, 2009, 2012) восполняют этот пробел. Основные фазы формирования педокомплексов (ПК) Приазовья соотносятся с межледниковыми эпохами и морскими изотопными стадиями (MIS): мезинский ПК - микулинское межледниковье, MIS 5e, ~135-117 тыс.л.н.; каменский ПК - каменское, MIS 7, ~190-220 тыс.л.н.; инжавинский ПК - лихвинское, MIS 9, ~300-340 тыс.л.н.; воронский ПК - мучкапское межледниковье, MIS 13, ~470-500 тыс.л.н. Предложенная педостратиграфическая схема базируется на комплексе данных: соотношении с подстилающими лиманно-аллювиальными уровнями, палеофаунистических определениях, палеомагнитных характеристиках, а также данных физического датирования (^{14}C и OSL).

Для проведения палеогеоморфологических исследований был выбран ряд ключевых участков на побережье Таганрогского залива: Мелекино, Беглица, Семибалки, Шабельское. Ключевые участки принадлежат разновозрастным лиманно-аллювиальным террасовым уровням с дифференцированным по мощности и сложности строения лёссово-почвенным комплексом. Полевые работы включали инструментальную фиксацию стратиграфических подразделений в двух направлениях: вдоль береговых обрывов, а также в поперечных створах на основе данных бурения. Фиксировалось: положение кровли палеопочвенных уровней; эрозионные контакты в толще отложений – погребенные поверхности размыва; специфика структуры, цвета и текстуры отложений, отмечались включения и новообразования. Диагностика погребенных почв в береговом обнажении и скважинах проводилась на основе морфотипических признаков, разработанных Т.Д. Морозовой, и опиралась на детально изученный с применением комплекса аналитических методов (литолого-геохимического, палеопедологического, микроморфологического, палеомагнитного, палеофаунистического) опорный разрез.

По результатам проведенных палеогеоморфологических исследований установлено, что главные черты эрозионной сети, представленной в рельефе территории балочно-суходольным комплексом, были сформированы уже к началу мучкапского межледниковья (MIS 13). Начиная с того времени и до наших дней, крупные магистральные балки сохранили фиксированное положение на местности, оста-

ваясь выраженными в рельефе даже на этапах преобладающей лёссовой и склоновой аккумуляции. Мезорельеф обособившихся к мучкапскому времени плакорных участков развивался до начала валдайской эпохи в условиях преобладающего лёссонакопления (свойственной ледниковьям), которое прерывалось этапами (межледниковья) относительной стабилизации поверхности и развития почвообразования. Облекающий характер залегания палеопочвенных уровней, отсутствие стратиграфических несогласий и эрозионных контактов в разрезах для интервала воронский ПК – мезинский ПК указывают на то, что процессы сноса на плакорах характеризовались невысокой интенсивностью и не приводили к существенной трансформации рельефа на довалдайском этапе. Накопление лёссов в гляциоэпохи вело главным образом к повышению общего уровня поверхности при сохранении основных морфологических черт и вуалировании форм микрорельефа. Выявленные в береговых обнажениях и на буровых профилях стратиграфические несогласия и эрозионные контакты, выклинивающие мезинский ПК, указывают на послемикулинский этап активизации процессов сноса на плакорах. Характер эрозионных контактов и строение заполнения послемикулинских эрозионных врезов позволяют соотнести фазу врезания и последовавшую за ней фазу аккумуляции (выполнения врезов) с концом валдайской эпохи. Процессы денудации проявились в углублении балок и регрессивном росте балочных отвершков в глубь водораздельных поверхностей, а также в активизации склоновых процессов (делювиального смыва и, возможно, солифлюкции). Среди вероятных причин, вызвавших интенсивный поздневалдайский снос на плакорах, выделяются следующие: 1) специфическая криоаридная климатическая обстановка позднего валдая, которая сказалась на снижении устойчивости субстрата (через разреженный растительный покров и глубокое сезонное промерзание); 2) значительное падение базиса эрозии (Азово-Черноморского бассейна), усилившее регрессивный рост эрозионной сети; 3) общий рост поверхностного стока и его неравномерность в позднеледниковье.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-05-41340 РГО_а и 14-05-31428 мол_а

Литература:

1. Величко А.А., Като Н.Р., Кононов Ю.М. и др. К оценке тренда аридизации юга России по результатам исследований разреза Семибалки-1, Приазовье // Современ-

ные проблемы аридных и семиаридных экосистем юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. С. 108-133.

2. Величко А.А., Катто Н.Р., Тесаков А.С. и др. Особенности строения плейстоценовой лёссово-почвенной формации юга Русской равнины по материалам Восточного Приазовья // ДАН, 2009. Т. 428, № 6. С. 815–819.

3. Величко А.А., Морозова Т.Д., Борисова О.К. и др. Становление зоны степей юга России (по материалам строения лёссово-почвенной формации Доно-Азовского региона) // ДАН, 2012. Т. 445. № 4. С. 464-467.

4. Веклич М.Ф. Стратиграфия лёссовой формации Украины и соседних стран. Киев: Наукова думка, 1968. 238 с.

5. Лебедева Н.А. Антропоген Приазовья. Тр. ГИН АН СССР. Вып. 215. М.: Наука. 1972. 136 с.

6. Разрез новейших отложений северо-восточного Приазовья. Под ред. Академика *К.К. Маркова.* М.: Изд-во Московского ун-та, 1976. 159 с.

7. Субаэральные отложения Северного Приазовья / *Мацуй В.М., Христофорова Т.Ф., Шелкопляс В.Н.* Киев: Наук. думка, 1981. 152 с.

8. Хохловкина В.А. Террасы Азовского побережья между Ростовом и Таганрогом // Тр. ГИН АН СССР. вып. 28, геол. серия (№ 8). 1940. С. 71-89.

РАЗВИТИЕ РЕЛЬЕФА ВНУТРЕННИХ ДОЛИН ХИБИНСКОГО МАССИВА В УСЛОВИЯХ ДЕГЛЯЦИАЦИИ (ПОЗДНИЙ ПЛЕЙСТОЦЕН - ГОЛОЦЕН)

Константинова Н.Г.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

novikovnadia@rambler.ru

Несмотря на значительный объём собранных материалов и обилие разнообразных гипотез и реконструкций, появившихся ещё в XIX веке, интерес к восстановлению истории развития рельефа гор Кольского полуострова по-прежнему высок. Одним из ключевых вопросов остаётся история формирования и позднейшая динамика рельефа долин и связанных с ними межгорных котловин, т.к. именно здесь сконцентрированы объекты, содержащие массивы палеогеографических и палеогеоморфологических данных.

В основных чертах долинная сеть Хибинского массива заложилась задолго до наступления ледниковой эпохи по трещинам и разломам, образовавшимся, как во время остывания интрузии, так и в результате длительных дифференцированных тектонических движений. Однако современный рельеф, особенно верхних звеньев эрози-

онной сети, сформировался во время деградации покровного оледенения и после него.

Кольский полуостров подвергался интенсивной экзарации ледниками, в результате чего каждое последующее оледенение в значительной степени стирало следы предыдущего. Поэтому наиболее полный и изученный разрез четвертичных отложений охватывает лишь вторую половину плейстоцена и голоцен. По последним данным на Кольском полуострове установлены отложения московского оледенения, микулинской межстадиальной трансгрессии, морена ранневалдайского оледенения, межстадиальные осадки, отложения поздневалдайского оледенения и голоценовые осадки. Фрагменты более древних образований сохранились в самых глубоких депрессиях коренного рельефа, где обнаружена доледниковая кора выветривания и другие доледниковые континентальные отложения [1,3].

По данным Svendsen J.I., В.И. Астахова и др. [3] последнее (валдайское) оледенение перекрывало весь Кольский полуостров и имело значительную мощность, однако для центральной части полуострова рядом исследователей (М.К. Граве, А.А. Никонов, В.Я. Евзеров, Б.И. Кошечкин и др.) оно разделяется на две стадии. В первую стадию покров имел максимальные мощность (предположительно, более тысячи метров) и распространение, перекрывая вершины низкогорных массивов. Во вторую стадию поверхность льда достигала средней части склонов. Одновременно с покровным оледенением, а также после него, в крупных долинах существовало горно-долинное оледенение [1,2].

Различные геоморфологические и палеогеографические условия, существовавшие во время наступания и деградации поздневалдайского ледникового покрова, а также возникновение горно-долинного оледенения обусловили формирование различных по морфологии, возрасту и происхождению комплексов рельефа и ледниковых отложений в днищах долин и котловинах.

Целью данной работы является установление особенностей развития внутренних долин Хибинского массива в позднем плейстоцене и голоцене и палеогеографические реконструкции (этапов формирования современного рельефа) для данного региона.

Наиболее благоприятными для проникновения языков покровного льда поздневалдайского времени являлись юго-западные склоны массивов, где покровный лед распространялся до отметок абс. высот 500-600 м. Наименьшее по площади развитие получили ледники до-

лин южной части гор, где они часто не спускались ниже средних частей долин, а в некоторых долинах занимали только кары. Таким образом, устанавливается следующая закономерность: чем севернее расположены долины, тем больше в них было развитие горных ледников и тем меньше по ним проникали покровные ледники.

На западных и южных склонах гор, благодаря благоприятной экспозиции, абляция происходила интенсивнее, вследствие чего здесь существовали благоприятные условия для формирования приледниковых озер. В современном рельефе их следы прослеживаются горизонтальными уровнями (древние береговые линии) на бортах долин (например, р. Малой Белой, р. Голубичной).

Для внутренних долин южной части Хибин в позднеплейстоценовое и голоценовое время характерно было развитие подпруженных краем ледника озер. Причем рельеф и история развития смежных долин, находящихся примерно в одинаковых условиях и имеющих схожую ориентировку, значительно отличается. Такими долинами являются, например, долины Поачвумйока, Вудъяврйока и руч. Снежного. Для долин р. Поачвумйок и руч. Снежный характерно наличие мощных толщ флювиогляциальных отложений. В долине руч. Снежного они слагают флювиогляциальную дельту, в настоящее время вскрытую карьером по добыче ПГС. В долине р. Поачвумйок этими отложениями сложены террасы, развитые в нижнем течении.

Во время деградации покровного ледника в пределах внутренних долин от него отчленялись массивы льда, занимавшие депрессию с озерами Малый и Большой Вудъявр. Перед краем покровного льда накопились мощные толщи флювиогляциальных и озерных отложений. Приледниковый водоем между горными ледниками на севере и покровным ледником на юге существовал, вероятно, в течение непродолжительного времени. Осадконакопление в оз. Купальном, судя по материалам Д.Б.Денисова, началось в конце пребореального – начале бореального периода [2].

Следы горного оледенения представлены в основном холмисто-западинными каровыми моренами, а в некоторых долинах, выходящих за пределы кара, и серией конечно-моренных форм голоценого и более древнего возраста. Во время отступания покрова сохранялись условия для существования горных ледников, которые в пределах западной части Хибин также испытали несколько этапов активизации и спускались до абс. отметок 400-500 м. Деградация горно-

долинных ледников носила характер ареальной дегляциации, когда происходило отчленение и пассивное таяние неподвижных глыб льда, в результате чего в днищах каров и троговых долин сформировался своеобразный холмисто-западинный рельеф абляционной морены.

Многочисленные детали строения рельефа и рыхлых отложений южной и центральной частей гор указывают на существенно меньший объём последнего ледникового щита, с одной стороны, и на гораздо более сложную картину дегляциации, с другой.

Литература

1. *Арманд А.Д.* Развитие рельефа Хибин и Прихибинской равнины. Апатиты, 1964. 244 с.

2. *Евзеров В.Я., Николаева С.Б.* Покровные и горные оледенения позднего плейстоцена и голоцена в районе Хибинских гор. // Геоморфология, 2010. №1.

3. *Svendsen J.I. et. all.* Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // Quaternary Science Rewiews 23, 2004. p. 1229-1271.

ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПРИКАСПИЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ ПО МАТЕРИАЛАМ ИЗУЧЕНИЯ РАЗРЕЗА ЗАПАДНЫЙ ЧЕЛЕКЕН

Курбанов Р.Н.
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
roger.kurbanov@gmail.com

Полуостров Челекен расположен в приморской части Западно-Туркменской низменности. Это брахиантиклинальная складка, сложенная в ядре неогеновыми породами, а по периферии разнообразными отложениями плейстоцена, по бортам разбитая разрывными нарушениями, с активными проявлениями грязевого вулканизма и высокой тектонической активностью [2].

Морской плейстоцен Челекена, как и всего каспийского побережья Туркмении, изучен слабо. Первые исследования были выполнены В.Н.Вебером и К.П.Калицким [1] более стал лет назад. Последние крупные работы П.В.Федорова [4] и Л.А.Невесской [3] появились более пятидесяти лет назад. За последующее время на Челекене

авторами при детальном изучении опорных разрезов получен новый фактологический материал. Возникла настоятельная необходимость его обработки. В первую очередь были выполнены малакофаунистические исследования (как основа биостратиграфического расчленения) и радиоуглеродный анализ. В ходе исследований применялись геоморфологический и литофациальный методы.

В 2008-2013 годах нами при системном изучении вскрытых в клифе опорных разрезов Западного Челекена были установлены все подразделы неоплейстоцена Каспийского региона. Из них фаунистически охарактеризованными оказались уруджикские, раннехвалынские и новокаспийские отложения.

Образцы из наиболее представительного разреза СН-3 Западного Челекена, в котором представлены песчаные, супесчаные и суглинистые отложений хазара, верхней хвалыни и новокаспия, были подвергнуты гранулометрическом анализу. Полученная в результате песчаная фракция 0,25-0,5 была изучена под бинокуляром, для 19 образцов был определен минералого-петрографический состав легкой и карбонатность. Особое внимание уделялось выделению зерен и обломков горных пород аллахтонного генезиса, т.е. привнесенных в бассейн седиментации флювиальными и эоловыми агентами.

Анализ результатов минералого-петрографического состава представленного в таблице 7 позволяет сделать следующие выводы. В разрезе СН-3 четко выделяются три группы образцов: 1. СН3-0 – СН-3-5.0, соответствующих песчано-супесчаным горизонтальнослоистым новокаспийским отложениям в верхней части разреза; 2. СН-3-6.0 – СН-3-10.7, соответствующих косослоистым пескам, предположительно верхнехвалынского возраста; 3. СН-3-12.1 – СН-3-12.6, относящихся к толще буровато-коричневых ритмичных суглинков, алевритов и песков предположительно хазарского возраста.

Для первой группы образцов характерно резкое преобладание биогенного материала (до 90%), очень высокая степень окатанности и сортировки, незначительное содержание аллахтонного материала, весьма низкое содержание тяжелой фракции (доли процента).

Биогенный материал в основном представлен хорошо окатанными биокластами (50-80%), а также мелкими обломками морской фауны (детрит) и единичными мелкими раковинами гастропод. Среди обломков аллахтонного генезиса были выделены редкие зерна кварца и слюд; а также обломки седикластов (карбонатного генези-

са) и метакластов (биотит-кварцевые песчаники). В среднем содержание аллахтоного материала не превышает 5-10%.

Полученные данные позволяют говорить о прибрежно-морских условиях осадконакопления для новокаспийского времени. Характерно частое повторное вовлечение материала в осадочный процесс, что выразилось в его относительно высокой сортированности. Значительное содержание биокластов и детрита, по-видимому, указывает на благоприятные условия для развития морской фауны, т.е. относительно низкую заилённость и высокую температуру воды. Незначительное содержание экзотического материала, позволяет сделать вывод о слабом развитии флювиальных процессов и удаленности областей сноса; а наличие хорошо сохранившихся пластинок слюды (мусковит и биотит) с характерными оплавленными краями указывает на широкое развитии эоловых процессов. В эпоху формирования толщи новокаспийских песков Челекен, по-видимому, находился в значительном удалении от дистальных окончаний водных потоков, на что, в частности, указывает отсутствие тяжелой фракции в изученных образцах, а небольшое количество кварца и обломков биотит-кварцевых сланцев позволяет говорить о незначительном влиянии Узбоя на бассейн седиментации. Высокая степень сортировки и окатанности свидетельствуют о частых колебаниях уровня моря в новокаспийское время и многократной переработке материала.

Таким образом, анализ минералого-петрографического состава песчаной фракции разреза СН-3 позволяет сделать следующие выводы. На протяжении части среднего и всего позднего плейстоцена в районе полуострова Челекен существовали условия полуизолированного бассейна, куда впадала река, водность которой сильно менялась на протяжении всего периода осадконакопления. Многократная переработка материала, особенно в самом конце неоплейстоцена и в голоцене говорит и частых колебаниях уровня и активных процессах береговой абразии. Условия осадконакипления в общих чертах характеризовались аридными и семиаридными условиями, с трендом усиления аридности в конце позднего плейстоцена и в голоцене. Отмечается также активный размыв красноцветной толщи на полуострове Челекен в эпоху хазарской трансгрессии, а также активное развитие аккумулятивных форм рельефа в хвалынское и новокаспийское время, отчленявших бассейн седиментации от открытого моря. Увеличение привноса терригенного материала отмечается для

конца хазарского времени и для хвалыни, тогда как в голоцене водность Узбоя была минимальной.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 14-05-31444 мол_а и 14-05-00620 А

Литература

1. *Вебер В.Н., Калицкий К.П.* Челекен. С.-Петербург: Геологический комитет, 1911. 100 с.

2. *Леонтьев О.К., Мева Е.Г., Рычагов Г.И.* Геоморфология берегов и дна Каспийского моря. М.: Изд. МГУ, 1977. 202 с.

3. *Невесская Л.А.* Четвертичные морские моллюски Туркмении. М.: Изд. АН СССР, 1958. 112 с.

4. *Федоров П.В.* К стратиграфии каспийских отложений Прибалханского района // Советская Геология, 1946, № 11. С. 25-33.

ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ В РАЗВИТИИ ЛАНДШАФТОВ ОСТРОВОВ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

Лящевская М.С.

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
lyshevskay@mail.ru

Изменения, происходящие со временем в растительном покрове, являются объективным индикатором динамики природной среды, поскольку растительный покров напрямую зависит от климатической и экологической обстановки. Понимание процессов динамики растительного покрова в прошлом помогает выявлять естественные долговременные процессы изменения современной природной обстановки, что в свою очередь дает возможность более основательно предвидеть ее изменения в будущем. В настоящее время влиянию климатических и антропогенных изменений на развитие природной среды уделяется большое внимание в мире (Wanner et al., 2008). Актуальность этих исследований обусловлена необходимостью выявления тренда развития компонентов природной среды в ближайшем будущем.

Взаимодействие природных компонентов в условиях островной изоляции обусловливает возникновение ряда особых свойств структуры и функционирования островных геосистем (Иванов, 2009). По-

этому информация по развитию природной среды и проявлению климатических изменений на островах имеет большое значение для понимания особенностей формирования современной растительности.

Вблизи южного побережья Приморского края в заливе Петра Великого (северо-западная часть Японского моря) расположены многочисленные острова материкового происхождения, которые отличаются по площади, рельефу, местоположению на акватории залива, а также по степени антропогенной трансформации почвенно-растительного покрова. В период максимального оледенения они были объединены с материком и имели общую флору и фауну. После потепления климата часть суши была затоплена во время трансгрессии моря, отделение островов в соответствии с величинами глубин проливов проходило от 11 до 7 тыс. лет назад (Велижанин, 1976). Эволюция растительности на каждом острове протекала по-своему, что обусловило разнообразие почвенно-растительных группировок на островах. Многие виды, произрастающие на данной территории после отделения ее от материка, погибли или сохранились только в рефугиумах в наиболее благоприятных условиях. Те же виды, которые смогли приспособиться, получили возможность для увеличения своей фитоценотической значимости. Многие стали доминантами, тогда как на материке являются сопутствующими или даже редкими видами. Некоторые виды совершенно изменили экологию и биологию, приобрели стелющуюся, кустарниковую форму (Куренцова, 1973). С XIX века эта территория находится в зоне интенсивного антропогенного воздействия, в результате чего на островах произошла значительная трансформация естественных экосистем: сократилась площадь лесных массивов, снизилось биоразнообразие сообществ.

Цель работы – провести сравнительный анализ динамики растительного покрова островов залива Петра Великого в голоцене.

Во время полевых работ проводились геоботанические описания растительного покров, из почвенных и торфяных разрезов отбирались образцы на спорово-пыльцевой анализ. Для корреляции и датирования отложений и событий использовался радиоуглеродный метод.

Совокупность природных и антропогенных факторов обусловили специфику современного состояния и развитие растительного покрова островов залива Петра Великого. На крупных и средних ост-

ровах в настоящее время доминируют полидоминантные широколиственные леса, преимущественно грабово-липового состава. В результате интенсивного антропогенного воздействия острова Путятина, Фуругельма, Попова и Русский в основном покрыты дубовыми лесами паркового типа. На острове Наумова наличие крутых обрывистых берегов с труднопроходимыми кустарниковыми зарослями, помогло уменьшить антропогенную нагрузку и сохранить реликтовые грабово-липово-тисовые сообщества. На малых островах распространены полынно-кустарниково-разнотравные сообщества из-за интенсивного ветрового воздействия.

Выполненная реконструкция растительного покрова островов по спорово-пыльцевым данным выявила четыре естественные и одну антропогенную пространственно-временные смены в структуре лесных экосистем на островах залива Петра Великого в течение среднего – позднего голоцена. Характер структурных преобразований почвенно-растительного покрова естественных смен был обусловлен изменением климатического режима. В первой половине среднего голоцена (4530±180 (ЛУ-7127) л.н.) климат был теплее современного (среднегодовая температура на 2-3 градуса выше), острова были покрыты полидоминантными широколиственными лесами из термофильных пород: липы амурской, граба сердцелистного, дуба монгольского, аралии высокой, калопанакса семилопастного, бархата амурского. Похолодание около 3,5 - 3 тыс. л. н. привело к смене широколиственных сообществ на березово-широколиственные. После пика этого похолодания последовало постепенное увеличение теплообеспеченности, что способствовало формированию широколиственных и хвойно-широколиственных формаций; климатические условия были аналогичны современным. Похолодание в начале позднего голоцена (1820-1440 л.н.) способствовало сильному изменению структуры растительного покрова: доминирующими стали березово-широколиственные и полынные ассоциации, в том числе с кустарниковой березой. Дальнейшее увеличение температурного режима привело к преобразованию формационной структуры лесного покрова, связанному с увеличением доли хвойных пород (сосны корейской, сосны густоцветковой и пихты) в древесном ярусе, климатические условия были холоднее современных. Последняя пятая смена состава растительного покрова была обусловлена антропогенным воздействием. Спорово-пыльцевые комплексы соответствуют современной растительности островов – широколиственным и разреженным широколиственным лесам. Повышенное содержание пыльцы берез в подстилке островов свидетельствует о послепожар-

ных сукцессиях, а увеличение пыльцы трав и кустарников – о расширении площадей лугово-кустарниковых сообществ.

На малых островах Бычий и Мыс Островок Фальшивый на протяжении среднего-позднего голоцена были развиты только луговые сообщества из полыни и разнотравья, а вот на о-ве Фуругельма увеличение площадей, занятых луговыми и кустарниковыми сообществами произошло в конце позднего голоцена, что связано с антропогенной деятельностью человека.

Таким образом, этапы развития растительности вышеперечисленных островов залива Петра Великого достаточно четко коррелируются с флуктуациями климата среднего и позднего голоцена, а современная растительность с антропогенным влиянием.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-05-00202.

Литература

1. *Велижанин А.Г.* Время изоляции материковых островов северной части Тихого океана // ДАН. 1976. Т. 231, № 1. С. 205-207.

2. *Иванов А.Н.* Проблемы изучения ландшафтов островов // Известия Русского географического общества. Вып. 4, 2009. С. 4-11.

3. *Куренцова Г.Э.* Естественные и антропогенные смены Приморья и Южного Приамурья. Новосибирск: Наука, 1973. – 230 с.

4. *Wanner H., Beer J., Bütikofer J., Crowley T.J., Cubasch U., Flückiger J., Goosse H., Grosjean M., Joos F., Kaplan J.O., Küttel M., Müller S.A., Prentice I.C., Solomina O., Stocker T.F., Tarasov P., Wagner M., Widmann M.* Mid- to Late Holocene climate change: an overview // Quaternary Science Reviews 27, 2008. 1791-1828

ДЕГРАДАЦИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПЛОЩАДИ ОСТРОВНОЙ СУШИ, НА ПРИМЕРЕ ОСТРОВА ЗЕЛЕНЫЙ (МАЛАЯ КУРИЛЬСКАЯ ГРЯДА)

Лящевская М.С., Гребенникова Т.А., Разжигаева Н.Г.
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
lyshevskay@mail.ru

История ландшафтов Малой Курильской Гряды охватывает длительный временной интервал субаэрального развития с позднего мела-палеогена. Острова представляют собой остатки обширного сухопутного моста, существовавшего в последнюю ледниковую эпоху.

Изучение ландшафтов небольших заболоченных островов на юге гряды, полностью лишенных древесной растительности, представляет большой интерес с точки зрения миграции растительных зон во время глобальных климатических изменений и деградации лесной растительности в результате изменения площади островной суши.

Остров Зеленый представляет собой плоский выровненный участок суши, поднимающийся над уровнем океана на 10-15 м, с тихоокеанской стороны – до 24 м. В последнюю ледниковую эпоху (18-20 тыс. л.н.) уровень океана снижался на 100-130 м, и мелководные проливы закрывались, Малая Курильская гряда и Кунашир соединялись с о. Хоккайдо. В настоящее время территория о-ва Зеленый повсеместно покрыта разнообразными лугами и травяно-кустарниковыми зарослями, древесные на острове отсутствуют.

В результате изучения торфяников на побережье бух. Рудня с помощью палинологического, диатомового и радиоуглеродного методов, а также тефрохронологии были получены данные по развитию ландшафтов о. Зеленый в голоцене, т.е. с момента существования сухопутного моста, вплоть до его полного распада во время трансгрессии. Изменение общего состава пыльцы, спор и диатомей по разрезу позволили выделить три палинозоны и установить последовательный ряд смены ассоциаций диатомей с разными экологически показателями, которые, в первую очередь, зависели от степени увлажненности болот.

ПЗ-1 (инт. 2,17-2,00 м) отличается наиболее высоким содержанием пыльцы древесных пород и кустарников (38%), преобладает пыльца хвойных, особенно ели (до 67%), также в этом интервале встречены ее устьица, что еще раз подтверждает участие ели в составе растительности острова. Пыльца кедрового стланика в спорово-пыльцевых спектрах составляет до 6%. Из мелколиственных пород присутствует пыльца *Betula sect. Costatae* (до 5%), *Alnus* (до 5%), *Myrica tomentosa* (до 3%). Пыльца широколиственных пород отсутствует. Доля трав в общем составе спектров незначительна (до 9%). В группе травянистых растений доминирует пыльца осоковых (до 84%). В группе споровых растений преобладают споры папоротники (до 93%), но постепенно их доля снижается, увеличивается количество спор сфагновых мхов (до 16%), плаунов (до 24%) и папоротников сем. Osmundaceae (до 27%). В составе диатомей в подошве разреза доминируют характерные для слабо обводненных, слабо заболоченных условий *Hantzschia amphioxys, Luticola mutica, Diadesmis*

contenta. Выше комплекс диатомей отвечает хорошо обводненным условиям, доминируют озерно-речные планктонные *Aulacoseira italica, A. crenulata* и бентосный *Diploneis ovalis*. Для этого слоя осадков получена ^{14}C дата – 10460±100 л.н., ЛУ-6872. В этот период еще существовал сухопутный мост, а на о-ве Зеленый произрастал еловый лес.

ПЗ-2 (инт. 2,00-0,45 м) по сравнению с предыдущей по режиму увлажнения отвечает более сухим условиям, характеризуется увеличением содержания пыльцы трав (до 66%) и снижением доли древесных пород (около 2-3%). Доля спор высока (около 60%). В составе пыльцы трав и кустарничков преобладают виды, характерные для болот и влажных лугов (Cyperaceae – до 78%, Poaceae – до 34%, Liliaceae – до 24%). Среди споровых растений доминируют папоротники. Палинозону можно разделить на 2 подзоны по степени увлажнения. Первая (инт. 2,00-1,25 м) - умеренно влажная, характеризуется активизацией болотных процессов. В составе диатомей здесь значительно повышается участие представителей болотных ассоциаций, таких как *Eunotia praerupta, E. minor, E. implicata*. Снижение степени обводненности торфяника наблюдалось во время выпадения вулканического пепла Ma-f-j влк. Масю, извержение которого произошло около 6,5-7,0 тыс. лет назад. Из подстилающего торфа получена ^{14}C дата 6660±90 л.н., ЛУ-6868. В составе палиноспектра, полученного из этого слоя, резко увеличивается содержание пыльцы трав. Вторая подзона (инт. 1,25-0,45 м) – характеризует относительно сухие условия. Смена гидрологического режима происходит в атлантический оптимум голоцена (^{14}C-дата 6020±90, ЛУ-6869). В составе спорово-пыльцевых спектров наблюдается увеличение содержания пыльцы Liliaceae, Poaceae, *Iris*. В диатомовом комплексе преобладают *Diadesmis contenta, Hantzschia amphioxys, Pinnularia lagerstedtii*, характерные для слабо обводненных поверхностей. Для кровли этой толщи осадков получена^{14}C-дата 3970±90 л.н., ЛУ-6867.

Во второй половине среднего голоцена вместе с прогрессирующим потеплением начинается активное заболачивание территории. Продолжающаяся трансгрессия постепенно разрушила сухопутный мост, сократила площадь суши в районе Малой Курильской гряды и привела к их полной изоляции во второй половине атлантика. На небольших уплощенных островах древесные растительные сообщества быстро деградировали под воздействием океана (сильные ветра

и туманы), широкое развитие получили осоково-злаковые группировки с папоротниками.

ПЗ-3 (инт. 0,45-0,05 м) характеризуется увеличением содержания пыльцы трав и кустарничков (до 84%), снижением доли споровых (до 37%) и увеличением количества пыльцы древесных пород (до 9%). В группе травянистых по сравнению с предыдущей палинозой уменьшается содержание пыльцы Cyperaceae (до 39%) и увеличивается доля пыльцы Liliaceae (до 57%), *Iris* (до 25%), Poaceae (до 11%), что возможно свидетельсвует о снижении увлажнения в пределах болота. Вся пыльца древесных пород является аллохтонной, за исключением пыльцы *Myrica tomentosa* (до 4%), *Salix* (до 7%), которые в настоящее время присутствуют на острове. Возможно, что увеличение числа древесной пыльцы, занесенной с сопредельных островов, связано с усилением циклональной деятельности или изменением режима атмосферной циркуляции в этой части океана, начиная примерно с 3,5 тыс. л.н. Состав диатомей характеризует умеренное обводнение и заболачивание. Широкое распространение приобрели виды, характерные для болот *Eunotia minor, E. praerupta, E. glacialis* и виды рода *Pinnularia*, крупные створки которых сильно изломаны, сохранились только срединные поля, что может говорить об активных гидрологических процессах. В кровле этой толщи отложений залегает пепел Та-с (2,4-2,5 тыс. л.н., влк. Тарумаи).

Верхнеголоценовая часть торфяника (0-0,95 м) изучена в соседнем разрезе. В составе спорово-пыльцевых спектров преобладает пыльца трав и кустарничков, что свидетельствует о существовании травяно-кустарниковой растительности лугово-болотного комплекса во время формирования всей толщи этих отложений. Вся пыльца древесной растительности является здесь заносной, максимальное содержание составляет 32%. Субрецентный спектр отражает современную растительность о. Зеленый, представленную осоково-полынно-разнотравными сообществами.

Таким образом, на деградацию растительности о-ва Зеленый большое влияние оказал фактор изоляции, в результате разрушения сухопутного моста последней ледниковой эпохи. Из-за особенностей рельефа острова и усиленного влияния океана, древесные группировки не смогли приспособиться или найти себе убежища, где могли бы сохраниться рефугиумы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-05-00017.

ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ ХВАЛЫНСКОЙ ЭПОХИ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Макшаев Р.Р., Ощепков Г.В., Хомченко Д.С.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
mcshaev@yahoo.com

На рубеже плейстоцена-голоцена практически на территории всей планеты происходили глобальные изменения географических обстановок. В каждом отдельном регионе осуществлялись особые условия преобразования и дальнейшего развития географической среды.

На территории Северного Прикаспия в этот промежуток времени отмечалась великая Хвалынская трансгрессия динамичная и сложная по своему развитию. На периферии бассейна между ним и районом деградации оледенения и многолетней мерзлоты возникали особые условия, по своему характеру и развитию. Одним из этих проявлений является образование в бассейне специфической фации хвалынских шоколадных глин. Существует множество мнений о причинах возникновения шоколадных глин, но по истечению почти ста лет до сих пор нет единой принятой концепции по данному вопросу.

Большинство исследователей проводило границу распространения хвалынских отложений по уровню максимума трансгрессии, которая по разным источникам располагалась на отметках от +50 до +55 м [1,3,6]. Протягиваясь почти на 1200 км на север от дельты р. Волги, хвалынские отложения отмечаются до устьевой части р. Большого Черемшана (близ г. Тольятти). Широтное распространение отложений находит свое отражение в их составе и строении. Основной проблемой хвалынского периода остается вопрос о возникновении специфической фации шоколадных глин. Именно по ним большинство исследователей проводят границу распространения Хвалынской трансгрессии.

Хвалынские отложения Северного Прикапия представлены в основном осадками ранне- и позднехвалынской трансгрессий. Территориально участки распространения хвалынских отложений располагаются в районах Среднего и Нижнего Поволжья: на правобере-

жье и левобережье Волги и Ахтубы, в дельте Волги, приволжском районе Калмыкии, в полосе депрессии Кайсацкое-Эльтон-Верхний Баскунчак и в долине Урала.

Самой распространенной фацией хвалынских отложений являются шоколадные глины, представляющие собой тонкоотмученную породу светло-коричневого и розовато-коричневого темно-шоколадного цвета, неясно-тонкослоистую, с плитчато-призматической структурой, распадающейся на призматично-угловатые отдельности, в крупных обломках-глыбах с раковистым изломом, глянцевой отдельностью и налетом марганца. По данным термического и рентгеноструктурного анализа глинистая составляющая (95-97%) имеет полиминеральный монтмориллонитово-гидрослюдистый состав. Во фракции менее 0,001 мм установлены: гидрослюды (60-80%), каолинит (15-30%), монтмориллонит (до 7%), хлорит (до 4%) и смешанно-слоистые минералы [5].

Шоколадный цвет породы определяется разными причинами. Одна из них это источники сноса тонкого материала. В области волжского водосбора располагаются обширные поля днепровской и московской (?) морен имеющих коричнево-бурую окраску и красноцветы пермо-триаса, развитые на водосборе р. Урал. Рекогносцировочными исследованиями установлено определенное сходство состава тонкодисперсной фракции морен и шоколадных глин (преобладание гидрослюды, обилие каолинита) и не отмечается минералогического сходства глин с красноцветами пермо-триаса, в составе которых обильны смектиты и мало гидрослюды. Главная причина шоколадной окраски глин — это вероятно обилие в них оксидных соединений Fe□□(гидрогётита).

Шоколадные глины целиком укладываются в стратиграфический интервал нижнехвалынских отложений. Они содержат два типа хвалынских моллюсков, обусловленных экологическими условиями их обитания. В глинах раковины моллюсков практически отсутствуют, здесь крайне редко встречаются, тонкостворчатые *Monodacna caspia* и *Adacna plictata*. В песчаных прослоях, среди глин, раковины многочисленны и многообразны, по составу, среди них присутствуют типичные представители раннехвалынского комплекса моллюсков: *Didacna protracta, D. trigonoides, D. parallela, Dreisena distincta, Dr. polimorpha* и др., причем отмечено, что обычно находки приурочены к одному какому-либо прослою песков, положение которого в толще глин может быть самым разным [4].

По материалам радиуглеродного датирования 2013 г, период накопления шоколадных глин попадает в интервал между 11-15 т. л. назад. Похожие результаты были получены по материалам массового радиоуглеродного датирования. Более конкретные даты получены методом AMS, все они находятся в пределах 12060 ± 130 – 13240 ± 45 [7].

Материалы палинологического анализа шоколадных глин показывают, что во время их накопления отмечалось определенное потепление в целом прохладно-холодного климата поздневюрмского послеледниковья Русской равнины выразившееся в появлении в составе лесов широколиственной растительности. По [2] Накопление глин происходило на фоне иссушения климата и остепенения растительности.

Формировался особый комплекс моллюсков, с руководящим видом *Didacna protracta*, который очень быстро адаптировался к климатической смене обстановок.

Практически во всех разрезах Нижнего Поволжья отмечается значительное количество прослоев, достигающие мощности 20 см, содержащих обильную фауну солоноватоводных моллюсков, что свидетельствует о благоприятных гидродинамических условиях. В то же время в разрезах Среднего Поволжья выше р. Торгун, фауна встречается спорадически и в малом количестве. Причиной этому служит сильное опреснение вод и скорость течения выше 30 см/сек.

Палинологический анализ показывает, что развитие растительности шло довольно быстро, Хвойные леса в начале раннехвалынской трансгрессии позже сменялись на степную и полупустынную растительность характерную для поздней хвалыни.

Отмеченные особенности шоколадных глин (литологический и фаунистический составы, характер строения и залегания, окраска) однозначно свидетельствующие, что это одна из фаций осадков раннехвалынского моря, очень оригинальная (экзотичная) по своему строению и накоплению и присущая только этому бассейну.

Литература

1. Брицына М.П. Распространение хвалынских шоколадных глин и некоторые вопросы палеогеографии Северного Прикаспия. – Труды ин-та географии АН СССР, вып. 12. М.: Изд-во АН СССР, 1954, с. 5-27.

2. Гричук В.П. Верхнечетвертичная лесная фаза в истории растительного покрова Нижнего Поволжья. - Тр. Ин-та географии АН СССР, 1952, вып. 52, 7, с. 5-45.

3. Москвитин А.И. Четвертичные отложения и история формирования долины р. Волги в ее среднем течении. Изд-во АН СССР, 1958. 210 с.

4. Свиточ А.А., Менабде И.В., Янина Т.А. Палеогидрология Маныча в позднем плейстоцене // Водные ресурсы. 1991. №1 С. 77-91.

5. Чистякова И.А. Вещественный состав отложений раннехвалынской трансгрессии // Бюлл. Комиссии по изуч. четв. периода. № 64. 2001. С. 60-69.

6. Шанцер Е.В. Геологическое строение приволжской полосы Прикаспийской низменности // Труды комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. Т. 1. Вып. М. изд-во АН СССР, 1951, с. 140-163.

7. Tudryn A. F. Chalié Yu. A. Lavrushin M.P. Antipov E.A. Spiridonova V. Lavrushin P. Tucholka S.A.G. Leroy. Late Quaternary Caspian Sea environment: Late Khazarian and Early Khvalynian transgressions from the lower reaches of the Volga River. Quaternary International 292 (2013) 193-204.

ЭКО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕРХОВЫХ ТОРФЯНИКОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

Межибор А.М.

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

amezhibor@gmail.com

В работе охарактеризованы изменения элементного состава верхового торфа, вызванные климатическим и антропогенным факторами.

Как известно, геохимический состав торфов зависит от состава слагающей болота растительности, а также определяется условиями разложения растений [1, 3]. Доминирующими растениями на верховых болотах Томской области являются сфагновые мхи. Особенностью сфагновых мхов является то, что, не имея корневой системы, они способны аккумулировать в себе химические элементы, поступающие из атмосферы благодаря особым воздухоносным клеткам. При этом, химические элементы, поглощенные мхами, слабо поддаются миграции по профилю торфяной залежи.

Так как климатическая вариабельность оказывает свое влияние на состав растительности торфяных болот, а растения, в свою очередь, обладают разной способностью к накоплению химических элементов, то изменения климата влияют на химический состав слоев вер-

хового торфа и условия его разложения. Еще одним важным фактором в формировании геохимического состава верховых торфов является антропогенная деятельность. Потоки аэрозолей от промышленных производств городов и добычи полезных ископаемых распространяются в атмосфере на большие расстояния и осаждаются на поверхности водных и наземных экосистем. Верховые торфяники в этом случае могут служить источником ретроспективной записи антропогенных загрязнений [2, 3].

Западная Сибирь характеризуется высокой степенью заболоченности, и, в связи с этим, может использоваться для оценки природных и антропогенных изменений окружающей среды. Хотя, если учитывать, что геохимический состав верховых торфов формируется в результате поступления химических элементов из атмосферы, нельзя говорить о полностью «чистых» участках, не подверженных воздействию техногенеза.

В Томской области были изучены два болота с целью определения геохимического состава окружающей среды по результатам содержаний и закономерностей вертикального распределения химических элементов. Болото Петропавловский Рям расположено в 27 км к северу от г. Томска (в направлении преобладающих ветров) в зоне многофакторного влияния производств г. Томска и его спутника г. Северска. Болото Водораздельное расположено в 35 км западнее г. Томска.

Содержания химических элементов (всего 25 элементов) в торфах были определены методом нейтронно-активационного анализа в лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета. Степень разложения и ботанический состав определялись в Институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (Ю.И. Прейс), и в Томском государственном университете (Е.Я. Мульдияров). Для исследования был выбран интервал торфяников до 1 м, включающий последние 100 лет торфообразования

В изученных торфяных разрезах отмечается корреляция между ботаническим составом и степенью разложения торфа: в интервалах, где преобладает мох *Sphagnum fuscum*, степень разложения составляет до 10%; в интервалах с преобладанием пушицы (*Eriόphorum*) и мхов *Sphagnum magellanicum* степень разложения возрастает до 20-50%.

В разрезе торфяника Петропавловский Рям выделяются интервалы разного ботанического состава. В интервале 0-10 см преобладает *S. fuscum*, в интервале 10-20 см количество *S. fuscum* снижается, и ближе к 20 см начинает преобладать *S. magellanicum*. В интервале 20-32 см *S. fuscum* перемежается с *S. magellanicum*. Далее, до глубины 50 см, отмечается преобладание пушицевого торфа и некоторого количества *S. magellanicum*. С глубины 50 см и ниже доминирующим является *S. fuscum*. Следует отметить, что для интервалов, где отмечается высокое содержание пушицевых остатков в составе растительного материала, характерна более высокая степень разложения. В этих интервалах регистрируется смена растительности в результате засушливого периода 1946 г. (согласно датировкам по ^{210}Pb). Наблюдается повышение содержаний Ca, Fe, Cr, Sc, Co, Rb, Ba, Br, REE, снижаются содержания Sb и U. Сорбционные свойства торфа по отношению к металлам увеличиваются при возрастании степени разложения торфа [3], что и отмечается в рассматриваемом интервале. Выше 23 см содержания большинства химических элементов резко повышаются, что связывается с влиянием промышленного развития городов Томска и Северска, расположенных вблизи болота [2]. Так, концентрации Ca, Na, Cr, Sc, Sb, U в интервале 9-23 см (до уровня неразложившихся растительных остатков) увеличиваются более чем в 2 раза, Fe, Co, Ba, Sr, REE, Th – более чем в 3 раза, Hf, Rb, Ta – более чем в 4 раза, Cs – в 5,5 раз и Au – в 10 раз. При этом отмечается также резкое увеличение зольности торфа – в интервале с 23 до 9 см зольность изменяется в пределах от 5 до 15%. Такие высокие значения зольности не характерны для верхового торфа, что говорит о привносе химических элементов из атмосферы, источником которых является антропогенная деятельность (теплоэнергетическое, нефтехимическое и ядерное производства).

Для второго болота, расположенного вне зоны непосредственного антропогенного влияния, характерны следующие закономерности. В интервале 0-45 см преобладают мхи *S. fuscum*, причем в интервале 0-10 см количество *S. fuscum*, как и для болота Петропавловский Рям, больше. В интервале 45-55 см начинает преобладать пушица, 55-65 см – *S. fuscum* перемежается с *S. magellanicum*, и далее до 85 см преобладает пушица. Высокое содержание пушицевых растительных остатков в составе растительного материала также коррелирует с более высокой степенью разложения. Датировки торфа для Водораздельного болота позволили определить, что интервал 55 см

относится к 1946 г. Здесь также отмечается повышение концентраций Ca, Fe, Cr, Sc, Co, Rb, Ba, Br, REE и снижение Sb и U. В интервале 20-60 см, соответствующем второй половине XX в., также наблюдаются повышенные, по сравнению с интервалом 60-100 см, концентрации химических элементов: Sb, Sm, La – в 2 и более раз, Lu, Au – более чем в три раза. Но, как видно, воздействие антропогенного фактора в этом болоте значительно ниже.

Таким образом, при изучении геохимического состава двух верховых торфяников, расположенных в районах с разной степенью техногенной нагрузки, были выделены следующие особенности и закономерности: отмечена смена растительности, вызванная изменением климатического режима территории; в интервалах с преобладанием пушицевого торфа и высокой степенью разложения содержания большинства химических элементов повысились; в верхних интервалах болот, характеризующихся схожим растительным составом и соответствующих второй половине XX в., содержания химических элементов повышены в связи с увеличением антропогенных эмиссий в окружающую среду.

Литература

1. *Биеньковски П., Титлянова А., Диттвалд Э., Шибарева С.* Изменение элементного состава фитомассы сфагновых мхов в процессе торфообразования // Вестник ТГПУ. 2008. Вып. 4 (78). С. 30-34.

2. *Mezhibor A., Arbuzov S., Rikhvanov L., Gauthier-Lafaye F*. History of the pollution in Tomsk region (Siberia, Russia) fccording to the study of high-moor peat formations // International Journal of Geosciences. 2011. V. 2. № 4. P. 493-501.

3. *Silamiķele I., Nikodemus O., Kalniņa L., Kušķe E., Rodinovs V., Purmalis O., Kļaviņš M.* Major and trace element accumulation in peat from bogs in Latvia // Mires and Peat / Ed. M. Klavins. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 2010. P. 96-114.

ИЗМЕНЕНИЕ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ДВИНСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ ПО ЛИТОЛОГИЧЕСКИМ И МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Новичкова Е.А., Рейхард Л.Е.
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия
enovichkova@mail.ru

Белое море является одним из основных районов исследования процессов послеледникового осадконакопления для Западной Арктики. В максимум последнего оледенения современная акватория Белого моря полностью перекрывалась Скандинавским ледником, и история современного моря началась с момента его дегляциации ~12.2–11 тыс. кал. л.н. [7]. Седиментационные обстановки менялись от ледниково-морских к морским на протяжении конца плейстоцена – в голоцене [2, 5, 7].

Целью данных исследований являлось изучение формирования осадков южной части Двинского залива, находящихся под влиянием мощного стока реки Северной Двины.

Материал для комплексного изучения был отобран в ходе проведения многодисциплинарных исследований по проекту “Система Белого моря” под руководством академика А.П. Лисицына в 2006 г в 80-м рейсе НИС «Профессор Штокман». Объектом исследований являлась колонка донных осадков №6042 длиной 460 см, отобранная в Двинском заливе с глубины моря 61 м. Осадки данной колонки исследовались микропалеонтологическим и литологическими методами, включающими макро- и микроскопические исследования, гранулометрический анализ.

Для реконструкций палеоокеанологических условий в Двинском заливе в колонке выполнено исследование водных (цисты морских видов динофлагеллат, пресноводные зеленые водоросли, акритархи и органические остатки скелетов фораминифер) и наземных (споры и пыльца) палиноморф. Изученные ранее материалы по распределению микрофоссилий в поверхностных осадках Белого моря, а также в колонках, охватывающих последние 250 лет, позволяют использовать данную методику для изучения голоценовой толщи осадков [3, 4]. Материал колонки был также проанализирован на изотопный состав углерода ОВ ($C_{орг}$) [1]. Гранулометрический анализ осадков выполнен в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН Т.Н.

Алексеевой и А.Н. Рудаковой. Основой для палеореконструкций стали новые геохронологические исследования осадков методом AMS ^{14}C и данные по палиностратиграфии. По данным микропалеонтологического анализа реконструированы основные параметры водных масс в Двинском заливе в течение голоцена.

Колонкой 6042 вскрываются в основном пелитовые осадки с алеврито-песчаной примесью, доля которой в нижней части колонки (290-460 см) изменяется от 1-2% до 15%, а значения Сорг не превышает 0,4%. На глубине 380 см отмечены максимальные скопления гидротроилита. Для глубин 390-460 см показатели CD-критерия (соотношение пресноводных видов палиноморф к морским) максимальны и достигают 1,6. Выше обогащенного гидротроилитом слоя концентрации водных палиноморф резко увеличиваются и достигают максимальных значений на горизонте 290-380 см. Согласно данным микропалеонтологического анализа летние температуры поверхностного слоя воды составляли 3-8°С, продуктивность вод была на уровне 180 г/м^{3}год, а продолжительность ледового покрова около 8 месяцев/год. Около 10 тыс. л.н. в начале бореального периода голоцена летняя температура резко возросла до 12°С, и как следствие продуктивность вод достигла максимума (500 г/м^{3}год) на фоне сокращения продолжительности ледового покрова. АН-критерий, как показатель поступления баренцевоморских вод в Белое море в голоцене [6] достигает значений 160 ед. на глубине 290-300 см, а затем резко уменьшается до 5 ед.

По результатам гранулометрического анализа данный прослой, являющийся границей между переходным и морским типом осадконакопления, представлен пелитом с высоким содержанием алеврито-песчаного материала (до 36,4%) и единичными включениями зерен дресвы размером 1-3 мм. Таким образом, на границе атлантического периода голоцена, вероятно, произошли резкие изменения условий осадконакопления. В конце бореального периода реконструируется увеличение продолжительности ледового покрова до 11 месяцев в году при летних температурах вод около 0°С, однако в начале атлантического периода ледовый покров сокращается до современных значений.

Верхняя часть колонки 6042 (0-290 см) представлена пелитом с незначительной алеврито-песчаной примесью (до 10%). Значения Сорг на данном интервале плавно повышаются вверх по колонке с 0,5% до 1,6%. В осадках на интервале 200-290 см отмечены обломки раковин моллюсков. В составе водных палиноморф преобладают морские виды, а суммарные концентрации спор и пыльцы резко воз-

растают с глубины 290 см до 800000 ед/г (на горизонте 240 см). Пресноводные зеленые водоросли в верхней части колонки достигают максимальных концентраций (до 8000 ед/г) на глубине около 160 см. В целом, состав водных палиноморф соответствует современным условиям осадконакопления в данном районе моря. Начиная с атлантического периода, реконструируется устойчивый тренд к увеличению летних температур поверхностных вод, сокращению продолжительности ледового покрова и увеличению продуктивности до 200 г/м^{3}год.

Таким образом, начиная с пребореального периода голоцена, в Двинском заливе происходила смена ледниково-морских условий осадконакопления на морские, завершившаяся около 9 тыс. л.н. По литологическим данным переход выражен резким и кратковременным укрупнением гранулометрического состава донных осадков и подтверждается данными микропалеонтологии, по которым реконструируется резкая адвекция баренцевоморских вод на фоне повышения температур водной толщи и сокращения продолжительности ледового покрова.

Авторы благодарны академику А.П. Лисицыну, В.П. Шевченко, и всем, кто помогал в проведении исследований. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 12-05-00998-а), НШ-2493.2014.5 и гранта Президента РФ МК-2198.2013.5.

Литература

1. Леин А.Ю., Новичкова Е.А., Рыбалко А.Е., Иванов М.В. Изотопный состав углерода органического вещества голоценовых отложений Белого моря как один из показателей условий осадконакопления // ДАН. 2013. Т. 452. №6. С. 658-663.

2. Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калиненко В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, 1977. 234 с.

3. Новичкова Е.А., Полякова Е.И. Ассоциации микроводорослей в донных осадках областей маргинальных фильтров заливов Белого моря // ДАН. 2013. Т.449. №.4 С. 474–479.

4. Новичкова Е.А., Полякова Е.И. Цисты динофлагеллат в поверхностных осадках Белого моря // Океанология. 2007. Т. 5. № 47. С. 709–719.

5. Павлидис Ю.А., Никифоров С.Л. Обстановки морфолитогенеза в прибрежной зоне Мирового океана. М.: Наука, 2007. 455 с.

6. Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Лисицын А.П., Баух Х.А., Рыбалко А.Е. Современные данные по биостратиграфии и геохронологии донных осадков Белого моря // ДАН. 2014. Т. 454. №. 5. С. 467−472.

7. Demidov I.N., Houmark-Nielsen M., Kjaer K.H., Larsen E. The last Scandinavian Ice Sheet in nothwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics // Boreas. 2006. Vol. 35. P. 425–433.

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ АЛАСОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА

Павлова М.Р.
Томский государственный университет, г. Томск, Россия
Nigaer@yandex.ru

Работа посвящена исследованию динамики развития аласов – уникальных интразональных ландшафтов криолитозоны северной части Лено-Амгинского междуречья в условиях естественного изменения климата.

Северная часть Лено-Амгинского междуречья располагается на юго-востоке Центрально-Якутской равнины. В геологическом плане исследуемый район приурочен к юго-восточной окраине Вилюйской тектонической впадины. Климат района резко континентальный, характеризующийся суровой продолжительной зимой (7-8 месяцев), коротким и жарким летом. Годовое количество атмосферных осадков составляет 250 мм. Суровый климат способствует сохранению вечной мерзлоты, средняя мощность которой составляет здесь 300-350 м. [1]. Особенности природных условий северной части Лено-Амгинского междуречья способствуют широкому распространению аласных комплексов.

Термокарстовые озера, расположенные в аласах, могут рассматриваться как индикаторы в их развитии, так как они непосредственно реагируют на изменения климата. На основании этого проведено геоинформационное картографирование динамики термокарстовых озер на ключевом участке, располагающегося в пределах 62° 40′ – 63° с. ш., 130° – 131° в. д., в северной части Лено-Амгинеского междуречья с использованием программ Easy Trace 8.3 Pro и ArcGis 10.2. В качестве источников информации были взяты топографические карты масштаба 1 : 100 000 за 1962 и 2001 гг.

На основе полученных данных для исследуемой территории была подсчитана площадь озер. Установлено, что в 1962 г. она составляла 130,35 км^2, а к 2001 г. уменьшилась до 78,12 км^2. Также было подсчитано количество озер (в 1961 г. – 1116 озер, 2001 г. – 836 озер). Для изучаемой территории, путем наложения полученных вектор-

ных слоев, была составлена карта «Изменение положения термокарстовых озер за период 1962 г. по 2001 г».

Для оценки современного состояния аласов северной части Лено-Амгинского междуречья были проанализированы динамические ряды, составленные на основе межгодовой изменчивости климатических характеристик (средние годовые и месячные температуры воздуха января и июля, средние годовые количества осадков) по материалам метеостанций – Якутск, Амга, Усть-Мая, Крест-Хальджай.

Значения средней годовой и месячной температуры воздуха января и июля были взяты за период 1961-2012 гг., а значения среднегодового количества осадков – 1966-2012 гг. из следующего источника [2].

Автором было выявлено, что изменчивость среднегодовой температуры воздуха имеет положительный тренд. В Якутске он составляет 0,0603 °С/год, в Амге – 0,0054 °С/год, в Усть-Мае – 0,0446 °С/год и в Крест-Хальджай – 0,0478 °С/год.

Анализ трендов по средним месячным температурам воздуха января и июля показали одинаковый положительный тренд по январской температуре: в Якутске – 0,1050 °С/год, в Амге – 0,0326 °С/год, в Усть-Мае – 0,0797 °С/год, в Крест-Хальджай – 0,0832 °С/год, и по июльской – в Якутске – 0,0421 °С/год, в Амге – 0,0054 °С/год, в Усть-Мае – 0,0797 °С/год, Крест-Хальджай – 0,0356 °С/год.

Изменчивость среднегодового количества осадков имеет отрицательный тренд: в Якутске – 0,0416 мм/год, в Амге – 0,6342 мм/год, в Усть-Мае – 0,0645 мм/год, в Крест-Хальджай – 0,1169 мм/год.

На основании полученных данных, можно заключить прямую зависимость влияния климатических изменений на динамику развития аласов, в частности, их составляющую – термокарстовые озера. С увеличением температуры воздуха и уменьшения количества осадков за последние 40 лет площадь озер, исследуемого района, сократилась в 1,7 раз, а их количество уменьшилось в 1,3 раза. Эти данные также показывают переход аласов из стадии обводнения к стадии усыхания.

Литература

1. *Соловьёв П. А.* Криолитозона северной части Лено-Ангинского междуречья. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1959. – 145 с.

2. Справочная информация о погоде и климате [Электронный ресурс] // Всероссийский Научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). – URL: http://meteo.ru/data

Секция 3. Адаптация природы, хозяйства и населения к ландшафтно-климатическим и антропогенным изменениям в прошлом, настоящем и будущем

ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЙ, ПРОИСХОДЯЩИХ В СТРУКТУРЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ЛЕСОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ В СВЯЗИ С УВЕЛИЧЕНИЕМ АНТРОПОГЕННОЙ ЭМИССИИ АЗОТА

Аверкиева И.Ю., Иващенко К.В., Грозовская И.С.
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Россия, Пущино
averkieva25@rambler.ru

Хозяйственная деятельность человека, преобразуя абиотические факторы среды обитания живых организмов, изменяет условия функционирования природных экосистем и определяет новые тренды в их развитии. В настоящее время серьезные антропогенные преобразования биосферы связаны с загрязнением воздушной среды, к числу приоритетных поллютантов которой относятся соединения азота (NOx, NH_x). В результате атмосферного переноса и рассеивания поллютантов во многих странах региональный уровень поступления азота с атмосферными выпадениями достигает 15-25 кг N/га в год и выше, то есть сопоставим с его биологической фиксацией [8]. «Техногенный» азот, поступающий в экосистемы в виде био- и педохимически активных соединений, ведет к интенсификации миграционных потоков внутри экосистем и из экосистем [4]. Повышенные выпадения азота в лесных экосистемах приводят к различным изменениям в их структуре и функционировании: рост продуктивности фитоценозов, ускорение минерализации органического вещества, увеличение кислотности почв, дисбаланс элементов питания, денитрификация, вымывание нитратов в почвенно-грунтовые воды и нарушение видовой структуры [7].

В зависимости от интенсивности выпадений, продолжительности их воздействия и специфики природных факторов, определяющих ответные реакции экосистем на данное воздействие, выделяют 3 стадии «азотного загрязнения», условно названные как стадии иммобилизации, насыщения и избыточной аккумуляции [3]. Поскольку почва и растительность являются неразрывной биогеоценотической системой, то для каждой из стадий должны быть характерны определенные показатели почвенно-экологических и фитоценотических характеристик, которые могут использоваться для индикации данного воздействия. Согласно анализу литературы, индикаторами трансформации естественного цикла азота могут быть следующие показатели: *стадия иммобилизации* - преобладание нитратов в составе атмосферных выпадений и увеличение содержания минеральных форм азота в почве и доли в них нитратов; *стадия насыщения* - концентрации азота в атмосферных осадках выше критических уровней для олиготрофных групп растительности, снижение соотношения C:N, характеризующего интенсивность процессов минерализации органического вещества, изменение структуры микробиологических сообществ в сторону увеличения численности; в эколого- ценотических группах виды нитрофилы составляют 10-20 %; *стадия избыточной аккумуляции* – содержание минерального азота в атмосферных осадках превышает значения для злакового разнотравья; виды - нитрофилы составляют 30-50%, наличие нитратов в почвенно-грунтовых водах [1, 2, 5, 6,7]

В связи с выше изложенным, целью данного исследования является прогноз степени трансформации азотного цикла в естественных биогеоценозах для регионов с различным уровнем его техногенного поступления по анализу почвенно-экологических и фитоценотических характеристик. Для реализации целей проекта были выбраны 40 ключевых участков на территории Московской и Костромской областей, расположенных на разном удалении от потенциальных источников техногенной эмиссии азота (автодорог и промышленных предприятий), характеризующихся различными типами леса, объединяющие растительные сообщества, однородные по составу преобладающих видов и комплексу прямодействующих факторов среды. Почвенные условия исследованных лесных экосистем отличаются достаточной вариабельностью характеристик.

Выявлено, что выпадение из атмосферы минерального азота составило 4-13 и 1-4 кг N $га^{-1}$ $год^{-1}$ для Московской и Костромской об-

ластей соответственно. Проведенная оценка стадий «азотного загрязнения» экосистем показала, что на стадии иммобилизации находятся все лесные экосистемы Костромской области и только две экосистемы в Подмосковье (осинник неморальный и сосняк зеленомошник), которые располагаются в Восточной части области, где эмиссия оксидов азота наиболее низкая. Большинство исследованных экосистем Московской области пребывают на стадии насыщения, а на стадии избытка не одна экосистема не обнаружена.

Опираясь, на данные об атмосферной поставке азота в исследуемых регионах и оценке «азотного загрязнения» этих экосистем возможно дать прогноз изменений, которые могут произойти в функционировании лесов при сохранении современных уровней эмиссии. К лесным экосистемам, для которых прогнозируются наиболее сильные изменения в структуре и функционировании, относятся сосняки с преобладанием олиготрофных и мезотрофных видов в напочвенном покрове, а так же мелколиственные леса с преобладанием лугово-опушечных видов. Для данных экосистем экологическое состояние по нашим оценкам соответствует стадии насыщения.

К лесным экосистемам, где при сохранении современного уровня эмиссии азота произойдут изменения менее значимого характера, относятся ельники и ельники с примесью лиственных пород, в напочвенном покрове которых преобладают лугово-опушечные виды. В связи с тем, что эти леса располагаются в зоне высокой поставки соединений азота, их экологическое состояние определяется как насыщение. Однако присутствие злаковых видов в напочвенном покрове определяет буферный потенциал в отношении дальнейшего воздействия полютанта. В долговременной перспективе, сохранение существующих параметров выпадений азота и соответствующие им уровни поступления будут определять переход данных лесов на стадию избытка, характеризующуюся различными экологическими эффектами.

К лесам, в которых произойдут незначительные изменения при сохранении современного уровня атмосферной эмиссии соединений азота, относятся смешанно-широколиственные и хвойно-широколиственные с преобладанием в напочвенном покрове лугово-опушечных видов. Это связано с тем, что большинство из данных экосистем находятся на стадии иммобилизации или перехода к стадии насыщения, а так же для них не наблюдается превышений в концентрации азота для основных видов напочвенного покрова.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-04-00098.

Литература

1. *Богородская А.В., Пономарева Т.В., Шапченков О.А. и др.* Оценка состояния микробиологических комплексов почв лесотундровой зоны в условиях атмотехногенного загрязнения. //Почвоведение, 2012. №5. С.582-593.

2. Принципы и методы определения норм нагрузок на ландшафты - М.: ИГ АН СССР, 1987. - 32 с.

3. *Bobbink R., Ashmore M., Braun S. et al.* (2003) Empirical nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystems: 2002 update. In Empirical critical loads for Nitrogen. Environmental Documentation No. 164. Air., eds. D. Achermann & R. Bobink, pp. 43-170. Swiss Agency for Environment, Forests and Landshape SAEFL, Bern.

4. *De Vries W., Rros H., Reinds G.J. et al.* (2007) Developments in deriving critical limits and modelling critical loads of nitrogen for terrestrial ecosystems in Europe. Alterra, Alterra –rapport 1382, 206 p.

5. *Stevens C.J., Dise N.B., Mountford J.O. et al.* (2011) Impact of nitrogen deposition on the species richness of grasslands. Science 303. P. 1876 -1879.

6. *Stevens C.J., Duprè C., Dorland C. et al.* (2011) The impact of nitrogen deposition on acid grasslands in the Atlantic region of Europe //Environmental Pollution 159. P. 2243-2250.

7. *Sutton M., Reis S., Baker S.M.* (2009) Atmospheric Ammonia: Detecting emission changes and environmental impacts. (Eds.) Springer.

8. *Sutton M.A., Howard C., Erisman J.W. et al.* (2011). The European Nitrogen Assessment (Eds.) Cambridge University Press. 612 pp.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ИЗМЕНЕНИЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПОЧВЕННОГО МЕЗОНАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПОСТАГРОГЕННОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ СТЕПНЫХ ГЕОСИСТЕМ

Балязин И.В.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия
grave79@mail.ru

В степной части юга Сибири основным лимитирующим фактором, ограничивающим разнообразие и активность животного населения почвы выступает дефицит влаги в летний период при наличии относительно короткого сезона активных температур.

Распределение выпавших осадков и средней температуры по месяцам имеет важное значение, причем одним из ключевых момен-

тов, становится первый летний месяц, т.к. именно на этот период приходится развитие многих связанных с почвой беспозвоночных (основные онтогенетические стадии большинства насекомых) и в значительной степени зависящих от влажности почвы. Особенности климатических условий (в первую очередь увлажнения) определили резкое изменение в структуре мезонаселения на залежи. В 2008 году наблюдалась влажная и теплая погода: июнь ($t_{ср.}$ +18,4 ^{o}C. при 104 мм. осадков), июль ($t_{ср.}$ +19,7 ^{o}C. при 79 мм осадков). Более сухим оказался летний сезон в 2009 г.: июнь ($t_{ср.}$ +14,4 ^{o}C. при 45 мм осадков), июль ($t_{ср.}$+18,9 ^{o}C. при 48 мм. осадков).

Исследования выполнены по единой методике с использованием сравнительно-географического подхода. Сбор материала и его обработка осуществлялись по методикам, рекомендованным для эколого-фаунистических, почвенно-зоологических и биогеоценологических исследований [3]. Для определения численности и биомассы обитателей почвы и подстилки на каждой площади с применением монолитореза размером 25х25 см брали 6-8 проб глубиной 25-40 см (в зависимости от предельной встречаемости беспозвоночных) по диагонали или в шахматном порядке. Чтобы провести сравнительный анализ изменений динамических характеристик сообществ почвенного мезонаселения было выбрано несколько площадок: пшеничное поле (0), залежь начального периода восстановления (3-4 года) с бурьянистым типом растительности (I-II); залежь (15-20 лет), с господствующей рыхлодерновиннозлаковой растительностью (III); фоновый участок коренной (мелкодерновинно-злаковой) степи (IV) [1]. Для сравнительного анализа использовались широко распространенные в почвенно-зоологических исследованиях расчеты количества беспозвоночных на единицу площади земной поверхности (экз., мг, г/м.^{2}). Количественные характеристики (численность и биомасса педобионтов) представлены графически по средним (суммарным) для каждой площади величинам с использованием и пакетов программ Microsoft Excel.

Почвенное мезонаселение представляет собой единство популяции беспозвоночных и среды их обитания. Таксономическое разнообразие подразделяется на иерархические уровни с серией подуровней. При оценке биоразнообразия выделов крупных районов большое значение приобретают роды, семейства, отряды и только на уровне сообщества, рассматриваются группировки особей В данной работе рассматривается уровни надвидовых таксонов [4]. Для оцен-

ки таксономического разнообразия сообществ почвенных беспозвоночных постагрогенных сукцессий степных геосистем был использован индекс разнообразия Маргалефа (Dmg), рассчитываемый на основе исходных данных и представляющий собой одно единственное число, которое в дальнейшем уже можно сравнивать с аналогичными числами и делать соответствующие выводы. Индекс Маргалефа прост и удобен в использовании, хорошо улавливает различия между местообитаниями.

$Dmg = (S - 1) / \ln N$

где S – число выявленных таксонов на пробной площади, N – общая численность особей почвенных беспозвоночных в исследуемом выделе, ln – натуральный логарифм [2].

Наиболее низкий индекс биоразнообразия отмечается в почвах агроландшафтов, (D_{mg} (0) – 1,399 (2008 г.) и 0,872 (2009)) наиболее высокий индекс характерен для коренной степи (D_{mg} (IV) – 1,867 и 1,829 соответственно). Таким образом, таксономическое разнообразие зависит от гидротермических условий, причем в нарушенных биогеоценозах комплексы почвенных беспозвоночных наблюдается наибольшие колебания структурно-количественных характеристик. Наиболее серьезные изменения этих характеристик выражается с помощью разницы между максимальными и минимальными значениями индекса биоразнообразия ($_{\Delta}D_{mg}$). Так в постагрогенных сообществах даже при высоких значениях индекса Маргалефа, амплитуда колебаний превышает значение в 0,5 единицы и только на поздних сукцессиях он приближается к 0,3, тогда как в коренных сообществах $_{\Delta}D_{mg}$ составляет 0,038.

Анализ структуры и количественных характеристик производных биогеоценозов обрабатываемых участков и исходных степных ландшафтов позволил выявить основные изменения в зооценозах почв при восстановительных процессах на залежи. Структура населения в трансформированных биогеоценозах имеет упрощенный вид и зависит от экологических факторов. При благоприятных изменениях гидротермических условий возрастает вероятность повышения численности фитотрофных видов на начальных стадиях восстановления степи. При увеличении возраста залежи таксономическое богатство почвенных беспозвоночных возрастает и на некоторых этапах, даже превышает значения разнообразия мезонаселения почв коренных сообществ. По мере восстановления исходных сообществ структурно-количественные характеристики приближаются к ко-

ренным состояниям степных геосистем, вероятность дестабилизации экологической обстановки снижается. На основе полученных данных можно предположить, что устойчивость сообществ почвенных беспозвоночных к изменениям гидротермических условий возрастает при смене переменных состояний геосистем и достигает максимальных значений в коренных степных геосистемах.

Литература:

1. Волкова В.Г., Черкашин А.К. Исследование производных фитоценозов на основе графо-аналитической модели // География и природные ресурсы. – 1980. – №3. – С. 139-143.

2. Дунаев Е.А. Методы эколого-энтомологических исследований. – М.: МосгорСЮН, – 1997. – 44 с.

3. Количественные методы в почвенной зоологии / *Ю.Б. Бызова* [и др.]. – М.: Наука, – 1987. – 288 с.

4. Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Криволуцкий Д.А. Биологическое разнообразие: Учеб. пособие. – М.: Гуманит. изд. центр «Владос», – 2004. – 432 с.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТИПОВ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛАНДШАФТЫ И ПЛОЩАДЕЙ ИНТЕНСИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОЧВ В РАННЕМ ЖЕЛЕЗНОМ ВЕКЕ НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Бондарева Ю.А.
Институт географии РАН, Москва, Россия
Bondarevaj@rambler.ru

Характер землепользования на территории современной Центральной России начиная с раннего железного века способствовал масштабным преобразованиям, затрагивающим огромные площади. По своей интенсивности данные преобразования являлись гораздо более значимыми, чем представляется на сегодняшний день. Данная работа посвящена исследованию почв, которые хранят в себе доказательства антропогенной деятельности, такие как специфичность химического состава и морфологии, наличие индикаторных частиц (угли, фитолиты, привнесенный материал и др.)

Цели работы:

- определить, насколько масштабны и интенсивны были изменения природного ландшафта в раннем железном веке на территории современной Центральной России;
- выявить характерные особенности распространения земель с антропогенным следом.

В рамках работы были рассмотрены основные методы оценки древних урбанизированных ландшафтов.

Основным подходом, используемым долгое время для оценки площади антропогенно-преобразованных ландшафтов вокруг какого-либо городища был археологический. Например, на территории городища Ростиславль (ранний железный век: V в. до н.э. – V в. н.э.) были проведены разведывательные раскопки для выявления границ антропогенного влияния на ландшафт в прошлом (около 2 тыс. л.н.). Было установлено, что площадь непосредственно городища (в пределах оборонительного вала) составляла 0,17 га; площадь поселения за пределами вала (вокруг него) составляла 1,5 га, следы хозяйственной деятельности обнаруживались в радиусе 200 м от границ вала и занимали приблизительно 12,5 га [2]. Предполагается, что эти территории использовались в земледелии. Далее, очевидно, простирались пастбища, сенокосы, места заготовки древесины. Следует отметить, что в радиусе 10 км от этого городища археологами найдены следы 8 селищ того же временного интервала [2]. Предполагается, что поселения при таком распределении на местности не мешали хозяйственной деятельности каждого из них, но при этом жители имели возможность укрыться за валом городища при возникновении угрозы извне.

Таким образом, при площади городища в 0,17 га, поселение вокруг него занимало уже площадь практически в 10 раз большую – 1,5 га, а следы отдельных сараев и хозяйственных ям увеличивали площадь интенсивно преобразованной территории еще в 8 раз – до 12,5га. Если сравнить эту величину с площадью городища, то получится соотношение 73:1. И это без учета территории, которую занимали сенокосы, пастбища и другие участки, где изменения ландшафтов были не столь кардинальны. Следовательно, даже при самых приблизительных подсчетах, степень антропогенного изменения ландшафтов в прошлом была достаточно велика.

В основе археологического подхода в выявлении зон хозяйствования – находки обломков керамики и прочих артефактов. Какие-то из них могли не сохраниться за последние годы активных раскопок.

Поэтому использование междисциплинарного подхода представляется более адекватным. Как основа нами был рассмотрен подход В.А. Низовцева по выявлению зон различных типов хозяйствования на основе геоморфологической специфики ландшафтов. Используя составленные им карты зон хозяйствования для Дьяковского городища [1] и принимая во внимание определенную условность идентификации и рамки этого метода мы рассчитали по ним площади этих зон в программе AutoCAD, и получили результаты, соотносимые с данными археологического подхода по Ростиславлю. Но масштабы территорий, получавших антропогенную нагрузку, оказались намного шире. Площадь распространения влияния хозяйственной деятельности, таким образом, доходит до 950 Га вокруг городища. А городищ такого типа было выявлено достаточное количество, чтобы можно было говорить не о точечном характере влияния хозяйственной деятельности, а увидеть линейную структуру антропогенно-преобразованных ландшафтов вдоль рек, поскольку все поселения были на мысах в бассейнах рек.

Различия типов антропогенного преобразования проявляются в степени интенсивности антропогенного воздействия. Отмечено, что степень преобразования почвенного покрова радиально уменьшается от центра поселения к периферии, где преобладают огородные и пахотные горизонты. Минимальный уровень преобразования характерен для более отдаленных от центра (ядра поселения) районов пастбищ, сенокосов, заготовки древесины. Границы этих районов достаточно условны и динамичны. По мере развития поселения они могут расширяться, при ослаблении поселенческой активности границы сужаются.

Неразрывность и взаимосвязь типов антропогенного воздействия показывает, что чем больше площадь поселения, тем больше земель вокруг подвергается антропогенному воздействию в той или иной степени.

Учитывая, что по данным раскопок, поселения одного хроносреза и культуры располагались в бассейнах рек Центральной России, мы наложили результаты расчетов по Дьякову городищу на аналогичные, отмеченные на карте Кренке за 2010 год [3], а затем экстраполировали и на другие объекты в Центральной России. За основу были взяты карты, разработанные археологами на базе фиксации мест обнаружения подъемного материала [3, 4, 5].

Различия, полученные при разных подходах позволяют наиболее полно оценить области с антропогенным следом, поэтому материалы, полученные только по подъемному материалу не стоит сбрасывать со счетов. Мы составили общую карту зон, на которой площади, полученные по данным археологов и после экстраполяции объединены.

Установлено, что площади зон хозяйствования, рассчитанные по данным археологического метода, в 1,5 раза меньше площадей, полученных нами при учете также и геоморфологического подхода.

Учитывая приведенные выше вычисления соотношения площадей обживания и освоения, можно уверенно говорить, что в районах проживания представителей дьяковской культуры природных нетронутых ландшафтов как таковых не было, вся территория на много километров вокруг прошла через регулярные вырубки, палы, распашку и иную разновидность хозяйственной деятельности.

Экстенсивный характер землепользования в раннем железном веке способствовал масштабным преобразованиям, затрагивающим огромные площади. Это позволяет говорить, что по своей интенсивности данные преобразования являлись гораздо более значимыми, чем представляется на сегодняшний день.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта 14-27-00133.

Литература

1. *Гравес И.В., Галкин Ю.С., Низовцев В.А.* Ландшафтный анализ формирования поселенческой структуры московского региона.// Археология Подмосковья: Материалы научного семинара. Выпуск 5. М.: Ин-т Археологии РАН. 2009. С. 43-55

2. *Коваль В.Ю.* Новые данные о Ростиславском городище эпохи раннего железного века // Тр. Музея истории города Москвы. Выпуск 10. 2000. С. 26-32

3. *Кренке Н.А.* Дьяково городище: культура населения бассейна Москвы-реки в I тыс. до н.э. – I тыс. н.э. М.: Ин-т Археологии РАН. 2011. С. 285-289, 542.

4. *Сыроватко А.С.* Юго-восточное Подмосковье в железном веке: к характеристике локальных вариантов дьяковской культуры. М.: Издательство CheBuk, 2009. С. 28-35, 257-258.

5. *Столяров Е.В.* Динамика освоения территории бассейна верхней Оки в эпоху раннего железного века (VI век до н.э. – I век н.э.).// Археология Подмосковья: Материалы научного семинара. Выпуск 9. М.: Ин-т Археологии РАН. 2013. С. 30-40.

ВЫЯВЛЕНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ СТРУКТУРЫ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Буторина С.А., Грищенко М.Ю., Морозова А.В., Соколов Л.С.
МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
m.gri@geogr.msu.ru

Тепловой диапазон электромагнитного спектра является уникальным источником информации для наук о Земле. На снимках, полученных в этом диапазоне, находит отображение тепловое излучение – характеристика объекта, которую невозможно получить с помощью других типов данных дистанционного зондирования.

Несмотря на значительный срок использования этого диапазона в исследованиях Земли, его возможности раскрыты далеко не полностью, особенно в исследованиях регионального уровня, опирающихся на космические данные с ресурсных спутников.

На любом тепловом снимке местность представлена как совокупность участков, различающихся по интенсивности теплового излучения. В нашей работе для обозначения неоднородности теплового излучения местности мы применяем термин "тепловое поле", который, с одной стороны, подчёркивает излучательный характер этих неоднородностей, а с другой – физическую особенность теплового излучения, определенного во всех точках пространства и меняющегося во времени, т.е. имеющего свойство поля. Аанализ тепловых снимков показывает; во-первых, что тепловое поле любой местности обладает выраженной гетерогенностью; во-вторых, что неоднородности теплового поля в значительной степени связаны с географическими факторами (географическая широта, континентальность климата, абсолютная высота), которые определяют местные характеристики рельефа, растительного покрова, состояния грунтов и др.; в-третьих, что тепловое поле любой местности обладает высокой изменчивостью в суточном и сезонном ходе – изменчивость определяется неравномерностью поступления солнечной радиации, от которой зависит проявление тепловых и излучательных свойств географических объектов. Следовательно, характер изменчивости интенсивности теплового излучения географических объектов связан с их свойствами. В связи с этим, совместный анализ единичных тепло-

вых снимков нам представляется менее эффективным, чем использование многовременных снимков, содержащих больший объём информации о тепловом поле и его изменчивости. Многовременным космическим снимком называется набор сопоставимых разновременных космических снимков [1].

При использовании многовременных тепловых снимков каждой точке земной поверхности можно поставить в соответствие не одно значение яркости снимка, а массив значений, в котором количество значений определяется количеством исходных снимков. Такой массив значений носит название временной образ (по аналогии со спектральным образом) [2]. Различия в тепловых и излучательных свойствах географических объектов (природных территориальных комплексов) определяют принципиальную возможность их дешифрирования по тепловым многовременным снимкам. Результаты такого дешифрирования назовём картами тепловой структуры. Под тепловой структурой мы понимаем обусловленное неравномерностью теплового поля сочетание участков местности, характеризующихся различными типами сезонной динамики интенсивности теплового излучения.

Мы предлагаем методику дешифрирования тепловой структуры местности, результаты которой несут информацию о пространственном распределении геосистем этой местности. Она основана на кластеризации многовременных тепловых космических снимков с помощью метода ISODATA и сопоставлении полученных результатов с картографическими и аэрокосмическими материалами.

В нашей работе исследованы следующие территории: Москва, южная часть Нижнего Новгорода, новые территории Москвы, Алтачейский заказник, кальдера вулкана Головина. Среди них две территории, для которых характерны преимущественно антропогенные геосистем (Москва, южная часть Нижнего Новгорода), две территории с преобладанием природных геосистем (Алтачейский заказник, кальдера вулкана Головнина) и одна территория, где антропогенные и природные геосистемы распространены примерно в равной степени (новые территории Москвы).

Исходными материалами стали разносезонные тепловые снимки, полученные съёмочными системами ETM+ и TM.

Анализ результатов дешифрирования тепловой структуры городских территорий позволяет сделать вывод о том, что антропогенные геосистемы хорошо выделяются по многовременным тепловым

снимкам. Хорошо дешифрируются промышленные зоны (для них характерна наиболее высокая интенсивность теплового излучения), жилые районы, городские леса (они отличаются пониженной интенсивностью теплового излучения). Выявлено разделение жилых районов по степени озеленённости. В случае Нижнего Новгорода заметное влияние на тепловую структуру оказывает рельеф местности. При дешифрировании многовременных тепловых снимков на природные территории выявлено распределение геосистем природного происхождения. Так, я случае Алтачейского заказника выделены леса по породному составу, степи разных видов, участки гарей. Самая высокая интенсивность теплового излучения характерна для сухих степей, самая низкая – для более влажных сосново-берёзово-лиственничных лесов по вершинам Заганского хребта. наибольшую площадь на исследуемой территории занимают сосняки. Заметна дифференциация геосистем по степени увлажнённости (сухие степи – луговые степи – лесостепи – сосняки – мелколиственные леса – сосново-берёзово-лиственничные леса. Выявлены характерные высотные пояса. На территории кальдеры вулкана Головнина дешифрируются участки проявления вулканической активности и местность, подверженная их влиянию (отличаются повышенной интенсивностью теплового излучения), участки разного растительного покрова. Значительную площадь занимает озеро Горячее, отличающееся, вопреки своему названию, пониженной интенсивностью теплового излучения. На новых территориях Москвы выделены геосистемы промышленных зон, участков многоэтажной и малоэтажной застройки, дачных посёлков, обрабатываемых полей, луговых территорий, лесов. Заметна дифференциация выявленных геосистем по степени антропогенной преобразованности.

Итак, при дешифрировании тепловой структуры мы можем выявить геосистемы, различающиеся по степени проявления ведущего фактора их функционирования. Для антропогенных и природно-антропогенных территорий таким фактором является антропогенная преобразованность. В городах значительное влияние оказывает плотность городской застройки. В случае исследованных природных территорий основные факторы тесно связаны с рельефом. Для территории Алтачейского заказника это увлажнённость грунтов, зависящая от суммы осадков, которая в данном случае увеличивается с абсолютной высотой местности. Для кальдеры вулкана Головнина –

распределение проявлений вулканической активности и экспозиция склонов.

Полученные результаты имеют ценность в ландшафтном картографировании при выделении геосистем разного иерархического уровня.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 13-05-00904, 13-05-12047, 13-05-41233, 14-05-31384).

Литература

1. *Балдина Е.А., Грищенко М.Ю.* Картографирование тепловых аномалий Москвы по разносезонным тепловым снимкам // Геоэкологические проблемы Новой Москвы. — М.: Медиа-ПРЕСС. 2013. С. 70–76.

2. *Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И.* Аэрокосмические исследования динамики географических явлений. М., Изд-во Моск. Ун-та, 1991. – 206 с.: с илл.

НЕМОРАЛИЗАЦИЯ ЛЕСНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Вершинина О.М.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова, г. Санкт-Петербург, Россия
olga.vershinina@binran.ru

Работа посвящена исследованию текущих и возможных изменений растительных сообществ еловых лесов на границе бореальной и гемибореальной зоны на примере пригородных парков Санкт-Петербурга. Изучение устойчивости и распространения различных типов лесов на границе зон является одним из важных аспектов мониторинга глобальных изменений климата. Наше исследование выполнено в фитогеографическом районе Egf (Восток Финского залива) гемибореальной зоны, расположенном на границе с южной тайгой. Продолжительность периода вегетации в данном регионе составляет 128-150 дней, что позволяет существовать довольно разнообразным типам лесов, однако коренная растительность данной территории представлена преимущественно сообществами класса Vaccinio-Piceeta.

Создание парковых ансамблей в окрестностях Санкт-Петербурга в XVIII веке явилось своеобразным экспериментом по интродукции

и акклиматизации разнообразных видов растений. В период с 2004 по 2014 гг. нами было проведено исследование фрагментов еловых лесов на территории парков Петергофской дороги, расположенных на 59° с.ш. 29° в.д. Экология и структура этих экосистем мало изучены, в то время как эти парки имеют большое значение для поддержания биологического разнообразия в регионе. Основная цель нашего исследования заключается в установлении характерных черт еловых лесов в парках. Выполнено 58 стандартных геоботанических описаний фрагментов елового леса в парках и 17 геоботанических описаний в естественном ельнике, расположенном в том же регионе исследования и практически не подвергающемся рекреационной нагрузке. Естественный ельник классифицирован как Rhodobryo rosei-Piceetum abietis subass. typicum var. Acer platanoides. В общей сложности в парковых ельниках отмечено 136 видов сосудистых растений и 21 вид мохообразных, в естественном ельнике - 82 вида сосудистых растений и 16 видов мохообразных. Мы привлекли множество исторических документов и биологических архивов для сравнения с нашими данными. Хотя в парках еловые леса возобновлялись от различных стадий (либо от остатков естественных лесов в этом регионе, либо восстанавливались после почти полной замены на широколиственные породы и южные экзоты), скорость восстановления в каждом парке в большей степени определяется окружающей растительностью, чем стадией, от которой ельник восстанавливается.

По структуре, составу и покрытию различных видов (особенно по участию широколиственных пород в верхнем ярусе древостоя более 0,2, выраженной ранневесенней синузии и высокому обилию неморальных видов) парковые ельники близки к естественным еловым лесам типа Rhodobryo rosei-Piceetum abietis subass. caricetosum pilosae var. Acer platanoides [1]. Этот тип был описан для северо-запада Брянской области, примерные координаты 52°-53° с.ш. 33°-34° в.д. При анализе видового состава выявлено, что 86 видов являются общими для парков и естественных лесов данного региона (из них 41 совпадение встречаемости и обилия), в то же время 61 вид – общие для парков и брянских лесов (33 совпадения встречаемости и обилия). Применение коэффициента общности, или индекса Чекановского-Съеренсена [6] показало, что хотя парковые ельники схожи с естественными лесами региона исследования (0,675), их сходство с южными ельниками также велико (0,526), в то же время сходство между естественными лесами выше (0,717), что подтверждает уникальность сформировавшихся в парках растительных сообществ.

Эколого-ценотический спектр парковых ельников включает следующие группы: неморальная (42 вида), бореальная (33 вида), луговая (23 вида), нитрофильная (20 видов), водно-болотная (7 видов) и боровая (6 видов). Также была выделена группа адвентивных видов, не имеющих четкой приуроченности к определенным условиям на территории парков (5 видов). Сравнение состава травяного яруса ельников в настоящее время с описаниями 20-, 40- и 90-летней давности выявило лишь незначительные колебания в численности неморальной, луговой и нитрофильной группы, в то время как бореальная и боровая группы показали равномерное снижение встречаемости и покрытия.

Предшествующими исследованиями было установлено, что неморализация хвойных фитоценозов сближает видовой состава лесных ценозов классов Querco-Fagetea и Vaccinio-Piceeta [3]. Аналогичный процесс идет в парковых сообществах, однако дополнительное внесение новых видов, а также транспортировка в парки больших объемов воронежского чернозема по-своему повлияли на ход развития сообществ. Несмотря на сходство с обеими выборками естественных лесов, еловые леса в парках имеют уникальные черты в структуре и составе, которые делают эти парки ценными для сохранения и дальнейшего исследования. Некоторые виды, занесенные в парки на ранних этапах их создания (Impatiens parviflora, Poa chaixii), продолжают занимать фитоценотически устойчивое положение в последние 100 лет.

Основное отличие в режиме парков от естественных мало нарушенных лесов региона – обилие мелких выгораний от кострищ и непотушенных окурков. Ежегодно мы фиксировали в парках от 1 до 5 таких выгораний на 100 га, средний размер нарушений около 2 м^2. Подобные микросайты являются благоприятными для возобновления древесных пород [5]. Следствием этого является обильное возобновление не только ели, но также широколиственных пород (в основном, Acer platanoides и Quercus robur). Уникальным для данного фитогеографического района является также умеренное возобновление пихты (Abies sibirica). Будучи завезенной в регион при создании парков, в настоящее время пихта находится в лесорастительных условиях, близких к Rhodobryo rosei-Piceetum abietis subass. abietetosum sibiricae, которая встречается в республике Марий-Эл, Костромской и Нижегородской областях и представляет собой наиболее восточный вариант рассматриваемой ассоциации [2].

Таким образом, антропогенные мелкомасштабные нарушения в парках не только увеличивают видовое богатство травяного яруса в

противоположность естественным нерекреационным лесам региона исследования, но и влияют на ход возобновления древесных пород, что позволяет нам рассматривать такие нарушения в качестве важного фактора продвижения южных типов лесных растительных сообществ на север. Учитывая, что в атлантический период голоцена на данной территории успешно росли даже более южные типы леса [4], в условиях отсутствия экстремальных зим при сохранении текущего режима охраны можно предположить дальнейшее устойчивое развитие этих парковых сложных ельников.

Литература

1. Булохов А.Д., Соломещ А.И. Эколого-флористическая классификация лесов Южного Нечерноземья. Брянск: Изд-во БГУ. 2003. 359 с.

2. Заугольнова Л.Б., Морозова О.В. Распространение и классификация неморально-бореальных лесов // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М.: Наука. 2004. Кн. 2. С.13-62.

3. Любина О.Е. Оценка регионального фиторазнообразия растительности на основе концепции пула видов / Автореф. канд.биол.наук. КГУ, Казань, 2010, 27 с.

4. Цинзерлинг Ю.Д. География растительного покрова Северо-Запада европейской части СССР // Тр. Геоморфологического ин-та. 1934. Вып. 4. 377 с.

5. Grenfell R., Aakala T., Kuuluvainen T. Microsite occupancy and the spatial structure of understorey regeneration in three late-successional Norway spruce forests in northern Europe // Silva Fennica, 2011. Vol. 45. P. 1093-1110.

6. Sørensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Biologiske Skrifter / Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. 1948. Vol. 5. P. 1-34.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В АЛТАЙСКОМ РЕГИОНЕ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ РЕКРЕАЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Гармс Е.О.[1], Сухова М.Г.[1,2], Политова Н.Г.[2]

[1]Институт водных и экологических проблем, г. Барнаул, Россия

[2]Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск, Россия

mar_gs@ngs.ru

Для изучения региональных особенностей изменения климата в Алтайской горной области нами проанализированы данные метео-

станций, расположенных на различных высотных уровнях и в различных физико-географических условиях за период с 1934 г. по 2013 г., однако периоды наблюдений различаются. Метеостанция Усть-Кан расположена в среднегорной Канской котловине Центральной провинции (h 1037 м), Кош-Агач находится в высокогорной Чуйской котловине Юго-Восточной провинции (h 1758 м), Кара-Тюрек на водоразделе Катунского хребта (h 2600 м) Центральной провинции.

В результате проведенных расчетов годовой температуры воздуха и температуры сезонов года в календарных рамках установлен диапазон различий в средней годовой температуре, составляющий от 1,4 °С на ГМС Кара-Тюрек до 3,8°С на ГМС Кош-Агач. С конца 60–х годов и до 2009 года происходит постепенное повышение среднегодовых температур воздуха, что характерно и всей территории Алтая [1, 2]. Период с 2010 г. по 2012 отличается значительным понижением, затем в 2013 г. среднегодовая температура вновь увеличивается. Данный факт свидетельствует о том, что на фоне общего потепления наблюдаются значительные флуктуации температуры воздуха, однако изменение средней годовой температуры происходят во всех высотных поясах.

Интенсивность потепления в пределах горной территории достигает максимальных значений в межгорных котловинах [2, 3], что подтверждается данными ГМС Усть-Кокса, Кош-Агач, хотя на всех четырех наблюдаемых метеостанциях наблюдается повышение температуры приземной атмосферы, наиболее сильно выраженное в зимние и весенние месяцы.

Начиная с шестидисятых годов и до настоящего времени, процесс потепления увеличивается, и наиболее теплой была зима 2001-2002 года. В январе – феврале 2002 г. средняя месячная температура на 10 - 12°С превышала среднюю многолетнюю.

В летний период потепление уменьшается. Также наблюдается уменьшение контрастности температур между положительными и отрицательными формами рельефа (высокогорные водоразделы – днища межгорных котловин); уменьшение контрастности температур между сезонами года.

Алтайский регион обладает богатым рекреационно-туристическим потенциалом, который во многом зависит от природно-климатических условий. При этом именно биоклиматические условия и ресурсы имеют высокую значимость, поскольку именно

они определяют пространственную организацию, временные ограничения и специфику отдыха. Оценка биоклимата как жизнеобеспечивающего фактора требует учета множества параметров, сочетание которых обусловливает интегральный эффект его воздействия на человека.

На основе авторской методики [3], нами произведен расчет повторяемости дней различной степени благоприятности погоды для организма человека за два периода 1971-2000 и 2001 – 2011 гг.

В результате установлено, что увеличение дней с благоприятной для жизнедеятельности человека погодой характерно только для Северо-Алтайской провинции, что в целом способствует улучшению качества жизни и развитию рекреации. Во всех провинциях наблюдается уменьшение числа дней с неблагоприятной погодой, особенно эта тенденция проявляется в Северо-Восточной провинции.

За холодный период года увеличение числа дней с относительно благоприятной погодой составило для северных районов менее 20% от продолжительности периода, на юге региона от 20 до 40%. В последние десятилетия климатические условия холодного полугодия стали более комфортными для зимних видов отдыха. На фоне уменьшения числа дней с экстремально низкими температурами произошло заметное увеличение числа дней с относительно благоприятной погодой, которая способствует рекреационной деятельности. В теплый период года в котловинах возросла повторяемость экстремально жаркой погоды на 10-20%. В то же время в среднегорье и высокогорье произошло увеличение числа дней с погодой комфортной.

Однако представленные расчеты осуществлялись без учета повторяемости неблагоприятных погодных явлений в общей тендеции.

Наблюдаемые изменения климата для туристско-рекреационной деятельности наряду с позитивными явлениями имеют и ряд отрицательных:

- сокращение площади ледников, одних из наиболее привлекательных объектов рекреации;
- уменьшение продолжительности залегания снежного покрова и его высоты;
- рост сложности прохождения маршрутов по ледникам, в результате увеличения открытых трещин.

- в котловинах в периоды очень жаркой погоды возникает явление духоты, которое вызывает чрезмерное тепловое напряжение систем терморегуляции;
- увеличение интенсивности осадков чревато резким повышением уровня воды в реках и подтоплением пойменных участков и низких террас, используемых туристами для бивуаков, усилением селевых и оползневых процессов, смывом почвенного покрова, изменением характера препятствий на сплавных реках, увеличением схода лавин, камнепадов.

Для оценки влияния прогнозируемого изменения климата на состояние рекреационных ресурсов были использованы основные параметры природной среды и их показатели, которые определяют рекреационный потенциал. В результате пофакторной оценки и установления динамики была выявлена тенденция ухудшения состояния биологических и гидрологических рекреационных ресурсов по ряду показателей. Геоморфологические ресурсы характеризуются стабильным состоянием.

Таким образом, деградация наиболее важных средообразующих ландшафтов уже сейчас негативно сказывается с одной стороны на функционировании горных экосистем, с другой стороны, в сочетании с изменением климатических условий в сторону дискомфорта, уменьшает туристско-рекреационную привлекательность региона, для которого рекреационное природопользование является основным.

Работа выполняется в рамках гос. задания Министерства образования и науки РФ №440, а так же при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №12-05-00108-а.

Литература

1. *Харламова Н.Ф., Сухова М.Г.* Динамика изменений температуры воздуха приземной атмосферы в Алтае-Саянском экорегионе. / Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы): Материалы международной научной конференции (г.Воронеж, 26-27 июня 2012 г.) - Воронеж: Изд-во "Научная книга", 2012. - С.168-174.

2. *Sukhova, M. G., Garms, E.O., Politova, N.G.* Diagnostics of reaction of mountain ecosystems of Altai on regional climate changes// 3rd International Scientific and Practical Conference «Science and Society». 20-21 March 2013, London. P. 46-54.

3. Сухова М.Г. Эколого-климатический потенциал горных территорий// ISBN 978-3-8433-0111-4. - Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2010. – 312 с.

ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЛЕТНЫХ ПУТЕЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ В СТАРООСВОЕННЫХ РЕГИОНАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Глазов П.М.[1] ,Тертицкий Г.М.[1], Покровская О.Б.[2], Медведев А.А.[1], Гунько М.С.[1]

[1]Институт географии РАН, Москва, Россия

[2]Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия

glazpech@mail.ru

Гуси, мигрирующие весной с европейских мест зимовок к арктическим районам гнездования, не могут совершить миграцию без остановок. Необходимость пополнения энергетических запасов во время остановок на водно-болотных и сельскохозяйственных угодьях Европейской части России ставит актуальную задачу по исследованию динамики данных ландшафтов и общего использования земель по маршрутам пролета.

Основные виды гусей, мигрирующие через центр Европейской части России это белолобый гусь (*Anser albifrons*), гуменник (*Anser fabalis*) и белощекая казарка *(Branta leucopsis)*. Весенняя миграция - это важная стадия их жизненного цикла продолжительностью от 2-4 месяцев.

Ежегодно около 2 000 000 гусей, пролетающих весной через Европейскую часть России, должны найти места для кормежки и отдыха перед последним перелетом к местам гнездования в Арктике. Однако количество таких мест ограничено, поэтому гусям необходимо выработать миграционную стратегию таким образом, чтобы максимально использовать возможности пригодных для остановок территорий и впоследствии достичь мест гнездования в наилучшем для размножения состоянии. Следовательно, сеть миграционных остановок в Европейской России играет важную роль в жизненном цикле перелетных гусей. Наиболее важные места остановок связаны с открытыми биотопами – болотами, поймами рек, озер и, главным образом, агроландшафтами.

Выявленные в последние десятилетия «быстрые» изменения климата влияют на разнообразие, распространение и численность позвоночных животных. Еще большее влияние оказывают на них

социально-экономические факторы, трансформация которых в период переходной экономики в Российской Федерации оказывает разномасштабное и разнонаправленное влияние на состояние местообитаний животных, их кормовую базу, пути миграции, места гнездования и зимовок.

Гуси уже несколько веков неразрывно связаны с искусственными ландшафтами, созданными человеком – агроландшафтами. Существенное влияние на особенности миграции гусей оказывают трансформация этих ландшафтов и изменения в использование земель.

Наиболее крупные остановки гусей, как правило, располагаются в местах, где крупные водоемы окружены сельскохозяйственными угодьями. За последние годы в сельском хозяйстве РФ произошли значительные изменения. Снижение численности сельского населения, отмена или сокращение государственных дотаций и падение рентабельности с/х производства в 1990-2010 гг. привело к значительному сокращению обрабатываемых земель в Центральном регионе РФ. Общая площадь сельскохозяйственных земель в этом регионе сокращалась постоянно на протяжении 20-го века, но с 1990 г. этот процесс значительно ускорился. В 4-х областях региона Верхней Волги (Костромская, Ярославская, Ивановская и Владимирская области) с 1897 по 1990 г. снижение площади сельхозугодий составило 2255 тыс. га, а за период с 1990 по 2007 – 1546 тыс. га. Посевные площади за последние 20 лет сократились во всех 4 областях. Сокращение посевных площадей составило от 1,7 – 2,5 раз. Процент залесенности территорий Верхневолжья за последние 20 лет вырос на 8% в целом (Костромская, Ивановская, Ярославская, Тверская и Новгородская области). Площадь обрабатываемых земли здесь же сократилась как минимум в 1,5 раза.

Согласно анализу космических снимков наиболее существенные изменения обрабатываемых земель происходят в Ивановской, Ярославской и на юго-западе Костромской области.

Таким образом, современная структура землепользования на исследуемой территории претерпевала существенные изменения за последние два десятилетия. В течение всего этого периода в целом наблюдается снижение пахотных земель на 22-27%. Наиболее существенные изменения происходят в отдаленных от районных центров и крупных населенных пунктов территориях со слабой инфраструктурой и низкой плотностью населения.

Такая картина характерна для всей центральной части Европейской России. Экономический спад сельскохозяйственного производства напрямую отражается на состоянии и качестве полей. Поля, не используемые хотя бы два года, становятся не интересны для гусей в качестве мест остановок и питания. На этих полях сдвигаются фенологические показатели, появление молодой травы происходит в среднем на неделю позже из-за образования травяного войлока. Со временем начинают преобладать сорные виды, которые, кроме того что забивают злаковую растительность, создают помехи для обзора пасущихся гусей. Качество обзора, в свою очередь, напрямую влияет на безопасность и возможность вовремя подать сигнал опасности, поэтому гуси стараются выбирать открытые безопасные места.

Производство зерновых и картофеля в настоящее время сосредоточено в основном вокруг областных центров и крупных городов. Здесь же наблюдались и наиболее крупные скопления гусей. Концентрации гусей вокруг городов также способствует то, что районы с наиболее интенсивным сельским хозяйством попадают в границы так называемой «зеленой зоны». Это территория вокруг областных центров (Ярославль, Кострома и др.) и других крупных городов, где охота запрещена.

Места массовых остановок птиц во время весенних миграций, наравне с оптимумом гнездового ареала, районами зимовок и линьки, являются наиболее важными в жизненном цикле и определяют благополучие вида в целом. Сохранение биотопов в этих районах и создание в них «зон покоя» позволяет поддерживать стабильную численность популяции.

Важную роль играет и охранный режим территорий, так как гуси относятся к группе охотничьих видов, для которых весенняя охота является одним из важных факторов, влияющих на миграцию. Охота в целом, а особенно не регулируемая, является одним из основных факторов беспокойства птиц. С развалом советской системы охотконтроля, а затем и постоянного реформирования этой системы, привело к тому, что практически был утерян контроль над соблюдением правил проведения охоты, нормой добычи и даже сроками охоты.

Для гусей на местах остановок важно сочетание кормовой базы и мест отдыха. Место отдыха обычно располагается недалеко от водного объекта, не далее 5 км и, как показывают наши исследования, необходимым условием является охранный режим территории. Ох-

ранный режим может быть как естественным (труднодоступные участки) так и поддерживаемым искусственно (ООПТ различного уровня, охранные зоны заповедников, охотничьих угодий и просто территории с охранным режимом, поддерживаемым местным населением). Как правило, это все-таки территории с оформленным статусом ООПТ любого уровня и сохраняющимся режимом охраны.

На основе полевых данных и данных спутникового мечения птиц сделан важный вывод о низкой эффективности существующей системы особо охраняемых территорий для сохранения мигрирующих птиц в регионах Верхней Волги. Анализ направления миграций и активности птиц на отдыхе с помощью спутникового мечения показал необходимость корректировки действующей системы ООПТ и необходимости введения сезонных режимов охраны на отдельных местах остановок гусей во время весенней миграции.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №13-05-41392 РГО_а.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕБ-ГИС «КЛИМАТ» ДЛЯ АДАПТАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ

Гордова Ю.Е., Титов А.Г., Шульгина Т.М., Мартынова Ю.В.
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия
office@scert.ru

Работа посвящена применению разработанной объединенным коллективом сотрудников Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН и Томского государственного университета вычислительной веб-ГИС «Климат» для повышения уровня информированности населения о происходящих и будущих климатических изменениях, как основы для последующей адаптации к ним.

Веб-ГИС «Климат» (http://climate.scert.ru/) объединяет современные концепции Web 2.0 и обеспечивает возможности для исследования региональных климатических изменений и их последствий путем предоставления доступа к климатическим и метеорологическим

моделям, большим наборам геофизических данных и средствам их обработки и визуализации. Также система используется для совместной разработки программных приложений распределенными научными коллективами, проведения научных исследований на основе этих приложений и организации обучения студентов и аспирантов. Кроме того, возможности платформы позволяют создавать информационные ресурсы для повышения уровня информированности населения населения о климатических изменениях, их причинах и последствиях, что является необходимым шагом для последующей адаптации к ним.

Авторизованный пользователь системы взаимодействует с интернет-порталом системы через стандартный веб-браузер. С помощью графического интерфейса пользователь может, используя функциональность ГИС, манипулировать результатами обработки и анализа, представленными в виде векторных и растровых слоев на географической карте выбранного региона. Пользователь имеет доступ как базовым пространственным данным в виде картографических слоев (layers), так и может создавать новые слои, полученные на основе обработки архивов геофизических данных и результатов численного моделирования, имеющихся в системе хранения данных Платформы. Пользователю предоставляется возможность выбирать интересуемую географическую область, проводить увеличение и уменьшение масштаба, получать значения со всех слоев в географической точке, производить дополнительную обработку ранее полученных результатов (например, сравнение данных с различных слоев).

Базовый информационный курс по климатическим изменениям размещается в открытом доступе и ориентирован на широкие слои населения. В рамках курса доступным языком излагаются и популярно иллюстрируются основные понятия и проблемы современных климатических изменений и их возможных последствий. Особое внимание уделяется региональным климатическим изменениям. Помимо информационной части, курс также включает в себя подборку ссылок на научно-популярные сетевые ресурсы по актуальным вопросам наук о Земле и ряд практических заданий для закрепления материала, которые выполняются для конкретной территории. В рамках заданий пользователям необходимо проанализировать заранее подготовленные в рамках системы картографические слои и ответить на вопросы, представляющие непосредственный интерес для населения: «Как изменились минимальные значения зимних темпе-

ратур в Вашем регионе?», «Какова динамика максимальных летних температур?» и т.д. Проведение самостоятельного анализа динамики климатических изменений способствует лучшему пониманию происходящих климатических процессов и, как следствие, адаптации к происходящим изменениям.

Курс пополняется за счет получаемых при помощи системы новых результатов анализа происходящих и возможных будущих климатических изменений. В процессе проведения в системе новых исследований происходит генерирование новых знаний. Например, в результате увеличения пространственного разрешения полей метеорологических величин результаты исследований, представленные картографическими слоями, становятся более детальными, что, впоследствии, находит свое отражение в климатических характеристиках для исследуемого региона.

Прохождение такого курса повышает уровень информированности широких слоев населения, а также подготавливает пользователя к последующей регистрации в системе и работе с ее инструментарием при проведении самостоятельных исследований.

Литература:

1. Гордов Е.П., Лыкосов В.Н., Крупчатников В.Н., Окладников И.Г., Титов А.Г., Шульгина Т.М. Вычислительно-информационные технологии мониторинга и моделирования климатических изменений и их последствий / Новосибирск: Изд-во Наука, Сибирское отделение, 2013. – 199 с.

2. Гордова Ю.Е., Генина Е.Ю., Горбатенко В.П., Гордов Е.П., Кужевская И.В., Мартынова Ю.В., Окладников И.Г., Титов А.Г., Шульгина Т.М., Барашкова Н.К. Поддержка образовательного процесса в области современной климатологии на основе веб-гис платформы «Климат». – Открытое дистанционное образование, 2013, №1 (49), с. 14-19.

ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ НАГРУЗОК ДРЕВНИХ ГОРОДОВ

Долгих А.В.
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
dolgikh@igras.ru

В Европейской части России расположены многие древние урбанистические центры нашей страны. Некоторые из них перестали

существовать (древнегреческие полисы, города древнерусских княжеств, хазар, булгар), другие же продолжают функционирование на протяжении многих веков, а иногда более тысячи лет. Почвы и культурные отложения древних городов являются примером наиболее трансформированных антропогенной деятельностью почвенных систем. Почвенно-литогенные образования городов (культурные слои, педолитоседименты или урбоседименты) можно отнести к антропогенной разновидности поверхностно-почвенных седиментационных систем, формирующихся при постепенном накоплении мелкозема, поступление которого не прерывает текущий (синхронный) педогенез. В результате такого взаимосвязанного протекания седиментации и педогенеза образуются толщи урбоседиментов (Глазовская, 2009).

Глубина залегания культурных отложений в древних городах Европейской России от 10 см до более десяти метров, в Париже до 20 м, в Лондоне до 25 м, в Киеве до 40 м. В городах лесной зоны в условиях гумидного климата и затрудненного дренажа доминируют переувлажненные органические слои (торфообразная масса), в условиях свободного дренажа – слабо увлажненные органо-минеральные слои (гумифицированная масса). В условиях сухого климата в городах степной зоны формируются малогумусные сухие лессовидные минеральные слои. Урбоседименты городов представляют собой мощные закономерно построенные толщи, формирующиеся под воздействием последовательно и/или совместно протекающих процессов антропогенной седиментации, и педолитогенной трансформации. Так как седиментация идет быстро, почвенные процессы успевают лишь слабо переработать материал культурного слоя, который через относительно небольшое время оказывается на глубине 1,5–2 м и более, и уже подвергается воздействию иных, диагенетических процессов. Почвенные процессы выражены в формировании самостоятельных профилей слаборазвитых почв, соответствующих периодам замедления или полной остановки седиментации, а также в появлении почвенных признаков, рассеянных в толще культурного слоя. Кроме того, на глубине протекают процессы оглеения, что вызвано поднятием уровня грунтовых вод (вслед за поднятием поверхности культурного слоя). Под воздействием процессов педолитогенеза происходит разрушение артефактов, как непрочных, созданных из древесины, так и прочных (керамика, кирпич, фрагменты печей, домов, металлические изделия и др.). При развитии почв в мине-

ральном слое процессы гумификации органического вещества приводят к формированию более темных гумусовых горизонтов, но в органическом – сопровождаются разложением и минерализацией грубой торфообразной массы и снижением содержания органического углерода в пределах профилей слаборазвитых почв. Процессы оструктуривания выделяются по появлению комковатой и копрогенной зернистой структуры, как в профилях слаборазвитых почв, так и в общей массе слоя, до глубины 2 м по трещинам и ходам червей. На геохимических барьерах наблюдается аккумуляция элементов, в том числе токсичных. Особое значение имеет сорбционный барьер, приуроченный к переувлажненному органическому слою. Процессы накопления «антропогенных» элементов (тяжелые металлы, кальций, фосфор, углерод и др.) приводят к высокому загрязнению урбоседиментов, начиная с самых ранних этапов функционирования городов

Рассмотренные процессы формирования урбоседиментов древних городов определили их существенные отличия по строению и большинству физико-химических свойств не только от естественных, агрогенных почв, но и от антропогенно-преобразованных почв внегородских ландшафтов.

Работа выполнена при поддержке РНФ № 14-27-00133

ПОТОКИ УГЛЕРОДА В ДРЕВНИХ СЕЛИТЕБНЫХ ЛАНДШАФТАХ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

Долгих А.В., Кудиков А.В., Медведев А.А.
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
dolgikh@igras.ru

Запасы углерода в почвах лесных, сельскохозяйственных и залежных земель уже достаточно подробно изучены для различных природно-климатических условий (Schroeder, 1994; Post, Kwon, 2000; Imhoff et al., 2004; Zhou et al., 2007; Lorenz, Lal, 2009). О запасах органического углерода урбанизированных территорий известно гораздо меньше (Svirejeva et al., 2004). Происходящие сейчас быстрые и глобальные изменения в использовании сельскохозяйствен-

ных земель выступают как фактор, равноправный, по сравнению с изменением климата, в отношении величин и направленности потоков CO_2 между поверхностью наземных сообществ и атмосферой (Saunders et al., 2010). Ситуация с зарастанием залежей в России, сложившаяся в результате экономического коллапса 1990-х - начала 2000-х годов и вывода из оборота огромного массива аграрных угодий, не имеет аналогов в мире. Такими образом, в России образовались огромные площади «залежных» постагрогенных земель (67 – 68 млн. га, по Люри и др. 2010), на которых идет сукцессионное восстановление природных экосистем, их растительного и почвенного покровов.

Несмотря на значительное количество работ, посвященных процессам углеродного обмена на агрогенных и постагрогенных территориях, до сих пор подробно не изучены не только долговременные изменения аккумуляции и эмиссии углерода в течение всего периода постагрогенного развития ландшафтов, но и изменения связанные с другими типами антропогенных воздействий (особенно с урбанизацией). Площадь городов составляет около 2%, но на региональном уровне уже может достигать 10% от общей территории (Denisov et al., 2008;. Pickett et al., 2011). Рост урбанизации отмечается многими исследователями. Урбанизация преобладает в изменении типов землепользования (Saier,2007; Seto et al., 2011). Соответственно, селитебные ландшафты являются важной составляющей в углеродном балансе. Причем городские и сельские территории несут разный вклад. В древних городах крупным аккумулятором органического углерода является культурный слой (Александровский, Александровская, 1997; Prokofeva, Stroganova, 2004; Александровский, Александровская, 2005). Содержание углерода в нем выше 3-5%, местами выше 20% (He and Zhang, 2009; Долгих, Александровский, 2010). Глубина залегания культурных отложений от 10 см до нескольких метров (Alexandrovskaya, Alexandrovskiy, 2000; Долгих, 2010). Большинство оценок углерода сосредоточено на верхних горизонтах почв (FAO, 1995;. Nilsson et al., 2000). Поэтому необходимо учитывать все составляющие углеродного баланса. На примере Московского региона показано, что в селитебных функциональных зонах суммарный запас почвенного органического углерода в культурном слое почти в пять раз выше, чем в верхних почвенных горизонтах (Vasenev et al., 2013).

Зона южной тайги Восточно-Европейской равнины является регионом длительного хозяйственного освоения, начиная с раннего средневековья (VIII-IX вв.). Именно в этой зоне сформировалась Новгородская Русь, а впоследствии и Московское княжество. Начиная с ранних этапов землепользования, естественные ландшафты стали сменяться антропогенно-преобразованными. Так леса замещались вырубками, лугами и пашнями, городами и сельскими (внегородскими) населенными пунктами. С ростом городов связано вовлечение новых территорий, окружающих древние городские центры, на которых ранее располагались пашни, огороды и антропогенные луга. Как соотносятся процессы эмиссии и аккумуляции углерода в результате антропогенных трансформаций? Что происходит с углеродном балансом в случае характерных для исторических ландшафтов южной тайги изменения землепользования: лес – пашня – селитьба? Как влияют на углеродный обмен культурные слои древних городов, находящиеся на глубине до 10 м?

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №14-05-31392 и 14-05-00347

ИЗМЕНЕНИЯ НАПРАВЛЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ДОЛИНЫ ВЕРХНЕЙ КАМЫ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

Копытов С.В.
Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия
kopytov@psu.ru

Актуальной геоморфологической проблемой является установление временных рамок и причин последних масштабных изменений направленности русловых процессов р. Камы и ее притоков. Хорошая морфологическая выраженность многочисленных стариц, расположившихся вдоль относительно прямолинейных участков русла верхней Камы не позволяют сегодня сделать достаточно обоснованных выводов о продолжительности периода направленного «выпрямления» реки и масштабной перестройки пойменно-русловых комплексов (ПРК) [например, 4]. Восстановление очертаний и фор-

мы русел и пойм на различных этапах их развития по морфологическим следам на пойме, краям уступов террас и другим признакам, а также датировки выполняющих их отложений позволяет восстановить природную обстановку каждого этапа, темпы и направленность эрозионно-аккумулятивных процессов, выявить проявления трансформации ландшафтов, дать качественную оценку устойчивости долинных геосистем, предлагать научно-обоснованные варианты развития прибрежных территорий и акваторий.

Палеорусловедческие сведения интересны не только географам и геоморфологам, но и археологам. Один из актуальных вопросов современной науки о человеке и обществе – адаптация населения к меняющимся условиям окружающей среды в послеледниковье. Подобные исследования становятся в последнее время довольно популярными, в том числе в зарубежной науке [например, 7].

Цель работы – на основе имеющихся на данный момент материалов выявить характерные черты рельефообразующих процессов в пределах долины р. Камы в изменяющихся природных условиях голоцена. Объектом исследования являются ПРК долины верхней Камы, предметом – пространственно-временные особенности изменения активности и направленности русловых процессов.

Для достижения цели применялся ряд методов и подходов: 1) анализ архивного, фольклорного и другого документального материала (лоцманских карт, планов генерального межевания, хозяйств и заводских лесных дач Пермской губернии, гидрографических описаний, литературных источников, опросов местных жителей, данных о скоростях зарастания и заторфовывания стариц в условиях таежных ландшафтов) для исследования динамики русла; 2) анализ и обработка аэрофото- и космоснимков (SPOT 4, Fusion и др.), а также топографических карт (масштаба 1:25000, корректных для гидрологических исследований), чтобы выделить разновозрастные поверхности (генерации) в рельефе пойм и составить геоморфологические карты в среде ArcGIS; 3) проведение полевых исследований: зачистки разновозрастных уступов поймы, описание разрезов, отбор образцов на радиоуглеродный анализ.

Для исследования были выбраны два совершенно разных по морфологическому строению участка: до и после п. Бондюг. Первый участок долины Камы (п. Гайны - п. Бондюг) отличается большой периодической изменчивостью. На втором участке (от п. Бондюг до г. Соликамск) в долине наблюдается кардинальная смена структуры

ПРК. Здесь по сравнению с вышележащим отрезком речной долины образование террасового комплекса происходило еще в период существования Пра-Камы [2]. В раннем плейстоцене река имела меридиональное (вдоль Урала) направление и не имела связи с самым верхним участком русла современной Камы.

В качестве источников информации о морфологии русла и поймы Камы в историческом прошлом были использованы выдержки из писцовых книг И. Яхонтова и М. Кайсарова, опубликованные в трудах В.Н. Шишонко, В.Н. Берха, А. Дмитриева, а также исследования В.Ф. Генинга, В.А. Оборина, Г.Н. Чагина и др. [например, 1, 5, 6]. В литературе зачастую фигурируют населенные пункты, ранее располагавшиеся по берегам Камы, ныне же они размещаются на старицах или протоках.

На картографических материалах XVIII-XIX вв. с приемлемой для пространственного анализа подробностью (подобные планы создавались с помощью астролябии) изображались русла рек, а также типы землепользования по их берегам. При сравнении с современной ситуацией, можно предположить возраст некоторых стариц, ранее являвшихся излучинами – не более 200-230 лет.

Анализ торфоведческой литературы показывает, что после спрямления излучины примерная длительность периода сохранения староречья в виде озера может составлять от 500 до 2000 лет. По истечении стадии открытой воды старица проходит стадию болота и, после заполнения всего объема деградирующей русловой формы торфом и пойменным аллювием [например, 3], становится новым морфоэлементом поймы.

В ходе картографирования было выделено 6 разновозрастных генераций камской поймы, 2 надпойменные террасы, палеорусла. На основе результатов составленной рабочей карты-схемы были проведены геоморфологические исследования, во время которых особое внимание было уделено минимизации технических нарушений при отборе образцов. В частности, учитывались возможные физические и химические изменения датируемого материала в момент его образования и позднее, несоответствие материала датируемому событию. Упор делался на поиск материальных доказательств временного положения русел, полученных из русловых фаций голоценового аллювия, что в отличие от радиоуглеродных датировок старичных илов может характеризоваться большей надежностью и точностью при выполнении хронологических построений. На данный момент получены даты

для 10 образцов, разброс которых составил от 934±50 BP (SPb-990) до 4470±70 BP (SPb-1000).

Все картографические и исторические документы, показывающие нестабильность пространственного положения русла Камы, а, также, данные по длительности сохранения прорванных излучин в виде старичных озер, позволяют сделать осторожное предположение о времени их образования. По всей видимости, последнее массовое спрямление излучин на отдельных участках долины верхней Камы приходится на вторую половину субатлантического периода. Подобное развитие событий может быть объяснено изменением водности, сказавшейся, прежде всего, на обеспеченности руслоформирующих расходов верхнего интервала. Высокие половодья при затопленной пойме, случавшиеся, по-видимому, на всем протяжении средних веков вплоть до XIX века содействовали спрямлению камских излучин через шпору.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № *13-05-41281 РГО_а*.

Литература

1. Генинг В.Ф. Этническая история Западного Приуралья на рубеже нашей эры (Пьяноборская эпоха III в. до н.э. – II в. н.э.). М.: Наука, 1988. 240 с.

2. Горецкий Г.Н. Аллювий великих антропогеновых прарек Русской равнины. М.: Наука, 1964. 415 с.

3. Инишева Л.И., Кобак К.И., Турчинович И.Е. Развитие процесса заболачивания и скорость аккумуляции углерода в болотных экосистемах России // География и природные ресурсы. 2013. № 3. С. 60–68.

4. Назаров Н.Н., Черепанова Е.С. Пойменно-русловые комплексы Пермского Прикамья. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2012. 158 с.

5. Чагин Г.Н. Этнокультурная история Среднего Урала в конце XVII – первой половине XIX века. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1995. 363 с.

6. Шишонко В.Н. Пермская летопись. В 5 периодах. Пермь: Типография государственного земского управления, 1881. Т.1. 238 с.

7. Brown A.G. Alluvial geoarchaeology: floodplain archaeology and environmental change // A.G. Brown. Cambridge: University Press, 1997. 377 p.

ФОРМИРОВАНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕРМОКАРСТОВЫХ КОТЛОВИН В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА (НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ)

Ксенофонтова М.И., Данилов П.П.
Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия
ksemaria@mail.ru

Как известно, Северо-Восток России находится в области сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП), которые подстилают почвенно-растительный покров и имеют мощность в сотни метров. К северу толщина ММП значительно увеличивается и местами достигает более 1 километра, температура в них колеблется от -3 и до -15^0 С и ниже. Основной характерной особенностью ММП является наличие в них подземных льдов, которые образовались в течение многих тысячелетий в периоды похолоданий или так называемых «ледниковых эпох». Процесс вытаивания подземных льдов и образования просадочных форм рельефа (термокарст) в дальнейшем приводит к формированию термокарстовых котловин, так называемых «аласов».

Данная работа посвящена изучению формирования термокарстовых котловин (аласов) и изменению их основных абиотических факторов в условиях изменения современного климата.

Еще в середине XIX века академик А.Ф. Миддендорф (1860 г.) обратил внимание на своеобразные ландшафты Центральной Якутии – аласы. Благодаря трудам Ф.П.Врангеля (1841), Р.К.Маака (1886, 1887), В.З.Зубрилова (1891, 1892), В.Н.Зверева (1913, 1914), К.К.Никифорова (1913, 1916), В.П.Дробова (1916), Г.И.Доленко (1916), даны общие понятия терминов «алас» , «аласные озера» как своеобразных котловин, широко распространенных в засушливых районах Центральной Якутии и обязанных своим происхождением мерзлотным процессам. Спустя почти столетие началось систематическое изучение этих уникальных природных образований, характерных лишь для районов распространения ММП. Учеными Института мерзлотоведения СО РАН изучены генезис, стадия развития, морфология, мерзлотно-фациональный анализ аласных отложений,

особенности температурного поля, развитие подаласных таликов и др. Н.П. Босиковым (1991) рассмотрены физико-географические основы развития аласов Центральной Якутии, в частности изучением особенностей эволюции в тесной взаимосвязи с современными изменениями элементов климата и мерзлотно-геологического строения. Уникальность основных компонентов экосистем аласных ландшафтов Якутии подчеркивалась в трудах Р.И. Аболина, А.А. Красюка, В.Г. Зольникова, Д.Д. Саввинова, Р.В. Десяткина, К.Е. Кононова, П.А. Гоголевой, С.И. Мироновой, Е.И. Бурцевой, Н.Г. Соломонова, И.И. Мордосова, Г.П. Ларионова, В.Г. Дегтярева, А.Г. Ларионова, Н.П. Прокопьева, И.И. Жиркова, Л.А. Пестряковой и многих других исследователей.

В настоящее время за основу классификации отрицательных форм аласного рельефа принята схема известного ученого-мерзлотоведа Н.А.Граве (1940, 1944), дополненная П.А.Соловьевым (1959). Предложенные формы представляют единый генетический ряд, соответствующий последовательным стадиям развития аласа: былар→дюёдя→тымпы→элементарный алас→зрелый алас.

Основными причинами термокарстовых процессов являются климатические изменения, уничтожение природными или техногенными нарушениями почвенно-растительного покрова, обводнения пониженных участков и др. Аласы как замкнутые термокарстовые котловины в своем развитии сильно зависят не только от наличия подземных льдов, но и циклического изменения климата.

Одним из важнейших показателей циклического изменения климата является динамика уровня воды в озерах. Пространственно-временной анализ развития озерного термокарста показал, что зарождение и наиболее интенсивное расширение термокарстовых озер совпадают с годами повышенного увлажнения территории, когда наблюдается положительный водный баланс в термокарстовых западинах [2]. Поэтому гидрохимический состав поверхностных вод термокарстовых озер является очень информативным показателем состояния аласной экосистемы. Гидрохимический состав термокарстовых озер и его динамика находятся в прямой зависимости от химического состава льдосодержащих пород, при протаивании которых они сформированы. Также немаловажную роль играет гидрологический режим водоема, связанный с особенностями климата Центральной Якутии, определяющего весьма интенсивное испарение воды летом, глубокое промерзание зимой и слабую восполняемость

озер атмосферными осадками [1]. По аналитическим данным выявлены существенные различия химического состава озерных вод от стадий развития термокарста. Гидрохимические исследования проведены нами на территории Лено-Амгинского междуречья в пределах Абалахской террасы. В стадии «былар» вода отсутствует, поэтому эта стадия была исключена. Начальное формирование озера отмечается только в стадии «дюедя» (n=3), где вода характеризуется щелочной средой с повышенной минерализацией, преимущественно гидрокарбонатно-магниевым составом. Дальнейшее развитие термокарста приводит к образованию озер в стадии «тымпы» (n=2), которые имеют чаще щелочную среду с высокоминерализованной водой с хлоридно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевым составом. В данной стадии наблюдается замещение иона магния на кальций и натрий, вероятно, связано с интенсивными процессами оттайки ледового комплекса. Затем с уменьшением мощности повторно-жильных льдов, сокращением мерзлотного питания образуется «элементарный алас» с озером округлого вида. В этой стадии озера (n=20) имеют чаще сильнощелочную среду, с повышенной и высокой минерализацией с преобладанием вод гидрокарбонатно-натриево-магниевого состава, то есть за счет увеличивающего испарения и отсутствия мерзлотного питания, в ионном составе доминирующую роль играют магний и натрий. На территории Абалахской террасы в стадии «зрелого аласа» (n=10) чаще встречаются «содовые» озера с сильнощелочной средой и высокой минерализацией.

Известно, что в последние годы в области распространения ММП начинают отмечаться признаки воздействия глобального изменения климата на состояние верхней части ледового комплекса, что в свою очередь, сказывается на формирование гидротермического режима почвенного покрова. Для изучения трансформации компонентов аласных экосистем в северной части Лено-Амгинского междуречья НИИ Прикладная экология Севера СВФУ (г. Якутск) организована система мониторинговых площадок из аласов разной степени антропогенной нагрузки, расположенных в пределах Абалахской и Тюнгюлюнской террас. В 2012-2013 г. в пределах Тюнгюлюнской террасы на аласе, подверженному к сильному антропогенному воздействию (в 50-е годы существовала скотоводческая ферма, которая в последствии была расформирована и в данное время используется в качестве пастбища) пробурены ряд скважин, где были выявлены аномальные значения глубины сезонного протаивания (до 8,35м).

Полученные данные свидетельствуют о увеличении объема подозерного талика, который доходит до верхних границ среднего гидротермического пояса [3]. Ранее было установлено, что в наиболее теплые годы глубина сезонного протаивания в аласах практически всегда достигал верхних границ ледового комплекса на глубине 2,0-2,5 м. Возможно, последствия длительного антропогенного (с/х) воздействия на фоне повышения среднегодовой температуры воздуха, привели к трансформации растительного покрова, что и отразилось на гидротермическом режиме мерзлотных аласных почв, и, в свою очередь, привело к изменению глубины сезонно-талового слоя (СТС).

Таким образом, исследования абиотических компонентов аласных экосистем Лено-Амгинского междуречья показали, что в настоящее время в пределах аласных котловин происходит деградация почвенно-растительного покрова, изменение глубины СТС, увеличение объема подозерного талика и величины минерализации озерной воды, которое связано с антропогенным воздействием и современным изменением климата. Дальнейшее развитие данного процесса может привести к существенному изменению облика уникальных ландшафтов Центральной Якутии – аласов.

Литература:

1. *Анисимова Н.П.* Общая характеристика химического состава озер // Аласные экосистемы: структура, функционирование, динамика.-Новосибирск: Наука, 2005.–с. 32-40.

2. *Босиков Н.П.* Интенсивность разрушения пашни на межаласных ландшафтах // География и природные ресурсы.–1989.–№4.–с. 83-86.

3. *Данилов П.П., Саввинов Г.Н., Готовцев С.П., Макаров В.С., Алексеев Г.А.* Особенности изменений аласных почв Лено-Амгинского междуречья // Вопросы географии Якутии, 2013.–вып. 11.–с. 90-93.

ИЗМЕНЕНИЕ ЭМИССИИ УГЛЕРОДА В ХОДЕ ПОСТАГРОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ НА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

Кудиков А.В., Горячкин С.В., Долгих А.В., Карелин Д.В., Люри Д.И.
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
arskud@yandex.ru

По существующим оценкам (Люри и др., 2010, Росстат, http://www.gks.ru/) площадь залежей России, образовавшихся с 1897 по 2011 год составляет около 65,5 млн. га, что является огромной, слабо изученной территорией, большей, чем площадь Франции. Площадь молодых залежей, образовавшихся после 1990 г. составляют около 45-48 млн. га (Хитров, Апарин, 2008, Петриков, 2008. Люри и др. 2010 Росстат, http://www.gks.ru/), однако в большинстве природных зон имеются и более старые залежи, возрастом нередко более 170 лет (в лесной) и 65 лет (в лесостепной и степной зонах), что позволяет изучить весь период постагрогенных сукцессий. На залежах активно идут и в ходе постагрогенных сукцессий сильно изменяются процессы углеродного обмена (эмиссия/депонирование). По существующим оценкам (Люри и др., 2010, Романовская, 2008) ежегодное депонирование углерода ими составляет около 60-80 млн. т/год, что соответствует примерно 20% ежегодной промышленной эмиссией углерода в нашей стране. Это говорит о том, что залежи являются крупными аккумуляторами атмосферного углерода, и их роль в этом процессе должна быть подробно исследована и оценена.

Особый интерес представляют постагрогенные экосистемы южной тайги. Из более, чем 50 млн га сельскохозяйственных земель, выведенных из оборота в кризисные годы и ряд последующих лет (1990–2011), более 19 млн га (или 38%) – составляют залежи южнотаежной зоны. Более того, из 16.5 млн га угодий, заброшенных в докризисные (1897–1990) годы, на них приходится почти 12.5 млн га, то есть более 75%. В целом, постагрогенные экосистемы занимают более 20% площади южной тайги (Люри и др., 2010). На этих залежах в ходе постагрогенной сукцессии формируются высокобонитетные еловые и сосновые леса со значительными запасами под-

земной и надземной фитомассы, мощной подстилкой, что значительно трансформирует углеродный баланс территории при замене ими пахотных угодий.

Измерения поверхностного (суммарного) дыхания почвы в ходе постагрогенной сукцессии, а также отдельно подстилки и минеральных горизонтов проводились в бесснежный период 2010–2011 гг. на пашне и залежах возраста 7 лет, 23 года, 55 лет, около 100 и 170 лет в Валдайском районе Новгородской области на территории Валдайской возвышенности на песчаных почвах (Люри и др., 2013). Показано, что в ходе сукцессии величина поверхностной эмиссии изменяется нелинейно: в первое десятилетие она резко увеличивается с 502 до 887 г С/м^2 за год), потом уменьшается до 444 г С/м^2 за год и лишь с середины процесса восстановления опять начинает возрастать до максимальных значений 1001 г С/м^2 за год. Объясняется это тем, что величина эмиссии зависит от запасов почвенного углерода (гумус + подстилка + подземная фитомасса), которые в ходе сукцессии изменяются нелинейно. Сначала идет минерализация органического вещества, внесенного в виде органических удобрений, а затем, по мере увеличения подстилки и подземной фитомассы, происходит рост суммарных запасов почвенного углерода. Внутрисезонная динамика почвенного дыхания зависит, в первую очередь, от температуры почвы, тогда как ее влажность играет заметную роль только на начальной луговой стадии сукцессии.

Таким образом, можно сказать, что в ходе постагрогенной сукцессии в южной тайге возможны два различных типа изменения интенсивности почвенной эмиссии углерода. Во-первых, постоянный рост этого параметра от начальных стадий сукцессии до климакса (субклимакса), что происходит на ранее слабо удобренных почвах, и, во-вторых, двухвершинный вид динамики, проявляющийся на ранее хорошо удобренных почвах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-05-00347 и 14-05-31392.

ДИНАМИКА ПЛОЩАДИ АГРАРНЫХ УГОДИЙ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Некрич А.С.
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
nekrichalina@yahoo.com

Сельскохозяйственное освоение Курской области спровоцировало появление на её территории систематически используемых для сельскохозяйственных целей земель, площадь которых изменяется в зависимости и от природных особенностей, и от социально-экономической ситуации на региональном и областном уровнях.

Многочисленные исследования характера трансформации ландшафтов в ходе их сельскохозяйственного использования свидетельствуют о необратимости нарушений природных компонентов и ослаблении внешних и внутренних динамических взаимосвязей экосистем [1,4,7]. Многолетнее изучение изменений природной среды под влиянием сельскохозяйственных трендов начало детально проводятся учеными Воронежского государственного университета, Курской сельскохозяйственной академией им. И.И. Иванова, Юго-западного государственного университета, Курского государственного университета, Института географии РАН, МГУ им. Ломоносова, а так же других научных организациями и центров еще в советский период. Полученные специалистами результаты и в настоящее время представляют научный и практический интерес, а исследования продолжают осуществляться и не теряют своей актуальности. Проблемы изучения динамики аграрных угодий в результате социально-экономических изменений усложняются, становятся особо напряженными и приобретают долговременный характер, начиная с 1990-х годов [2-3,5-7].

Особенностью настоящей работы является рассмотрение районов Курской области как арен формирования аграрных угодий и посевных площадей, динамика которых обусловлена как сельскохозяйственными факторами, так и социально-экономическими причинами в условиях длительного хозяйственного освоения аграрных ресурсов области.

Методы исследования и результаты. В процессе исследования были изучены литературные и фондовые материалы, собранные в

Федеральной службе государственной статистики, Департаменте экологической безопасности и природопользования Российской Федерации, Воронежском государственном университете, Курской сельскохозяйственной академии им. И.И. Иванова и в Белгородском государственном университете. Для получения новых данных и необходимой информации были применены методы статистического анализа.

Основное внимание в работе уделено анализу динамики площадей аграрных угодий Курской области при рассмотрении социально-экономических факторов. Такого рода анализ позволил выявить факторы *роста, стабилизации или сокращения посевных площадей сельскохозяйственных культур и аграрных угодий, а также установить причины, способствующие динамике.* С целью получения достоверной картины динамики аграрных угодий Курской области и сопоставления её в дальнейших исследованиях с динамикой областного уровня и территориальных единиц более крупного масштаба исследование было проведено на уровне административных районов.

Проведенный анализ динамики аграрных угодий Курской области с позиции неоднородности ее межрайонной дифференциации в экономическом и социальном отношении, позволил прийти к следующим выводам:

1. Большинство районов Курской области характеризуется одновременным ростом площади аграрных угодий и снижением ареалов под посевами сельскохозяйственных культур. Эти районы формируют протяженный массив в центре области, который создает ось, соединяющую северную и южную части Курской области. Для самых удаленных от центра районов в западной и восточной части Курской области также характерно наличие подобной динамики. Главная причина дифференциации районов Курской области в зависимости от динамики площадей посевов сельскохозяйственных культур и аграрных угодий в этой зоне – это перевод таких земель в категорию селитебных.

2. Сокращению посевных площадей в Курской области способствовал существенный отток местного трудоспособного сельского населения в условиях нестабильной социально-экономической обстановки.

3. Увеличению посевных площадей в Курской области способствовала положительная динамика трудоспособного сельского населе-

ния (даже при общей постепенно сокращающейся численности сельского населения в масштабе всей области), а так же стабильная продуктивность земель, доступность кредитных ресурсов, повышающих инвестиционную активность в сельском хозяйстве районов.

4. В области нет районов, где динамика сельского населения, изменение площади посевов и площади аграрных угодий была бы для всех этих параметров положительна. Основные причины разнонаправленной динамики связаны с нестабильной экономической ситуацией, непостоянным притоком инвестиций в сельское хозяйство, наличием разных объемов финансовых ресурсов и в целом неудовлетворительным качеством жизни сельского населения.

5. Положительная динамика аграрных угодий отмечена преимущественно в районах у границ с соседними областями. Главная причина положительной направленности динамики - увеличением площади аграрных земель за счет земель запаса.

6. Ведущий фактор отрицательной динамики аграрных угодий - прекращение деятельности предприятий агропромышленного сектора и перевод освободившихся аграрных земель в категорию земель поселений.

Проведенное исследование динамики посевных площадей сельскохозяйственных культур Курской области с одновременным анализом динамики аграрных угодий и динамики численности сельского населения позволило понять основные причины и факторы, которые ее вызывают в зависимости от экономической и социальной специфики на районном уровне.

Полученные данные могут представлять интерес для выявления механизмов динамики площадей аграрных угодий и посевных площадей сельскохозяйственных культур за более длительные периоды времени, что требует проведения дополнительных исследований и найдет отражение в дальнейших работах автора.

Результаты работы могут быть полезны для организаций и специалистов, занимающихся анализом процессов, выявлением факторов и механизмов, способствующих сбалансированному развитию сельскохозяйственных регионов. Материал настоящей статьи может быть полезен также для лиц, изучающих территориальную организацию сельскохозяйственных земель и разрабатывающих программы, нацеленные на улучшения социально-экономического положения в аграрной сфере России.

Литература

1. Бурыкин А.М. Рекультивация почв, нарушенных промышленностью. Воронеж: Центр. Черноземное кн. Изд. 1980. 55 с.

2. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А. Динамика площади сельскохозяйственных земель в XX в. и постагрогенное восстановление залежей. Изменение природной среды России в XX в. М.: Молнет, 2012. 404 с.

3. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX в. и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.

4. Грин А.М., Канцебовская И.В., Мухина Л.И., Рунова Т.Г. Изучение и оценка воздействия человека на природу. М.: ЦНИИИиТИ ЛП,1980. 197 с.

5. Информационный портал Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/

6. Доклад о состоянии и использовании земель в Курской области за 2012 г. УФС государственной регистрации, кадастра и картографии по Курской области. Курск: 2012. 124 с.

7. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2012 г. Администрация Курской области. Департамент экологической безопасности и природопользования. Курск, 2012.

АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ: ИЗ ПРОШЛОГО В БУДУЩЕЕ

Силаев А.В.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Россия, г. Иркутск
anton_s@bk.ru

Роль антропогенного фактора в функционировании природных систем на современном этапе развития общества - одна из основных проблем в ландшафтных исследованиях. Для изучения антропогенной динамики важно изучить исторические особенности и пространственную динамику хозяйственного освоения территории.

Современные методы геоинформационного картографирования помогают по-новому раскрыть пространственно-временные закономерности и особенности проявления природно-антропогенных факторов ландшафтообразования.

В качестве территории исследования нами выбрана Тункинская котловина, расположенная в Юго-Западном Прибайкалье. Это субши-

ротное межгорное понижение, протянувшееся от хр. Хамар-Дабан до хр. Тункинские Гольцы почти на 200 км. Основные этапы хозяйственного освоения Тункинской котловины имеют различную продолжительность и интенсивность, отражая смену типов природопользования, сопровождающуюся изменениями природного каркаса территории, нарушениями почвенно-растительного покрова [2].

Территория исследования, особенно ее равнинная часть, испытывала антропогенные изменения, начиная с палеолита, причем в последние 300 лет эти изменения стали интенсивнее и более глубокими [1]. На основе анализа литературных источников выделено 3 исторических периода: начало XX в. (1896-1914 гг.), середина XX в. (1960-1970 гг.) и начало XXI в. (2000-2013 гг.). Они выбраны для изучения трансформации геосистем, так как это, во-первых, годы, за которые происходили наиболее существенные преобразования территории, а во-вторых, данные промежутки времени, охватывающие фактически столетие, обеспечены картографическим материалом.

Исходные данные для геоинформационного картографирования и последующего анализа в соответствии с основными периодами освоения территории распределились на 4 блока:

- ретроспективные топографические карты масштаба 1:84 000 издания 1896–1914 гг.;
- разновременные топографические карты масштабов 1:100 000 и 1:200 000;
- данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (Landsat - 1976-2013 гг., SPOT - 1969-1976 гг.);
- разновременные статистические данные использования земель, лесоустроительные схемы масштаба 1:50 000, полевые описания.

Геоинформационный анализ разновременных картографических источников и данных дистанционного зондирования позволил при совмещении полученных векторных слоев выявить и ранжировать антропогенно-нарушенные территорий, проследить закономерности формирования современных природно-антропогенных систем, определить пространственно-временной вектор их развития. Также были прослежены основные тенденции восстановления растительного покрова, что позволило спрогнозировать территории, на которых в дальнейшем произойдет восстановление коренных геосистем, оценить площадное распространение и интенсивность сукцессионных процессов.

Литература

1. *Бешенцев А.Н.* Геоинформационная оценка природопользования. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. 118 с.

2. *Ларин С.И.* Основные этапы освоения ландшафтов Тункинских котловин // Историко-географические исследования Южной Сибири. Иркутск, 1991. С. 70-85.

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТА В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ширяева А.В.

Институт географии РАН, Москва, Россия

alexandra.v.shiryaeva@gmail.com

Метеорологические условия оказывают значительное влияние на безопасность и эксплуатацию автомобильных дорог. Погода влияет на поведение водителя, работу транспортного средства, состояние дорожного покрытия, при неблагоприятных погодных условиях повышается риски аварии, увеличивается время задержки в пути, снижаются скорости транспортных потоков. По данным Департамента транспорта США (http://www.ops.fhwa.dot.gov/weather/q1_roadimpact.htm), 20% всех аварий и 17% аварий с летальным исходом происходит при наличии сложных метеоусловий, к которым относится дождь, снег и мокрый снег, туман, а также различное состояние дорожного покрытия.

В данной работе проведено исследование климатических условий функционирования автотранспорта в Московской области по данным дорожных автоматических метеостанций (ДАМС) и 3 регулярных метеорологических станций Росгидромета – Москва (ВДНХ), Коломна и Можайск. Данные ДАМС были представлены 11 станциями, стоящими на трассах М-9, А-101, А-104, М-2, М-3, М-4 за зимние (15 октября-15 апреля) сезоны 2005-2008 гг.

Данные ДАМС и регулярных метеостанций были приведены к суточному разрешению, затем была посчитана корреляция между

метеорологическими данными на ДАМС и ближайших станциях Росгидромета.

Корреляция между суточными значениями средней, максимальной, минимальной температур воздуха, измеряемыми на ДАМС и станциях Росгидромета, высокая (92-99%) . Корреляция между среднесуточными значениями температуры поверхности дорожного полотна и температуры воздуха и на ДАМС, и на ближайшей метеостанции составляет 98%. Значения осадков на ДАМС по сравнению с регулярными станциями завышены примерно в 1,5-2 раза. Это может быть связано с особенностями калибровки приборов ДАМС.

Параметр «число переходов температуры воздуха через 0ºС» характеризует вероятность образования скользкости. Рассчитывается он следующим образом: если за сутки максимальная температура была выше нуля, а минимальная ниже, то переход произошел. Была проанализирована связь между частотой переходов через 0ºС температур воздуха на метеостанции Росгидромета и ДАМС, а также частотой переходов температуры дорожного покрытия на ДАМС. В среднем за сезон (по данным за 3 года 11 ДАМС) количество переходов через 0º температуры поверхности дорожного полотна составляет 72, температуры воздуха на ДАМС - 58, температуры воздуха на метеостанции ВДНХ и Можайск - 59, Коломна - 62. Таким образом, частота переходов через 0º температуры поверхности дорожного полотна примерно в 1,2 раза больше, чем температуры воздуха, измеренной той же ДАМС; частота переходов температуры воздуха на ДМС и на ближайшей станции практически одинакова. Это можно объяснить тем, что температура поверхности асфальта в среднем выше температуры воздуха на 5,5ºС (от 4,0º до 6,7º на разных ДАМС), кроме того, ей свойственны резкие колебания за счет движения автомобилей и нагревания дорожного полотна. При этом корреляция между частотой переходов через 0º (рядами дней, когда переход наблюдался) температур поверхности дорожного полотна и воздуха на ДМС составляет в среднем только около 60%; корреляция между количеством переходов через 0º на ДАМС и ближайшей регулярной метеостанцией около 70%.

Для станций Москва, Можайск и Коломна на основе многолетних метеорологических данных (с 1951-2010 г. для Москвы и Можайска и 1958-2010 г. для Коломны) были рассчитаны прикладные климатические характеристики, важные для функционирования автотранспорта:

- сумма осадков при отрицательной температуре воздуха и число снегопадов различной интенсивности (0-2, 2-5 и более 5 мм в сутки, что соответствует эквивалентным значениям в см свежего снега)
- число дней с температурой воздуха ниже -25^{o} (в данных условиях возрастает вероятность различных поломок автотранспорта)
- температура самой холодной пятидневки (параметр, учитываемый при проектировании автодорожных и др. сооружений)
- число переходов температуры воздуха через 0ºС
- продолжительность устойчивого холодного периода (с температурой воздуха ниже 0ºС)

Из трех исследуемых станций Москва является самой теплой, с наименьшими значениями температурных параметров, а также с наименьшим числом переходов температуры через 0ºС, что является благоприятными факторами для автотранспорта. При этом в Москве наблюдается наибольшее значение осадков при отрицательной температуре воздуха (условно принятых за снегопады), также числа сильных снегопадов.

Были проанализированы изменения исследуемых параметров, произошедшие на данных станциях за 60 лет. Наблюдаются статистически значимое сокращение числа слабых снегопадов и увеличение снегопадов средней интенсивности (для Москвы); на всех станциях сокращается устойчивый холодные период, число дней с температурой воздуха ниже -25ºС и температура самой холодной пятидневки.

По погодным условиям дорожного движения на исследуемых трассах была составлена карта более и менее благоприятных участков трасс по следующим параметрам:

- частота переходов температуры поверхности через 0ºС
- количество осадков
- число дней с температурой воздуха ниже -25 ºС
- количество туманов (дней с максимальной влажностью более 97%)

Полученные значения для каждого параметра были ранжированы, затем по общей сумме рангов для каждой станции определялась степень благоприятности погодных условий дорожного движения, на основе чего были определены наиболее и наименее благоприятные ДАМС и построена их карта.

По итогам работы были получены следующие выводы:

Связь между данными регулярных метеостанций и данными ДАМС для температурных характеристик высокая, для осадков слабая; данные по осадкам на ДАМС завышены в 1,5-2 раза

Средняя температура дорожного покрытия в холодный период года выше температуры воздуха; частота переходов через 0 температуры дорожного покрытия примерно в 1,3 раза выше, чем температуры воздуха

На территории Московской области в период 1951-2010 гг. наблюдаются статистически значимое сокращение числа слабых снегопадов; сокращается устойчивый холодные период, число дней с температурой воздуха ниже -25ºС и температура самой холодной пятидневки.

Построена карта степени благоприятности погодных условий для движения автотранспорта по данным ДАМС Московской области в холодные и переходные сезоны 2008-2008 гг.

ДИНАМИКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ГОРНЫХ КОТЛОВИН РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

Шульц Е.А.
Томский Государственный университет, г. Томск, Россия
Kirsten-shults@mail.ru

Горные котловины Республики Алтай являются наиболее населенными территориями, подверженные сельскохозяйственной деятельности. Самостоятельное функционирование высокогорных аридных ландшафтов на пределе. Добиться экологического равновесия с сохранением условий проживания местных жителей возможно при условии оптимизации ландшафтов, основанной на различных методах мелиорации, направленных на борьбу с опустыниванием и повышением биологической активности территории. Рассмотрены современные изменения климата в крупных котловинах Республики Алтай: Чуйская и Уймонская, где в последнее время увеличиваются масштабы человеческой деятельности.

Чуйская высокогорная котловина расположена в Юго-Восточном Алтае, площадь ее около 160 тыс. га. Со всех сторон она окружена

горными хребтами. В пределах котловины находится единственная станция Кош-Агач, метеорологические данные которой и стали объектом анализа.

Для сравнения агроклиматических ресурсов, была взята станция, находящаяся в Уймонской котловине – Усть-Кокса. Она находится значительно ниже, но по условиям рельефа они схожи. Уймонская межгорная котловина, также относится к крупнейшим котловинам Алтая, расположена она в Центральном Алтае на территории Усть-Коксинского района Республики Алтай.

Для Чуйской котловины характерны наибольшие темпы деградации аридных экосистем в Горном Алтае, выраженные в потере биологической продуктивности и снижении природно-экономического потенциала территории. Экстремальные природные условия и чрезвычайная динамичность внешней среды под воздействием антропогенных и природных факторов формируют обедненные по видовому составу растительные сообщества, в результате чего высокоорганизованные экосистемы замещаются более примитивными аналогами.

Для прослеживания изменений агроклиматических условий котловин были использованы два комплексных климатических показателя: гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК) и термогигрометрический коэффициент увлажнения (ТГК), которые вычисляются, исходя из значений наблюдаемых метеорологических величин, выбранных станций за период с 1939 по 2010 годы.

Рассматривая временное изменение обоих комплексных показателей можно сделать вывод, что они отражают друг друга: чем суше климат, тем меньше ГТК, но больше ТГК и наоборот. Следовательно, эти индексы могут быть согласованны и их результаты могут быть описаны вместе для каждой котловины.

ГТК показывает распределение осадков и температур выше 10° и, следовательно, характеризует весь вегетационный период. Значения, превышающие 1,2 свидетельствуют о достаточном увлажнении, ГТК $< 1{,}2$ – о недостаточном увлажнении, а ГТК $\leq 0{,}6$ соответствуют резкому дефициту осадков и указывают на сухость климата.

В результате исследований на станции Кош-Агач пороговое значение в 1,2 не было превышено, таким образом, территория Чуйской котловины характеризуется сухим климатом с резким дефицитом осадков исходя из градации, но большинство значений находились в

интервале ниже 0,6. Однако, изучая весь временной ряд, можно сделать вывод о небольшом росте коэффициента.

Увлажнение Уймонской котловины характеризуется более высоким значением коэффициента превышающим 1.2, что соответствует достаточному увлажнению. Но изменения во времени имеют тенденцию к понижению коэффициента.

Проведена оценка сухости климата, с помощью нового показателя – термогигрометрический коэффициент (ТГК). По своей физической сути эта величина является безразмерной. Индекс измеряется в ‰. Главное преимущество в том, что его можно оценивать за любой промежуток времени [2].

В результате расчеты показали, что наибольшая степень засушливости приходится на летние месяцы. А наименьшая степень – на зимние месяцы для обеих котловин. Термогигрометрический коэффициент имеет зависимость – чем больше значение, тем больше степень засушливости климата. В сезонном ходе станции Кош-Агач весь тёплый период крайне засушлив – значения коэффициента доходили в отдельные годы до 40-50 ‰. Основная часть значений сосредоточена в промежутке от 15 до 25 ‰. Однако, временная динамика указывает на уменьшение коэффициента.

Увлажнение Уймонской котловины всё же является достаточным. Большая часть значений характеризуются величиной коэффициента 15-25 ‰. Однако, временное изменение говорит об увеличении сухости климата, хотя оно и медленное и пока незначительное.

Результаты исследования агроклиматических условий горных котловин Республики Алтай, позволяют сделать вывод, что в тёплый период наблюдается небольшой рост температуры и относительно малое увеличение количества осадков. Холодный период характеризуется более значительным ростом температуры и некоторым уменьшением количества осадков от года к году. Использование индексов увлажнения позволило определить, что деградация земель, сельскохозяйственных угодий, особенно в Чуйской котловине, происходит за счет антропогенных факторов и нерационального природопользования.

С учетом все более усложняющихся экологических ситуаций, опустынивание аридных территории Республики Алтай необходимо рассматривать в качестве приоритетной экологической проблемы, на решение которой должны быть направлены усилия общественности,

в противном случае эта территория превратится в зону экологического бедствия.

Литература:

1. *Модина Т.Д.* Климат и агроклиматические ресурсы Алтая. Новосибирск: Изд-во НГУ, 1997.– 177 с.

2. *Петров Ю.В., Абдуллаев А.К.* К вопросу оценки сухости климата // Метеорология и гидрология.– 2010.–№10.–С.90-96.

3. *Севастьянов В.В.* Эколого-климатические ресурсы Алтае-Саянской Горной страны. Томск: ТГУ, 2008. – 307 с.

4. *Яськов М.И.* Опустынивание Чуйской котловины (Горный Алтай). Бийск: НИЦ БиГПИ,1999. – 195 с

5. *Яськов М.И.* Полевое кормопроизводство в условиях опустыненных степей высокогорий Алтая (Чуйская котловина). Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2012. – 249с.

Секция 4. Современные методы изучения климатических и палеоэкологических процессов, методы палеоклиматических и палеоландшафтных реконструкций

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ И ПРОФИЛЬНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

Вагапов И.М.
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино, Россия
Vagapovim@mail.ru

Известно, что современный почвенный покров в своих свойствах несет признаки суровых перигляциальных условий [3, 4, 7, 10], которые обусловливают значительную пространственную и профильную изменчивость почвенных свойств на разных уровнях их структурной организации [2, 5]. Для исследования закономерностей формирования такой неоднородности нами был использован показатель магнитной восприимчивости (МВ), который дает информацию о протекании ряда элементарных почвенных процессов [6] непосредственно *in situ* и позволяет выражать ее через объективно измеряемую физическую величину [9]. Показатель МВ определяется в полевых условиях без какой-либо специальной подготовки образца, что дает возможность проводить массовые исследования и получать картину, соответствующую природной [1].

Влияние палеокриогенного микрорельефа и его структурообразующих элементов на формировании магнитных соединений железа изменяется в зональном направлении и выражается в дифференциации водно-воздушных условий, характер варьирования которых обуславливает неоднородность свойств почв на высоком таксономическом уровне (подтиповом). Почвенный покров в ареале дерново-подзолистых почв представляет собой комплексы, состоящие из языковатых подтипов на блоках и глееватых – в межблочных пони-

жениях. В серых лесных почвах типичные подтипы приурочены к блокам, а подтипы со вторым гумусовым горизонтом – к межблочьям. В зоне черноземов северной лесостепи на блоках сформировались черноземы глинисто-иллювиальные типичные, а в оконтуривающих их межблочных понижениях – оподзоленные.

С помощью вариографии в пространственно распределенных данных были обнаружены скрытые закономерности, а именно выявлены однородные структуры и определены их характерные размеры. Структурообразующие элементы палеокриогенного микрорельефа (реликтовые криогенные клиновидные структуры) формируют в гумусовых горизонтах черноземов области повышенного содержания ферримагнетиков шириной около 3–4 м, которые в плане оконтуривают блочные повышения. В серых лесных почвах подобные области имеют размеры не более 1–2 м и приурочены ко второму гумусовому горизонту.

Увеличение показателя МВ в горизонтах погребенных почв (ПП) позволяет не только диагностировать условия их формирования, но и использовать для обнаружения в морфологически однородной толще горизонтов слабо развитых инициальных погребенных почв. Так, обнаруженная нами на северо-восточных окраинах Приволжской возвышенности криоморфная ПП возрастом 38710±480 л.н. (4197-ИГАН) по коэффициенту преобразованности пород К = МВ [А] / МВ [В] близка к мерзлотным почвам, а шолмская ПП предголоценового возраста – к серым лесным почвам [8].

Таким образом, несмотря на интегральность показателя МВ, наши исследования показали перспективность его использования для выявления характерных размеров однородных структур, связанных с влиянием структурообразующих элементов палеокриогенного микрорельефа. Высокая корреляция МВ с Сорг., pH, биофильными элементами и физической глиной обуславливает чувствительность этого показателя к признакам педо-, лито и криогенеза, что может способствовать уточнению информации, получаемой при комплексных палеопедологических исследованиях. Кроме того, связь МВ с гранулометрическим составом представляет интерес как для изучения голоценовых почв, сформированных на литологически разнокачественных (двучленных) породах, так и для изучения сложно построенных толщ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-04-31725 мол_а.

Литература

1. *Алексеев А.О., Ковалевская И.С., Моргун Е.Г., Самойлова Е.М.* Магнитная восприимчивость почв сопряженных ландшафтов // Почвоведение, 1988, №8. С. 27-35.

2. *Алифанов В.М.* Палеокриогенез и современное почвообразование. – Пущино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1995. 318 с.

3. *Бердников В.В.* Палеокриогенный микрорельеф центра Русской равнины. М.: Наука, 1976. 126 с.

4. *Величко А.А.* Криогенный рельеф позднеплейстоценовой перигляциальной зоны (криолитозоны) Восточной Европы // Четвертичный период и его история. М.: Наука, 1965. С. 104-120.

5. *Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Порожнякова О.М.* Палеокриогенез, почвенный покров и земледелие. М.: Наука, 1996. 150 с.

6. *Водяницкий Ю.Н.* Минералы железа как память почвенных процессов // Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. С. 289-313.

7. *Герасимов И.П., Глазовская М.А.* Основы почвоведения и географии почв. М., 1960. 490 с.

8. *Гугалинская Л.А., Алифанов В.М., Березина Н.С., Березин А.Ю., Хисяметдинова А.А., Попов Д.А., Вагапов И.М., Овчинников А.Ю., Кондрашин А.Г.* Шолмская погребенная почва на финальнопалеолитическом поселении Шолма-I (Приволжская возвышенность, Чувашское плато) // Бюл. комис. по изучению четвертич. периода. М.: ГЕОС, 2010, №70. С. 45-58.

9. *Иванов А.В.* Магнитное и валентное состояние железа в твердой фазе почв: автореф. дис…. д-ра биол. наук. М.: МГУ, 2003. – 44 с.

10. *Марков К.К.* Изучение перигляциальных образований (обзор) // Изв. АН СССР, Сер. географ., 1959, №2. С. 113-127.

ДИАГНОСТИКА ДРЕВНИХ ПАХОТНЫХ ГОРИЗОНТОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ СЕЛИЩА КУКАРКИ

Гольева А.А., Свирида Н.М.
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
nmsvirida@gmail.com

Сельское хозяйство на территории Русской равнины на протяжении всей истории было экстенсивным. Основной системой земледелия в лесной зоне до XVI-XVIII вв. была подсечно-огневая, при которой участок леса выжигался и в течение нескольких лет (до 10) распахивался, зола служила удобрением. Затем участок забрасывал-

ся и зарастал естественным образом, происходило восстановление почвы.

На сегодняшний день не полностью решен вопрос о временных и географических границах и общих масштабах распашки земель на территории Центральной России в прошлом (раннее Средневековье). Существуют пробелы на карте освоенных земель, не исследованы скорость и направленность восстановления биогеоценозов после земледелия в древности, не выявлены признаки, указывающие на агрогенный этап развития почв в прошлом, не решен вопрос устойчивости этих признаков, их информационная емкость.

Целью нашей работы является определение пространственных ареалов древних агроценозов, а также выявление степени устойчивости и сохранности признаков древних пашен в современных почвах.

В основе работы - комплексный междисциплинарный подход, предполагающий использование морфологического блока исследований, различных лабораторных методов, а также картографических и исторических документов.

Объектом исследования являлись почвы на археологическом объекте Кукарки (Сергиево-Посадский р-н, Московская обл.), которые 500-600 л.н. предположительно распахивались. Были изучены разрезы по трансекте через 50 метров, пересекающей два славянских поселения (Кукарки верхние и Кукарки нижние). Всего изучено 8 разрезов, в каждом отобраны образцы для определения основных физико-химических анализов.

Морфологически все почвы однотипны, резкой границы в нижней части предполагаемого пахотного горизонта не выявлено. Можно лишь отметить слабую серую окраску горизонта A1El, залегающего под подстилкой, в котором единично встречаются мелкие древесные угольки.

Согласно результатам гранулометрического анализа, все почвы сформированы на однородной почвообразующей породе – супесь-легкий суглинок, что делает возможным проводить сравнительный анализ химических свойств образцов.

Согласно результатам кислотности почвенных растворов, все почвы сильно кислые в верхней части и кислые в нижней, что типично для почв на легких породах в нашей природной зоне, но не характерно для пахотных горизонтов. То есть за прошедшие 500-600 лет в почвенных растворах вновь доминируют кислоты.

Распределение органического углерода имеет аккумулятивный характер: наибольшее количество в верхнем горизонте с резким падением значений сразу под ним. Какого-либо ровного, равномерного тренда, типичного для пахотных горизонтов почв, не выявлено.

Наиболее интересными оказались данные по распределению валового фосфора и азота. Эти элементы, являясь биофильными, сохранили повышенные значения в тех разрезах, которые были заложены на месте древних селищ и ровный характер распределения с глубиной в разрезах, заложенных на участках предполагаемых пашен.

Таким образом, наши исследования показали, что через 500-600 лет диагностика древних пашен на легких по гранулометрическому составу почвах затруднена. За прошедшее время полностью исчезла характерная линейная нижняя граница пахотного горизонта, восстановился кислый состав почвенных растворов, сформировался аккумулятивный гумусовый горизонт, т.е. изменились многие характеристики пахотного горизонта. Можно выделить лишь содержание и распределение биофильных элементов: валового фосфора и азота. Они сохранили основные показатели, характерные для пахотных почв.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 14-27-00133.

МЕТОДИКА СИНХРОНИЗАЦИИ ВРЕМЕННЫХ ШКАЛ ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ ПАЛЕОКЛИМАТА НА ОСНОВЕ ОЦЕНОК ИЗМЕНЕНИЙ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ЧЕРЕЗ ЗЕМНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Горностаева А.А., Антипин А.Н.
Институт геофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
free_ride_@mail.ru

Геотермические реконструкции температурной истории земной поверхности (GSTH – *ground surface temperature history*), основанные на анализе данных скважинной термометрии, уже давно входят в арсенал методов палеоклиматологии [5, 9]. Одним из главных преимуществ таких реконструкций является возможность оценивать долговременные, а, следовательно, глобальные климатические изменения.

Однако геотермический метод обладает рядом недостатков, наиболее существенным из которых является значительная погрешность датировки реконструируемых климатических эпизодов [2]. Временная привязка определяется коэффициентом эффективной температуропроводности пород, который отражает не только реальное значение температуропроводности, но также различные факторы и процессы, влияющие на распространение климатического сигнала (гидрогеология, теплофизические неоднородности разреза, фазовые переходы). Знания тепловых свойств пород *in situ* весьма ограничены, а лабораторные значения не всегда дают исчерпывающую информацию, поскольку породы в массиве могут существенно отличаться от лабораторных образцов.

Геотермический метод реконструкции палеоклимата обладает уникальной возможностью реконструировать не только GSTH, но и изменения климатически обусловленного теплового потока через земную поверхность (SHF – *surface heat flux*), или тепловую историю. В работах [3, 10] было показано, что тепловую историю земной поверхности можно получить непосредственно из имеющихся температурных реконструкций. Описанный подход предполагал аппроксимацию температурной истории линейной функцией внутри равных временных интервалов и нахождение значений теплового потока на конце каждого интервала. Мы рассмотрели ряд функций, аппроксимирующих температурную историю, и показали, что наиболее точное восстановление SHF-истории обеспечивают модели, в которых изменение температуры аппроксимируется кусочно-линейными зависимостями от времени $\sim t$ либо $\sim t^{3/2}$. Кроме того, существенному повышению точности восстановления тепловой истории земной поверхности способствует оценка среднего значения теплового потока на каждом интервале дискретизации [1].

Использование данных об изменении теплового потока через земную поверхность позволило нам предложить новую методику синхронизации временных шкал геотермических реконструкций палеклимата. Данная методика основана на сопоставлении истории изменения теплового потока через земную поверхность с данными о внешнем радиационном воздействии на длинных временных шкалах. Идея методики основана на предположении отсутствия временного сдвига между внешним радиационным воздействием и изменениями теплового потока через земную поверхность, тогда как температурная реакция на радиационное воздействие всегда происходит

с задержкой [7, 8]. Варьируя значение коэффициента температуропроводности от исходного, мы добиваемся наилучшего совмещения кривых SHF и внешнего радиационного воздействия. Критерием оптимального совмещения является максимум взаимной корреляционной функции кривых, характеризующий искомое значение температуропроводности, в соответствии с которым меняется временная шкала теплового потока через поверхность и связанная с ней шкала температур.

Преимущество данного алгоритма – в совместной реконструкции температурной и тепловой историй земной поверхности, которая позволяет использовать для синхронизации не только независимые косвенные источники, которые также отягощены ошибками датировки, но и количественные характеристики внешнего радиационного воздействия, например, изменение инсоляции, обусловленное изменениями параметров земной орбиты.

Алгоритмы реконструкции теплового потока и синхронизации временных шкал геотермических реконструкций были реализованы на примере GSTH, полученной ранее по термограмме Уральской сверхглубокой скважины СГ–4 [6]. В качестве внешнего радиационного воздействия было выбрано изменение инсоляции на широте 60º с. ш. [4]. Поскольку значение инсоляции рассчитывается теоретически, оно не отягощено ошибками реконструкции, что позволяет осуществить точную временную привязку. После синхронизации по инсоляционной кривой реконструированные истории сдвинулись дальше в прошлое, а амплитуда изменения температуры и теплового потока возросла. Изменения теплового потока предшествуют изменениям температуры земной поверхности. Тепловой поток достигает максимальных значений (0.075–0.080 Вт/м^2) около 10 тысяч лет назад, после чего – уменьшается. Следующее повышение потока наблюдается уже после 4 тысяч лет назад. Соотношение амплитуд изменений теплового потока и инсоляции составляет 1.5%. Сопоставление реконструированных историй с данными об изменении концентрации двуокиси углерода в антарктических ледовых кернах показало, что изменения содержания CO_2 происходят на 2–3 тысячи лет позднее – синхронно с температурной реакцией. Можно предположить, что усиление парникового эффекта не сыграло значительной роли в плейстоцен/голоценовом потеплении и явилось лишь его следствием.

Литература

1. Горностаева А.А. Алгоритм расчета изменений теплового потока через земную поверхность по данным об изменениях температуры поверхности // Уральский геофизический вестник, № 1, 2014. С. 30–39.

2. Демежко Д.Ю. Геотермический метод реконструкции палеоклимата (на примере Урала). Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 143 с.

3. Beltrami H., Smerdon J., Pollack H., and S. Huang. Continental heat gain in the global climate system // Geophys. Res. Lett., V. 29, No. 8, 2002. 10.1029/2001GL014310.

4. Berger A. and Loutre M.F. Insolation values for the climate of the last 10 million of years // Quaternary Sciences Review, Vol. 10, No. 4, 1991. P. 297–317.

5. Bodri L., Cermak V. Borehole Climatology/ A new method on how to reconstruct climate. Elsevier Science, 2007. 352 c.

6. Demezhko D.Yu., Shchapov V.A. 80,000 years ground surface temperature history inferred from the temperature-depth log measured in the super deep hole SG-4 (the Urals, Russia) // Global Planet. Change, V. 29 (1-2), 2001. P. 219-230.

7. Demezhko D.Yu., Gornostaeva A.A., Tarkhanov G.V., Esipko O.A. 30,000 years of ground surface temperature and heat flux changes in Karelia reconstructed from borehole temperature data // Bulletin of Geography, No. 6, 2013. P. 7–25.

8. Douglass D. H., Knox R. S. Ocean heat content and Earth's radiation imbalance. II. Relation to climate shifts // Physics Letters A, V. 376, No. 14, 2012. P. 1226–1229.

9. Pollack H. N., Smerdon J. E. Borehole climate reconstructions: Spatial structure and hemispheric averages // J. Geoph.Res., V. 109, 2004. DOI:10.1029/2003JD004163.

10. *Wang J., Bras R.L.* Ground heat flux estimated from surface soil temperature // J. Hydrology, V. 216, No. 3-4, 1999. P. 214-226.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОСАДКАХ МАЛЫХ ОЗЕР АРИДНЫХ ЗОН БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Даниленко И.В., Солотчин П.А., Солотчина Э.П.
Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, Россия
Ira27021980@mail.ru

Дискуссионность проблемы глобального потепления и неопределенность климатических прогнозов привела к заметному росту палеоклиматических исследований. Зарубежные специалисты, занимающиеся палеоклиматическими реконструкциями, уделяют повышенное внимание современным системам малых соленых озер аридных и семиаридных зон [6]. В силу своих небольших размеров и

широко проявленных процессов аутигенного минералообразования, приводящих к формированию своеобразных терригенно-эвапоритовых разрезов, эти водоемы фиксируют в своих осадочных летописях даже незначительные изменения окружающей природной среды.

Цель работы – исследование ассоциаций хемогенных карбонатов донных осадков бессточных мелководных минеральных озёр, нередко плайевых, располагающихся в засушливых районах Байкальского региона, кристаллохимических и структурных особенностей карбонатных фаз, закономерностей их формирования и последовательности осаждения в зависимости от прошлых изменений климата и окружающей среды.

Объектом исследования послужили осадки оз. Большое Алгинское, расположенного на территории Бурятии в Баргузинской впадине. Оно принадлежит к группе Алгинских озер, питание которых осуществляется за счет разгрузки глубинных гидротерм, связанных с зонами разломов. Озеро бессточное, площадь водного зеркала составляет 1,04 км^2, глубина около 1,0-1,5 м. Минерализация вод - 3,26 г/л, pH=9,5, карбонатная щелочность CO_3^{2-} + HCO_3^- = 6050 мг/л. Большое Алгинское озеро относится к сульфатно-гидрокарбонатному натриевому типу, основным источником его питания является Алгинский родник термальных вод. С юго-запада к озеру примыкают болота, в которых берут начало ключи, обеспечивающие устойчивый приток. Воды озера имеют следующий ионный состав (мг/л): Cl^- (60), SO_4^{2-} (25690), Na^++K^+ (15700), Mg^{2+} (20), Ca^{2+} (170). Климат территории резко континентальный, суровый и засушливый [1].

Методы исследований – рентгеновская дифрактометрия (XRD), ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, анализ стабильных изотопов $\delta^{18}O$ и $\delta^{13}C$, РФА СИ и атомная абсорбция. Возраст осадков определялся методом AMS (^{14}C) по карбонатному материалу. Качественно новый уровень исследований обеспечен применением современных методов математической обработки XRD профилей [3].

Осадочный разрез (длина керна 75 см) вскрыт в центральной части акватории водоема. В ансамбле минералов установлены карбонаты, кварц, плагиоклаз, калиевый полевой шпат, гипс, слюда (биотит), амфибол, хлорит, эпизодически присутствуют пирит, ангидрит $CaSO_4$, тенардит Na_2SO_4. Постоянный компонент осадка – карбона-

ты, в распределении которых наблюдается отчетливый тренд увеличения содержания от подошвы к кровле разреза. Они сложены главным образом мелкозернистыми агрегатами плохо окристаллизованных частиц хемогенного кальцита с примесью низко-Mg кальцита. Присутствие в осадках низко-Mg кальцитов, представляющих собой твердые растворы $MgCO_3$ в кальците [7], удалось обнаружить с помощью метода математического моделирования рентгеновских дифракционных (XRD) спектров. Разложение XRD профилей карбонатов на индивидуальные пики функцией Пирсона VII позволило установить положение максимума, интегральную интенсивность аналитического пика (*hkl*=104) карбонатных фаз и получить их количественные соотношения. Количество магния в природных низкотемпературных Mg-кальцитах является важнейшим индикатором физических и химических условий среды их образования [5]. Экспериментально показано, что осаждение карбонатов кальцит-доломитового ряда определяется рядом факторов: Mg^{2+}/Ca^{2+}-отношением в воде, её общей карбонатной щелочностью (концентрации HCO_3^-, CO_3^{2-} и H_2CO_3), соленостью, величиной pH, температурой, органической продуктивностью озера [2]. Эти факторы контролируются водным балансом озера, зависящим от климатических условий в его водосборном бассейне.

В результате проведенных исследований комплексом методов из осадочного разреза оз. Большое Алгинское получена новая летопись климата голоцена Западного Забайкалья за последние 4900 лет. Выделено два крупных периода его эволюции. Первый этап, отложения которого вскрыты в интервале 47-75 см, охватывает конец атлантического периода, когда сформировался озерный бассейн, и начало суббореального периода, который в Евразии длился от 4800 до 2200 л.н. Для этого этапа характерны сравнительно высокие скорости осадконакопления при низком содержании в отложениях хемогенного кальцита, количество которого лишь в конце стадии достигает ~25% осадка. Второй этап жизни озера (интервал 0-47 см; возрастные границы: вторая половина суббореала - современность) характеризуется усилением осаждения хемогенных карбонатов при резком сокращении доли терригенного материала. Скорость седиментации падает, имеют место перерывы в осадконакоплении. Карбонаты, количество которых может достигать 45-50% минерального состава отложений, представлены кальцитом и низко-Mg кальцитом, появление которого в озерных отложениях (и/или увеличение степе-

ни его магнезиальности) является индикатором обмеления водоема, усиления его минерализации вследствие иссушения климата [3,4]. В кровле разреза доля карбонатов несколько понижается.

Сопоставление карбонатной записи с данными литологического анализа, результатами определения стабильных изотопов ^{18}O и ^{13}C и распределением некоторых геохимических индикаторов климатических изменений, позволило установить, что озеро на протяжении всего рассматриваемого периода было мелководным, открытым на начальном и закрытым на последнем этапе своего развития. Прослеживается отчетливая тенденция увеличения содержания карбонатов от подошвы к кровле разреза, что свидетельствует об усилении сухости голоценового климата на территории Баргузинской впадины. В начале суббореального периода (глубина~47 см) происходят серьезные изменения гидрологического режима озера, обусловленные интенсивной аридизацией климата, и лишь в последние десятилетия отмечается некоторая тенденция к его увлажнению.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №14-05-00296а.

Литература

1. Намсараев Б.Б, Хахинов В.В., Гармаев Е.Ж. и др. Водные системы Баргузинской котловины. Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2007. 154 с.

2. Нечипоренко Г.О., Бондаренко Г.П. Условия образования морских карбонатов. М.: Наука, 1988. 132 с.

3. *Солотчина Э.П.* Структурный типоморфизм глинистых минералов осадочных разрезов и кор выветривания. Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2009. 234 с.

4. *Солотчина Э.П., Скляров Е.В., Солотчин П.А. и др.* Минералогия и кристаллохимия карбонатов голоценовых осадков озера Киран (Западное Забайкалье): связь с палеоклиматом // Геология и геофизика, 2014. Т.55 (4). С. 605-618.

5. *Солотчина Э.П., Скляров Е.В., Солотчин П.А. и др.* Реконструкция климата голоцена на основе карбонатной осадочной летописи малого соленого озера Верхнее Белое (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика, 2012. Т.53 (12). С. 1756-1775.

6. Last W.M. Geolimnology of salt lakes // Geosciences J. 2002. Volume 6, № 4. P. 347-369.

7. Mackenzie F.T., Bischoff W.D., Bishop F.C. et al. In R.J. Reeder, Ed., Carbonates: Mineralogy and Chemistry. Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America, Chantilly, Virginia, U.S.A. 1983. Volume 11. P. 97–144.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ГОРНЫХ ЛЕДНИКОВ – ИНДИКАТОРОВ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Иванов Е.Н.
Институт географии СО РАН им. В.Б. Сочавы, г. Иркутск, Россия
egoryo@bk.ru

Высокогорный пояс юга Восточной Сибири состоит из горных хребтов, часть которых имеет современное оледенение: Восточный Саян, Байкальский, Баргузинский и Кодар. Ледники являются чуткими индикаторами климатических процессов.

Разработана специальная методика сбора и обработки пространственных и климатических данных на труднодоступных территориях юга Восточной Сибири, имеющих современное оледенение, основанная на полевых исследованиях, GPS-съемке, лазерном сканировании, анализе космических снимков, применении ГИС-технологий, энергонезависимых температурных датчиков (термохронов), и обобщении материалов в виде базы данных.

Для выявления динамики нивально-гляциальных геосистем, самое необходимое условие – сбор достоверных данных. А так же приведение этих данных к сопоставимому друг с другом виду. Чтобы сравнивать климатические, ландшафтные, картографические и биологические данные, нужно выработать определенную систему, или шкалу соответствия этих данных между собой. Разработка такой системы осложняется разным уровнем доступности информации по ключевым участкам. Поэтому создание проекта ГИС, концентрирующего данные на единой картографической основе с соответствующей базой данных, для последующего автоматизированного анализа этой информации, является наиболее эффективным способом решения поставленных задач.

Для более полного осознания закономерностей нужны количественные методы оценки моделирования географических процессов и структур. Прямыми следствиями изменившихся внешних условий являются перемены как в пространственном положении ледника (площадь, гипсометрия), так и в параметрах его массоэнергообмена – внешнего (абляция, аккумуляция) и внутреннего (скорость движения льда) [3]. На ледниках ключевых участков, кроме ледника Аза-

ровой на хребте Кодар, информационная обеспеченность в данное время покрывает только изменения пространственного положения ледников.

Ледники данных территорий относятся к типу «холодных» ледников, их температура круглый год -7 -14°С, в зимнее время холод накапливается в теле ледников. В мерзлотоведении и гляциологии нет единой выраженной системы числового отражения сохраненного холода. Одни исследователи используют прием для выражения охлаждения в физических величинах в виде слоя конжеляционного льда, который можно наморозить из талой воды в конкретных условиях охлаждения. Другие - величину теплозатрат, которая нужна для таяния конкретной величины льда. [1].

Для измерения могут использоваться известные метеорологические показатели. Наиболее простой - сумма отрицательных температур, которые получены при анализе данных метеостанций, и с которыми легко проводить сравнительный анализ. Опыт автора показал, что этот подход вполне оправдан, по крайней мере с позиций усредненных характеристик изучаемых явлений. Такую величину удобно без дополнительных расчетов сравнивать между различными территориями.

Метеорологические данные за 2009-2011 годы добывались прямо на двух ключевых участках с помощью специальных энергонезависимых датчиков-самописцев – термохронов. Согласно их показаниям, период устойчивой отрицательной температуры в массиве Мунку-Сардык продолжался от 227 до 246 дней. На Байкальском хребте 192 и 197 дней, с различием на 1,5°С по среднегодовой температуре. [2].

Для картографирования нивально-гляциальных объектов использовались материалы, полученные дистанционными методами. Реальные границы нивально-гляциальных объектов определялись только непосредственными исследованиями на объектах.

Методика составления картосхем состояла из следующих этапов.

1) Сбор всех доступных картографических данных. Это топографические карты, различные тематические карты разных масштабов и времени составления, каталоги ледников, космические снимки разного разрешения.

2) Обобщение материалов, анализ тематического содержания, выделение ошибочных данных и расхождений между разными источниками информации.

3) Составление моделей современного состояния объектов исследования по материалам ДЗЗ.

4) Исследования на местности путем GPS-метрии и лазерного сканирования.

5) Сравнение современного состояния ледников, рассчитанного с помощью анализа и обобщения дистанционных материалов с данными GPS-метрии и лазерного сканирования.

Значительные перспективы в проведении исследований на обширных и труднодоступных территориях появились благодаря следующим моментам:

функционирование космических систем сверхвысокого разрешения, с возможностью регистрации географических объектов в диапазоне электромагнитного излучения от видимого до радарного;

развитие ГИС-технологий для анализа дистанционных данных и карт;

доступность приборов GPS-навигации;

появление геоинформационных порталов для обмена современной пространственной информацией;

Методика помогает как первичному статистическому сбору и анализу данных, так и последующей апробации и сравнению полученных и обработанных сведений между разными исследователями и учреждениями, выполняющими сходные задачи, либо изучающими одни и те же природные объекты. А так же дают возможность дополнять общую картину природного комплекса разными сферами данных. Например, гляциологические данные могут дополниться геологическими, ландшафтные – метеорологическими и тому подобное.

Литература

1. Войтковский К.Ф. Комплексный мониторинг горного ледника / К.Ф. Войтковский, А.А. Алейников, Н.А. Володичева, Е.А. Золотарев, В.В. Поповнин, Е.Г. Харьковец // МГИ. 2000. № 89. С. 51-57.

2. Иванов Е.Н., Воропай Н.Н. Мониторинг почвенной температуры горных территорий юга Восточной Сибири // Десятое сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу: Тез. Рос. Конф. / Под ред. М.В. Кабанова. Томск: изд-во Аграф-Пресс, 2013. с 60-62

3. Поповнин В.В. Современная эволюция ледников Земли. В кн.: Современные глобальные изменения природной среды. М.: Научный мир, т.1, 2006. С. 507-577

ДАТИРОВАНИЕ МОРЕН ПО КОСМОГЕННЫМ ИЗОТОПАМ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ ТЯНЬ-ШАНЯ

Иванов М.Н. [1], Петраков Д.А. [1], Stroeven A.P. [2], Harbor J. [3], Lifton N.A. [3], Gribenski N.[2], Heyman J.[3], Blomdin R.L.[3]

[1]МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, России

[2]Департамент физ. географии и четвертичной геологии, университет Стокгольма, Швеция.

[3]Факультет наук о Земле, атмосфере и планетах, университет Пардью, США

misha_scout@mail.ru

В рамках международного проекта по изучению древнего оледенения Центральной Азии Central Asia Paleoglaciology Project, выполняются исследования на Тянь-Шане, Куньлуне, Тибете и Алтае включая монгольскую часть [3]. В ходе полевых работ 2011-2014 гг. на Тянь-Шане отобраны образцы из гранитных валунов и глыб на моренах ледников в долинах Иныльчек и Сары-Джаз, на склонах массива Акшийрак и Ю.Киргизском хребте. Получены датировки ледниковых отложений на основе использования космогенных изотопов [4]. Для примера представлены новые данные по моренам ледника Иныльчек.

Бассейн р. Иныльчек представляет собой трог к западу от пика Победы (7439 м), включает ледники Северный и Южный Иныльчек, а также целый ряд более мелких ледников-притоков и отдельных ледников по бортам долины. Бассейн даёт значительный сток, что определяет его высокую значимость для хозяйства. Ледник Ю. Иныльчек – один из наибольших в Азии, длина около 60 км, и весьма интересен для палеогляциологии. В максимум последнего оледенения ледники Северный и Южный Иныльчек сливались, вбирали в себя ледники по бортам долины и образовывали древний ледник Иныльчек, который занимал всю долину, что отмечали ещё первые исследователи [1]. Ввиду сложности рельефа долины, до сих пор в литературе продолжается дискуссия относительно возраста и границ наступания ледника Иныльчек.

Долина Иныльчек продолжается на десятки километров ниже конца современного ледника Ю. Иныльчек до впадения в р. Сары-

Джаз и характеризуется асимметричным строением. Правый борт состоит из нескольких террасовидных ступеней структурного генезиса, покрытых моренным материалом. Левый борт представляет собой сглаженный ледником крутой склон, практически лишенный рыхлых отложений, рассечённый боковыми долинами из которых спускаются мощные конусы выноса нескольких генераций. При дешифрировании материалов дистанционного зондирования ступени зачастую принимаются за несколько уровней разновозрастных морен, однако при наземном исследовании очевидно, что моренные отложения являются остатками размытой боковой морены, спроецированной на сглаженный ступенчатый борт долины. На тыловом шве правого борта долины на высоте около 2800 м. прослеживается моренный вал с множеством гранитных глыб. Этот вал рассекается современными конусами выноса, водотоками и прослеживается до окончания долины где упирается в мощное разноуровенное моренное поле ниже селения Иныльчек на высоте около 2600 м. На левом борте долины сходный вал отчётливее выражен в нижней части долины и имеет форму гребня с гранитными глыбами и отторженцами на поверхности. Прослеженный уровень боковых морен представляется единой границей распространения древнего ледника Иныльчек в позднем плейстоцене.

На гребне левой боковой морены в районе её выклинивания и слияния с моренным полем были отобраны образцы для датирования по космогенным изотопам бериллия и хлора. Образцы отобраны из устойчивых глыб кварцесодержащих гранитов, превышающих 3х2х2 м, что снижает возможные ошибки датирования. Получены даты по изотопам 10Be 14000 ± 1700 и 23400 ± 2700, по изотопам 26Al 16200 ± 5400 и 22500 ± 3100 [2]. Датировки находятся в пределах максимума последнего оледенения и позднеледниковья и подтверждают границу распространения древнего ледника Иныльчек на тот период, прослеживающуюся на местности по боковым мореным. Выше по левому склону долины на высоте около 2800 м прослеживается ещё один более древний уровень валунов, возможно моренный вал. Для более детального определения возраста различных гребней и поверхностей моренного комплекса отобрано ещё нескольких образцов, проводится их анализ.

В результате проведенного исследования получены первые датировки моренных отложений в бассейне Иныльчек, позволяющие проводить границы ледника в максимум последнего оледенения по-

сле которого ледники сокращались с незначительными осцилляциями. Недостаточно исследованным вопросом стратиграфии местных четвертичных отложений является корреляция террасовых комплексов, выделяемых на правом борту долины Иныльчек, с разновозрастными моренами. Отсюда же следуют вопросы о количестве оледенений, о характере ледниковых ритмов и их палеогеографической значимости и др. Данные вопросы на территории Северного Тянь-Шаня изучены слабо и планируется осветить в рамках реализуемого проекта.

Литература

1. *Демченко М.А.* К оледенению массива Хан-Тенгри // Исследование ледников СССР, вып. 2-3. – Л.: ЦУЕГМС, 1935. С. 64-86.

2. *Иванов М.Н., Петраков Д.А., Stroeven A.P., Harbor J., Heyman J., Lifton N.A.* Эволюция ледников бассейна Иныльчек на Тянь-Шане в максимум последнего оледенения // VIII Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода: «Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований». Сб. статей – Ростов н/Д: ЮНЦ РАН, 2013, с. 238-241.

3. *Строевен А.П., Харбор Ж., Петраков Д.А., Александр О., Бломдин Р.Л., Кэффи М.У., Чен И., Коделиан А.Т., Гребенски Н., Хаттестранд К., Хейман Я., Иванов М., Янссон К.Н., Ли Яю, Ли Й., Лифтон Н.А., Лиу Г., Пройссер Ф., Рогожина И., Рудой А., Усубалиев Р., Жао Д., Жоу Л.* Реконструкция пространственных и временных структур палеогляциологии в Центральной Азии и Тибете: опыт эффективного международного сотрудничества // Материалы международной конференции "Горные угрозы 2013" – Бишкек: Позитив, 2013. с. 242-243

4. *Harbor J., Stroeven A.P., Beel C., Blomdin R., Caffee M.W., Chen Y.X. Codilean A.T., Gribenski N., Hattestrand C., Heyman J., Ivanov M.N., Kassab C., Li Y.K., Lifton N.A., Petrakov D., Rogozhina I., Usubaliev R.* Reconstructing spatial and temporal patterns of paleoglaciation along the Tian Shan // Abstract of the AGU fall meeting – San Francisco, 2012. 1 p. EP53D-1059

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕНОСА АЭРОЗОЛЯ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ НА ОПУСТЫНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Карпов А.В.[1], Курбатов Г.А.[2], Бунтов Д.В.[1]
[1]Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва
[2]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

Минеральный аэрозоль, выносимый в атмосферу с поверхности пустынь и полупустынь, заметно влияет на радиационный режим атмосферы (и, следовательно, на климат) как в региональном, так и в глобальном масштабе. Однако прямых измерений вертикальных турбулентных потоков аэрозоля на опустыненных территориях до настоящего момента проведено очень мало – опубликовано лишь несколько оценок для отдельных периодов времени в Приаралье.

Для более детального изучения процессов генерации и выноса минерального аэрозоля нами были проведены экспедиционные измерения вертикальных турбулентных потоков аэрозоля на опустыненных территориях юга России. Подготовлен аппаратурный комплекс для измерений с высоким временным разрешением дифференциальных счетных концентраций частиц аэрозоля на двух уровнях высоты и турбулентных пульсаций трех компонент скорости ветра. Получен дневной ход нормированных турбулентных потоков или скорости выноса аэрозоля корреляционным методом. Проведены синхронные измерения скорости выноса аэрозоля двумя методами: корреляционным и градиентным. Показано удовлетворительное согласие результатов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-05-00523.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ, СОСТАВОМ АТМОСФЕРЫ И ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

Коломеец Л.И., Смышляев С.П.
Российский государственный гидрометеорологический университет, г.Санкт-Петербург, Россия
Liudusik88@mail.ru

Грозовая активность приводит к сильным возмущениям, диссоциации и ионизации атмосферных составляющих. Кроме того, молнии являются источниками диоксида и оксида азота в тропосфере. С другой стороны оксиды азота могут повлиять на распределение химического состава атмосферы, температуры и радиационно-активных газов. В свою очередь, изменчивость погоды и климата ведут к перераспределению грозовых облаков, что приводит к изменению частоты молниевых вспышек (т.е. к изменению концентрации оксидов азота). Таким образом, образуются положительные и отрицательные обратные связи между частотой гроз, атмосферной химией и климатическими изменениями. И глобальные и региональные эффекты этих обратных связей имеют важное значения в изменении структуры состава атмосферы. Для изучения механизмов этих обратных связей используются две модели: глобальная химическая модель INM-RSHU WRF-Chem (версия 3.5). WRF-Chem дает возможность моделировать химию атмосферы и аэрозольный состав от облачного до регионально масштабов.

Для численных экспериментов WRF-Chem используется Северо-Западная часть Российской Федерации и Европа (шаг сетки 15 км, с разрешением 180×180). Вертикальная гибридная ⌈-координатанасчитывает 35 уровней от поверхности земли до уровня 50 гПа. В качестве входных метеорологических параметров выступают данные GFS Final Analyses (с шагом сетки $0.5^0 \times 0.5^0$), которые содержат следующую информацию: температура, U,V-составляющие ветра, относительная влажность, потенциальная температура, давление и т.д. Прогностические данные включают ветер, температуру, давление, водяной пар, облачные частицы и т.д.

В ходе проведения анализа эффекта молниевых вспышек на состав атмосферы были выбраны 3 группы дней летнего периода 2013

года: 1)дни, когда гроза наблюдалась 2) дни с усиленной глубокой конвекцией 3)дни перед/до наступления грозы.

Грозы – это явления подсеточного масштаба, поэтому для моделирования конвекции необходима модель с высоким разрешением и комплексной параметризацией, которая смогла бы адекватно воспроизводить рост развитие грозового облака.

Для выбора наиболее оптимальной схемы конвекции для выбранного региона, сравнивались несколько параметризаций: схема Manaje, Arakawa-Schubert, Betts – Miller и схема Kuo. (по предварительным оценкам, схема Arakawa-Schubert позволет точнее оценить конвекцию).

Для моделирования состава атмосферы использовался протокол KPP (чтобы включить в WRF-Chem схему CRLv-R5), а также 8-бен. и 4-бен. Аэрозольные схемы MOSAIC.

Анализ состояния и состава атмосферы в зависимости от конвективного состояния определяет основную роль глубокой конвекции и выявляют механизмы, ведущие к изменению концентрации газов и частоты молниевых вспышек.

Обобщенный анализ метеорологических и химических полей показывает, что обратные связи химия-климат-молнии могут заметно повлиять на долгосрочную эволюцию концентрации газов и аэрозолей в верхней тропосфере и нижней / средней стратосфере

Литература

*1. Галин В.Я.,Володин Е.М.*Совместная химико-климатическая модель атмосферы // Изв.РАН.Физика атмосферы и океана.2007.Т.43.№ 4. С.437 – 452.

2. Smyshlyaev S.P., Geller M.A., Yudin V.A Sensitivity of model assessments of hight-speed civil transport effects on stratospheric ozone resulting from uncertainties in the NOx production fron lightning// J.Geophys.Res.1988. V.104.№21.P. 26401 – 26417.

3. Schumann U., Huntrieser H. The global lightning-induced nitrogen oxides source // Atmos.Chem.Phys.2007.V.7.№ 14.P.3823 – 3907.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАССЕЯНИЯ СВЕТА НА ПЕРИСТЫХ ОБЛАКАХ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ МОДЕЛИ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Коношонкин А.В. [1,2], Кустова Н.В. [1], Боровой А.Г. [1,2]
[1]Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия
[2]Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия
sasha_tvo@iao.ru

Одной из основных причин глобального изменения климата является изменение теплового баланса планеты, вызванного изменениями радиационного потока через атмосферу. На радиационный бюджет Земли с разной степенью оказывают влияние многочисленные составляющие атмосферы, некоторые из них приводят к ее нагреванию, некоторые – к охлаждению.

Для понимания глобальных процессов, происходящих в атмосфере, необходимо построение глобальной климатической модели планеты. Такие модели, как правило, учитывают многочисленные аспекты: молекулярное рассеяние, аэрозольное рассеяние, взаимодействие излучения с жидко-капельными и перистыми облаками и т.д. И, если с первыми из этих аспектов не возникает особых трудностей, то учет рассеяние света на перистых облаках является сложной и до конца не решенной задачей.

Перистые облака, состоящие из ледяных кристаллических частиц, качественно отличаются от жидко-капельных, и к ним не применимы стандартные методы решения задачи рассеяния света, основанные на теории Ми или прямом решении уравнений Максвелла.

В настоящее время не существует общепринятого метода, позволяющего решать задачу рассеяния света на ледяных кристаллах перистых облаков. Вместе с тем, именно перистые облака являются основным источником неопределенности при построении численных моделей радиационного баланса планеты. По этой причине в последние два десятилетия активно предпринимаются попытки решить данную проблему совершенно различными подходами.

Классическим строгим решением данной задачи является прямое решение уравнений Максвелла. Тем не менее, прямое решение уравнений Максвелла – очень ресурсоемкая задача, сложность кото-

рой растет с увеличением эффективного размера частицы. И, не смотря на существенный рост вычислительных мощностей за последние время, едва ли удается получить решение для частиц с размерами в десятки раз превышающих длину волны падающего света[10], не говоря уже о том, что эффективно данный подход удается применять только для частиц сопоставимых по размеру с длиной волны.

Другим активно используемым подходом является решение задачи в приближении геометрической оптики [7]. Как правило, решение при таком подходе строится методом трассировки лучей (ray-tracing) [9], однако, в некоторых случаях эффективнее использовать метод трассировки пучков[2]. Явным преимуществом приближения геометрической оптики является скорость и простота проведения расчета. Основными недостатками – пренебрежение волновыми свойствами света и, как результат, образование бесконечных уровней интенсивности в направлении рассеяния назад[1].

В последнее время авторами данной статьи [8], а также многими зарубежными исследователями разрабатывается приближение физической оптики[6], которое является улучшением приближения геометрической оптики за счет учета волновых свойств света в рамках дифракции Фраунгофера. Данный метод лишен недостатков приближения геометрической оптики, однако, более сложен и ресурсоемок.

В докладе проводится сравнение методов геометрической и физической оптики для решения задачи обратного рассеяния света на квази-горизонтально ориентированных гексагональных ледяных пластинках перистых облаков, являющихся объектом исследования в целом ряде статей [3,5] и проектов[4]. Отдельное внимание уделено границе применимости метода геометрической оптики для решения данной задачи.

Авторами сформулирована граница применимости приближения геометрической оптики для решения задачи рассеяния назад для строго горизонтально ориентированной пластинки: применение приближения геометрической оптики вносит погрешность не более 5%, в случае, когда угловой размер апертуры приемника в 4 раза превышает отношение λ/D.

Наличие флаттера существенно расширяет границы применимости геометрической оптики, а именно, погрешность приближения геометрической оптики в не зависимости от размера апертуры при-

емника не превышает 5%, когда угол флаттера более чем в три раза превосходит дифракционный угол.

Установлено, что в подавляющем большинстве случаев точное решение задачи рассеяния в окрестности направления назад на квази-горизонтальной частицы может быть получено на основе аналитического решения дифракции на круге, с погрешностью не превышающей единиц процентов. В частности, для частицы диаметром 100 мкм. данное приближение вносит ошибку менее 0,5%.

По результатам численного расчета установлено, что для наблюдаемых в перистых облаках пластинчатых кристаллов вклад уголковой компоненты не превосходит 10% при флаттере менее 8 градусов.

Полученные авторами данные могут быть применены для построения эффективных решений задачи рассеяния света на квазигоризонтально ориентированных пластинках для улучшения радиационного блока в численных моделях глобального изменения климата.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант номер 12-05-00675а) и гранта Президента РФ по поддержке ведущих научных школ НШ-4714.2014.5.

Литература

1. Бурнашов А.В., Коношонкин А.В. Матрица рассеяния света на усеченном пластинчатом дрокстале, ориентированном преимущественно в горизонтальной плоскости // Оптика атмосф. и океана. 2012. Т25. №12. С.1043-1050.

2. Кустова Н.В. Методы геометрической и физической оптики в задаче рассеяния света атмосферными ледяными кристаллами: Автореф. дис…канд. физ.-мат. наук. – Томск, 2009. – 22 с.

3. Самохвалов И.В., Кауль Б.В., Насонов С.В., Животенюк И.В., Брюханов И.Д. Матрица обратного рассеяния света зеркально отражающих слоёв облаков верхнего яруса, образованных кристаллическими частицами преимущественно ориентированными в горизонтальной плоскости.// Оптика атмосферы и океана. 2012. Т. 25, № 5. С. 403-411.

4. РФФИ Грант № 11-05-01200а. "Оптические и микрофизические характеристики облаков верхнего яруса, содержащих ансамбли ледяных кристаллов с преимущественной ориентацией в пространстве: экспериментальные исследования". 2011-2013гг.

5. Balin Yu.S., Kaul B.V., Kokhanenko G.P., Penner I. E. Observations of specular reflective particles and layers in crystal clouds// Opt. Express. 2011. V.19. N. 7. P. 6209-6214.

6. Bi L, Yang P, Kattawar GW, Hu Y, Baum BA. Scattering and absorption of light by ice particles: solution by a new physical-geometric optics hybrid method. //J Quant Spectrosc Radiat Transfer 2011; 112: 1492-508

7. Borovoi A.G., and Grishin I.A. Scattering matrices for large ice crystal particles // JOSA. A., 2003. V.20 p.2071-2080.

8. Borovoi A., Konoshonkin A., Kustova N. Backscattering by hexagonal ice crystals of cirrus clouds // Optics Letters. 2013. Vol. 38. No.15. P. 2881-1884.

9. Macke A., Mishchenko M.I., Cairns B The influence of inclusions on light scattering by large ice particles // J. Geophys. Res. D. 1996. V. 101. P. 23311-23316

10. Yurkin M.A., Hoekstra A.G. The discrete-dipole-approximation code ADDA: Capabilities and known limitations // // J.Quant.Spectrosc.Radiat.Transfer. 2011. V.112. p.2234-2247.

ДОЛГОПЕРИОДНАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СОБЫТИЯ В СЕВЕРНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТЯХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ НА ОСНОВЕ РЕКОНСТРУКЦИЙ ПО ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Мацковский В.В., Долгова Е.А.
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
matskovsky@igras.ru

Прогнозирование естественной составляющей колебаний климата представляет собой сложную комплексную проблему, к которой возможны разные подходы. В настоящее время развивается два основных направления: моделирование с использованием моделей общей циркуляции атмосферы и статистический палеоклиматический анализ, позволяющий использовать установленные закономерности для предсказания будущих изменений климата. Эти методы взаимосвязаны и дополняют друг друга. Успешность обоих подходов в большой степени связана с наличием достоверных, высокого разрешения региональных реконструкций климатических параметров. Не удивительно, что большинство таких реконструкций основано на древесно-кольцевом анализе, который позволяет получить сеточные данные близкие по своим свойствам к инструментальным метеорологическим наблюдениям.

Целью работы является реконструкция долгопериодной климатической изменчивости, а также отдельных лет с экстремальными погодными условиями в северной и центральной частях Европейской территории России (ЕТР). Для достижения этой цели было решено

несколько взаимосвязанных задач: 1) создание новых и усовершенствование существующих длинных дендрошкал, пригодных для палеоклиматического анализа; 2) выявление климатического отклика древесно-кольцевых хронологий на всей территории исследования; 3) палеоклиматический анализ всех имеющихся качественных дендрошкал на территории исследования: выделение долгопериодной климатической изменчивости в прошлом (тренды и цикличность), выявление отдельных экстремальных лет. В частности, было разработано программное обеспечение для пространственного дендроклиматического анализа и отображения его результатов в виде картосхем. Для этого анализа были привлечены ежедневные и ежемесячные данные по температурам и осадкам более чем с 200 метеостанций региона исследования, ежемесячные сеточные метеоданные с разрешением 0,5° по широте и долготе (CRU TS 3.0), модельные данные по влажности почвы и индексу сухости Палмера (PDSI), данные реанализа (20th Century Reanalysis), данные по циркуляционным индексам (NAO, SCAND и др.). Дендроклиматический анализ позволил выявить основные климатические параметры, на которые реагируют древесно-кольцевые хронологии исследуемого региона. Длинные древесно-кольцевые хронологии, почти полностью покрывающие последнее тысячелетие позволили построить климатические реконструкции годичного разрешения. Полученные реконструкции сравниваются с другими реконструкциями высокого разрешения для ЕТР и прилегающих территорий. В построенных реконструкциях определены тренды различной продолжительности: внутривековые, сверхвековые, тысячелетние. С помощью спектрального анализа и вейвлет анализа определены основные гармоники цикличности, время преобладания той или иной гармоники, периоды их смены. На основе расчетов средних метеорологических условий в годы аномального прироста определены аномалии метеорологических параметров в прошлом по «реперным годам». Кроме того, для каждой хронологии из банка древесно-кольцевых данных для ЕТР созданы картосхемы дальности корреляций с полем остальных древесно-кольцевых данных. Эти картосхемы могут быть полезны не только дендроклиматологам, но и археологам – для определения возможных районов заготовки строительной древесины, и лесоводам - при отработке теоретических основ лесорастительного районирования, и криминалистам – при определении незаконных рубок.

МАСС-БАЛАНСОВАЯ МОДЕЛЬ ГОРНЫХ ЛЕДНИКОВ

Морозова П.А.
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
morozova_polina@mail.ru

Работа посвящена изучению реакции горных ледников на климатические изменения. В рамках данной работы была создана масс-балансовая модель ледника. Модель содержит уравнения расчета основных составляющих радиационного баланса, турбулентных потоков тепла (явного и скрытого). В качестве исходных данных могут быть использованы как данные моделирования, так и данные измерений. Пространственное разрешение 25 м (данные о поверхности ледника получены при помощи данных радиозондирования и DGPS-метрии ледников и построенных на их основе цифровых моделей рельефа с разрешением 25 м [1]), разрешение по времени - 1 час. Производится расчет суммарной энергии, затрачиваемой на таянье и суммы выпавших и стаявших твердых осадков. Баланс массы ледника затем используется при расчетах в модели течения льда [2]. Использование масс-балансовой модели позволяет оценить чувствительность ледника к изменению определенных метеопараметров, определить репрезентативность конкретного ледника как индикатора изменения климата.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-05-31466.

Литература:

1. *Кутузов С.С., Лаврентьев И.И., Мачерет Ю.Я., Петраков Д.А.* Изменения ледника Марух с 1945 по 2011 гг. // Л□д и Снег, 2012, №1, с. 123-127.

2. *Furst J.J. et al*. Improved convergence and stability properties in a three-dimensional higher-order ice sheet model //Geoscientific Model Development 4. 2011. 1133-1149

ЗАПАЗДЫВАНИЕ МЕЖДУ ИЗМЕНЕНИЯМИ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В АТМОСФЕРЕ В РАСЧЕТАХ С ПРОСТОЙ СОВМЕСТНОЙ МОДЕЛЬЮ КЛИМАТА И УГЛЕРОДНОГО ЦИКЛА

Мурышев К.Е., Елисеев А.В., Тимажев А.В.
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, г. Москва, Россия
kmuryshev@mail.ru

Анализ данных ледовых кернов показывает, что изменения содержания в атмосфере углекислого газа q в целом на временных масштабах от тысячелетий до сотен тысяч лет запаздывают относительно изменений температуры T [1, 2]. Анализ данных наблюдений за 1980-2010 годы также демонстрирует наличие положительного запаздывания между изменениями температуры и концентрации углекислого газа в атмосфере [3]. На этом основании авторами [3] делается вывод, что причиной современного потепления климата не являются антропогенные эмиссии парниковых газов.

В настоящей работе показывается, что такое взаимное запаздывание между T и q может быть получено в рамках общепринятых климатических моделей, в которых подразумевается, что причиной современного потепления является парниковый эффект антропогенной природы.

В данной работе рассматривается глобальная модель климата с углеродным циклом. В ней поток CO_2 из атмосферы в океан рассчитывается при помощи модели типа Бакастоу [5]:

$$F = F_0 \chi (q - q_0 - \zeta Dq_0 / D_0) ,$$

а поток CO_2 из атмосферы в наземные экосистемы — согласно [6]:

$$G = \beta_L (q - q_0) + \gamma_L T ,$$

где T – отклонение глобальной температуры от начального значения, D – отклонение запаса углерода в океане от его начального значения, q_0=278 млн$^{-1}$, D_0=1.5 ·10^5 ГтС, β_L= (0.01 – 0.02) [ГтС/млн$^{-1}$], γ_L = 0.05 [ГтС/K·год], F_0 = (2.5 – 4.5) [ГтС/год], χ — растворимость CO_2 в морской воде, ζ – буферный фактор.

Динамика климатической системы в целом описывается уравнениями:

$C_0(dq/dt) = E(t) – F – G$,

$dD/dt = F$,

$C\,(dT/dt) = p\,\ln(q/q_0) + R(t) – \lambda T$,

где E(t) – эмиссии CO_2 в атмосферу, R(t) – температурный форсинг, p= 5.34 [Дж/м^2·год],

C_0= 2.123 [ГтС/млн$^{-1}$], C – теплоемкость на единицу площади ($6\cdot10^7$ Дж/м^2·К), λ — коэффициент обратной связи (1.37 Вт/м^2·К).

Исследовано поведение системы при различных значениях входящих в уравнения параметров, двух типах форсинга — температурном и эмиссионном, двух характерах форсинга — синусоидальном и импульсном с периодами P = (10^3 – 10^4) лет. Под импульсным форсингом здесь понимается воздействие вида A= {0 при t $\in$ (0; 0.8 P), A_0 при t $\in$ (0.8 P; 0.9 P), $–A_0$ при t $\in$ (0.9 P; P)}, где A_0 – амплитуда воздействия.

Выявлено, что для обоих типов форсинга наибольшее влияние на величину запаздывания между изменениями температуры и концентрации CO_2 в атмосфере оказывают характер форсинга и его период. Также можно говорить о слабой зависимости положения границ интервала неопределенности, в котором лежит значение запаздывания, от параметров β_L и F_0. Чем больше период воздействия, тем шире этот интервал. Также при одинаковом значении периода воздействия ширина интервала в несколько раз больше при синусоидальном форсинге, чем при импульсном.

При **эмиссионом форсинге** интервал неопределенности, примерно симметричен относительно нуля. Значение запаздывания, соответствующее максимуму коэффициента корреляции между рядами, при различных характерах форсинга, различных значениях его периода и других параметров составляет не более нескольких лет. Иными словами, система является слабо инерционной по отношению к эмиссионому воздействию.

При **температурном форсинге** отмечается положительное запаздывание между изменениями температуры и концентрации CO_2 в атмосфере. Величина запаздывания увеличивается при увеличении периода воздействия. При фиксированном значении периода импульсное воздействие дает запаздывание в несколько раз меньше, чем синусоидальное. Также при фиксированном периоде и характе-

ре форсинга существует слабая зависимость между величиной запаздывания и значениями параметров β_L и F_0.

Полученные результаты согласуются с результатами [3] и [4] и не противоречат современным представлениям об антропогенной природе происходящего глобального потепления.

Литература

1. Мохов И.И., Безверхний В.А., Карпенко А.А. Диагностика взаимных изменений содержания парниковых газов в атмосфере и температурного режима по палеореконструкциям для антарктической станции Восток // Изв. АН, Физика атмосферы и океана. 2005. Т.41. No.5. С.579-592.

2. Мохов И.И., Безверхний В.А., Карпенко А.А. Взаимные изменения температурного режима и содержания парниковых газов в атмосфере по палеореконструкциям для последних 800 тысяч лет / В: Экстремальные природные явления и катастрофы. Том 1. Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений. Отв. ред. А.О. Глико. М.: ИФЗ РАН. 2010. С. 312-319.

3. Humlum O., Stordahl K., Solheim J.-E. The phase relation between atmospheric carbon dioxide and global temperature // GPC. 2013. Volume 100. P. 51-69. doi 10.1016/j.gloplacha.2012.08.008

*4. Мохов И.И., Смирнов Д.А., Карпенко А.А.*Оценки связи изменений глобальной приповерхностной температуры с разными естественными и антропогенными факторами на основе данных наблюдений // Доклады АН. 2012. Т. 443. № 2. С. 225-231.

5. Meier-Reimer E. and Hasselmann K. Transport and storage of CO2 in the ocean – an inorganic ocean-circulation carbon cycle model // Climate Dynamics. 1987. Volume 2. P. 63-90.

6. Boer G.J. and Arora V.K. Feedbacks in Emission-Driven and Concentration-Driven Global Carbon Budgets // J. Climate. 2013. Volume 26. 3326-3341.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФИТОИНДИКАЦИОННОГО МЕТОДА ПРИ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ХВАЛЫНСКОЙ РАВНИНЫ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ)

Ощепков Г.В.

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

kelimbern@mail.ru

Северный Прикаспий является подробно изученным районом, однако, и по сей день на данной территории остается множество нерешенных вопросов: происхождение бэровских бугров, неоднознач-

ное влияние на окружающий ландшафт колебаний уровня моря, палеогеография трансгрессий и регрессий Каспийского моря, затрагивавших долинный комплекс Волги. В особенности, остается множество неразгаданных нюансов раннехвалынской трансгрессии, когда в долине Волги были сформированы морские глинистые отложения, заполняющие дохвалынские понижения рельефа, — так называемые «шоколадные» глины. Происхождение горизонта «шоколадных» глин остается одной из фундаментальных проблем палеогеографии плейстоцена Каспийского бассейна: формирование мощного глинистого осадка с угнетенной фауной происходило, с геологической точки зрения, очень быстро, мощности горизонта меняются от нескольких десятков сантиметров до десятков метров, местами выклиниваясь из разреза полностью. В изучении палеогеографической специфики раннехвалынских отложений последние десятилетия главная роль отводилась биоиндикации по малакофауне и палинологическому анализу, а локализация на местности и установление мощностей «шоколадных» глин могли быть получены только при помощи бурения или наблюдений выходов глин в естественных разрезах бэровских бугров или на обрывах уступа хвалынской террасы.

Несмотря на множество разрезов, описывающих «шоколадные» глины, и огромный массив накопленных данных за всю историю изучения вопроса, хвалынский рельеф и мощности «шоколадных глин» перекрыты более поздними осадками, из-за чего представления исследователей о распространении и мощности горизонта остаются весьма примерными. Кроме того, аридные территории Северного Прикаспия являются одними из наиболее уязвимых с точки зрения биогеоценотических характеристик. В районе множество геоэкологических проблем — низкое плодородие почв за пределами поймы Волги, размыв почв на террасах, засоление почв, опустынивание, овражная эрозия, перевыпас скота. Кроме того, «шоколадные» глины во многих точках являются верхним водоупорным горизонтом, что приводит к проблемам с обеспеченностью хозяйства грунтовыми водами на отдалении от Волги и к катастрофическим явлениям на уступах террасы: скрытой суффозии или оползням. Помимо естественных природных процессов, антропогенный фактор кардинально изменяет устойчивость размещенных на нем биоценозов, что приводит к обеднению флористического, а за ним и фаунистического разнообразия на той или иной территории.

Для локализации на местности и оценки возможной глубины залегания «шоколадных» глин, а в перспективе – и других свойств раннехвалынских отложений, предлагается использование фитоиндикации. Основой фитоиндикационной методики в аридных районах является прослеживание связей между растительностью (растительными ассоциациями) и морфолитогенной основой. Суть фитоиндикации заключается в том, чтобы по известным характеристикам и условиям существования определенного растительного покрова исследуемой территории выявлять геоморфологические характеристики, вплоть до определения генезиса и возраста отложений, формирующих основу рельефа данной местности, и, соответственно, самого рельефа. Конечно, фитоиндикация не может быть использована в отрыве от ландшафтных и геоморфологических особенностей исследуемой территории. Для подтверждения индикационной связи между «шоколадными» глинами и тем или иным растительным индикатором необходима проверка достоверности. Для этого вблизи от разрезов с известной глубиной залегания «шоколадных» глин используется метод ключевых участков – детальное исследование растительного покрова поверхности. По полученным данным можно судить об индикационной привязанности отдельного вида к целиндикату или же о закономерностях состава растительной ассоциации в зависимости от глубины залегания горизонта глинистых отложений. При исследовании участка принимается во внимание степень изменения ландшафта в результате человеческой деятельности, а также местные условия произрастания различных видов растений в зависимости от климата и почв исследуемой территории. В процессе выполнения этой задачи на примере трех разрезов (Райгород, Черный Яр, Ленино) была установлена связь между соотношением в растительном покрове вида *Bassia sedoides* и глубиной залегания раннехвалынских глин (рис. 1). *Bassia sedoides* – индикатор, прежде всего, сильно глинистых грунтов: специфика корневой системы этого растения позволяет забирать влагу с поверхности водоупора, и, следовательно, при увеличении глубины залегания глин уменьшается процент содержания *Bassia sedoides* в растительном покрове. На песчанистых грунтах растение чувствует себя подавленно и быстро исчезает. По результатам анализа данных по ключевым участкам можно отметить, что *Bassia sedoides* присутствует на всех площадках, и ее соотношение с другими видами в травянистом фитоценозе обратно пропорционально увеличению глубины залегания глин. При

глубине залегания глин до 0,5 м *Bassia sedoides* составляет до 70% растительного покрова, при глубине от 0,5 до 1 метра – до 15%, при глубине более 1 м – до 5%. Увы, глубина залегания более 2 метров уже не может быть точно отражена в процентной доле, и здесь, по-видимому, необходимо учитывать не столько содержание конкретно *Bassia sedoides*, сколько уменьшение доли *Artemisia salsoloides*, чутко реагирующей на понижение карбонатности грунта (и, следовательно, увеличение глубины залегания хвалынских морских глин).

В перспективе возможно использование спектроснимков ДДЗ по времени цветения *Bassia sedoides* и *Artemisia salsoloides* для установления ареалов распространения и встречаемости этого вида на площадях хвалынской террасы для уточнения глубины залегания раннехвалынских глинистых отложений в пределах распространения этих видов растений. Данный метод является удобным прикладным дополнением к уже существующим методам, но не является полноценной заменой полевым маршрутам. Для применения этого метода необходимо подтверждение соотношения видов и коэффициента индикативной связи для каждого участка с кардинальной сменой растительных ассоциаций.

ПАЛЕОПОЧВЫ, КАК ИНДИКАТОР ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ПОЗДНЕМ И СРЕДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ ЦЕНТРА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ

Панин П.Г.
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
paleosoil@mail.ru

Предлагаемое исследование базируется на материалах изучения палеопочв позднего и среднего плейстоцена в пределах Волжско-Окской области, в районе междуречья р. Оки и р. Москвы. В этом районе, где проходят границы нескольких оледенений, в лессовых отложениях сохранились палеопочвы позднего и среднего плейстоцена в интервале возраста 125 тыс. – 350 тыс. лет. В лессово-почвенных сериях были выделены и исследованы строение мезинского (возраст ~ 125 тыс. лет), каменского (~ 200-250 тыс. лет) и инжавинского (~ 300-350 тыс. лет) полигенетических почвенных ком-

плексов. Эти почвенные комплексы состояли из палеопочв двух фаз – ранней межледниковой и более поздней интерстадиальной, разделенных в ряде случаев маломощной толщей осадка и горизонтом с признаками криогенеза. Во время полевых работ были детально исследовано строение лессово-почвенных комплексов в разрезах Ожерелье, Михнево, Гололобово, Суворотино [1].

Материалы, излагаемые в данной статье, дают возможность проследить изменение климатических условий, в которых формировались межледниковые палеопочвы, в позднем и среднем плейстоцене. В палеопочвах были определены содержание гумуса, полуторные оксиды железа, карбонаты, гранулометрический состав, сумма обменных катионов, минералогический состав и сделаны детальные микроморфологические описания шлифов.

Палеопочвы микулинского межледниковья. Для палеопочв микулинского межледниковья характерен профиль AE-E-Bt, эти палеопочвы можно отнести к текстурно-дифференцированным с элювиально-иллювиальным профилем и морфологически выраженным горизонтом E. В этом профиле распределение гранулометрических фракций, гумуса, несиликатных форм железа также подтверждают элювиально-иллювиальные почвообразовательные процессы с преобладанием лессиважа. Сумма обменных катионов колеблется от 14,43 до 34,46 мг-экв/100 г почв, с преобладанием обменного кальция, что типично для современных серых лесных почв. Микроморфологические данные подтверждают преобладание элювиально-иллювиальных процессов при формировании почв, поскольку в них доминируют глинистые и гумусово-глинистые кутаны, которые встречаются вдоль всего профиля. В микулинских межледниковых палеопочвах железистые новообразования представлены ортштейнами и нодулями, присутствие которых свойственно переходным горизонтам (AE и E). По минералогическим показателям для межледниковых палеопочв характерно довольно равномерное распределение фракции менее 1 мкм, но резко выражены различия по составу минералов: верхние горизонты в значительной мере обеднены смешанослойными образованиями с высоким содержанием смектитовых пакетов. В этих же горизонтах относительно накапливаются гидрослюда, каолинит. Появляется тонкодисперсный кварц.

Палеопочвы микулинского межледниковья можно отнести к текстурно-дифференцированным с преобладанием процессов лессиважа и, возможного, оподзоливания. По нашему мнению, характер

почвообразования этих палеопочв можно сравнить с почвообразованием серых лесных почв, что говорит о схожих климатических условиях с современным климатом.

Палеопочвы раннекаменского межледниковья. Профиль раннекаменской межледниковой палеопочвы состоит из ABt-Bt или EBt-Bt горизонтов, что говорит о разных почвообразовательных процессах. Основная масса - гумусово-глинистая, с чешуйчатым и волокнистым строением тонкодисперсного вещества. Так в верхних частях палеопочв прослеживается интенсивная аккумуляция гумуса и илистых частиц с последующим уменьшением их содержание в нижележащие горизонты. Также ведут себя несиликатные формы железа, которые максимальны в переходных горизонтах (ABt и EBt), и понижаются в Bt, хотя аморфные формы железа вдоль всего Bt горизонта не сильно изменяются, что может свидетельствовать о слабых процессах гидроморфизма. Сумма обменных катионов в данных палеопочвах составляет 13,66-24,68 мг-экв/100 г почв. Слабое перемещение в иллювиальных горизонтах аморфного железа и доминирование процесса лессиважа подтверждается микроморфологическим методом. В верхних слоях профилей прослеживаются железистые новообразования - ортштейны и чередование железисто-глинистых кутан с глинистыми, в нижних же слоях Bt горизонтов железистые новообразования практически не встречаются, а глинистые кутаны доминируют и их количество резко возрастает. По минералогическим данным для профилей палеопочв каменского межледниковья отмечается некоторая дифференциация, как по содержанию илистой фракции, так и по количеству смектита в ней. Эти почвы более близки по минералогическим показателям к серым лесным и бурым лессивированным почвам.

Палеопочвы каменского межледниковья содержали признаки процессов оглинивания и лессиважа. Для этих палеопочв современными аналогами могут считаться бурые лесные лессивированые почвы. Таким образом, данные почвы формировались в более гумидных условиях, чем палеопочвы микулинского межледниковья.

Палеопочвы раннеинжавинского межледниковья. Для среднеплейстоценовых раннеинжавинских межледниковых палеопочв характерен хорошо выраженный текстурно-дифференцированный профиль Eg-Btf или EBt-Btf. В верхних частях автоморфных профилей содержание гумуса, илистых частиц максимально и вниз по профилю снижается, в гидроморфных палеопочвах распределение этих компонентов противоположно. Содержание окристаллизован-

ного железа в верхних частях Bt горизонтов палеопочв минимально и только в нижних слоях его количество возрастает. Аморфное железо в разрезе Ожерелье в верхней части Bt горизонта составляет 0,15 % и снижается до 0,1 %. По микроморфологическим описаниям в данном разрезе в верхних слоях количество железисто-глинистых кутан максимально и вниз по профилю их количество снижается, а количество глинистых кутан увеличивается. В разрезе Гололобово аморфное железо наоборот минимально и по микроморфологическому строению видно, что железисто-глинистые кутаны преобладают в нижних слоях Bt горизонтов. Эти различия могут говорить о разных преобладающих процессах в палеопочвах этого возраста. Так в разрезе Ожерелье, по-видимому, доминировали процессы лессиважа, с застоем влаги в верхних слоях с последующим преобладанием поверхностного элювиально-глеевых процессов. В разрезе Гололобово наряду с процессами лессиважа, промывным водным режимом, принимали участие процессы оподзоливания. По микроморфологическим данным палеопочвы формировались по элювиально-иллювиального типу илистого вещества и смектитовой фазы. Наличие же в илистом веществе тонкодисперсного кварца и увеличение содержания каолинита и гидрослюд является диагностическим показателем стадии подзолообразовании или элювиально-глеевых процессов.

Раннеинжавинские межледниковые палеопочвы формировались под лесной растительностью, где текстурно-дифференцированные палеопочвы формировались по элювиально-иллювиальному типу с участием процесса лессиважа, но также и с существенным участием процессов поверхностно оглеения или оподзоливания. Аналогами этих почв среди современных могут быть - поверхностно элювиально-глеевые, которые в настоящее время формируются в комплексе с бурыми и бурыми лессивированными почвами.

Таким образом, палеопочвы развивались в практических схожих условиях, что и раннекаменские межледниковые почвы, но с более интенсивными процессами гидроморфизма.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-05-00620 А и 14-05-31481 мол_а

Литература

1. Панин П.Г. Особенности строения межледниковых и интерстадиальных почвенных комплексов позднего и среднего плейстоцена центра Восточно-Европейской равнины // Почвоведение, № 2, 2007. С. 145-159.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ МОЩНОЙ КОНВЕКТИВНОЙ ОБЛАЧНОСТИ

Пустовалов К.Н.[1,2], Нагорский П.М.[1]
[1]*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,г. Томск*
[2]*Национальный исследовательский Томский государственный университет,г. Томск, Россия*
const.pv@yandex.ru

Работа посвящена исследованию количественно-временных характеристик вариаций напряжённости электрического поля, обусловленных прохождением над пунктом мониторинга мощной кучевой (*Cu cong*) и кучево-дождевой облачности (*Cb*), в условиях современных климатических изменений.

Как правильно, при анализе климатических изменений грозовой активности рассматриваются изменения количества дней с грозой, плотности разрядов молний, либо изменения метеорологических, аэрологических, синоптических условий благоприятствующих развитию гроз, однако остается без внимания изучение того, как изменяется внутренняя структура грозового процесса, одним из важнейших индикаторов которой может служить электрическое поле приземной атмосферы [1, 2].

При прохождении различных метеорологических явлений часто наблюдаются мощные вариации напряжённости электрического поля у поверхности земли. В ходе анализа данных мониторинга было выявлено, что наиболее часто такие вариации напряжённости поля наблюдаются во время прохождения над пунктом наблюдения мощной конвективной облачности, включая случаи с грозой [3].

Для исследования были использованы данные напряжённости электрического поля, полученные в геофизической обсерватории ИМКЭС СО РАН, г. Томск в течение 2006-2013 гг. с временным разрешением 1 минута. В ходе работы из массива исходных данных мониторинга было отобраны случаи прохождения над пунктом мониторинга мощной конвективной облачности (включая случаи с грозой) и проведена их обработка. При этом рассматриваемые данные делились на два класса, в зависимости от процессов образования

конвективной облачности, наличия или отсутствия устойчивого снежного покрова:

1. Тёплый период (май − сентябрь);
2. Холодный период (ноябрь − март).

Апрель и октябрь в исследовании не использовались, поскольку эти месяцы характеризуются перестройкой типа погоды (с зимнего на летний; с летнего на зимний), а также в эти месяцы на территории Сибири происходит интенсивное разрушение/формирование снежного покрова.

Кроме того, из исследования убирались случаи прохождения мощной конвективной облачности «замаскированной» слоисто-дождевой облачностью, сопровождающейся выпадением обложных осадков, влияние которых накладывается на вариации поля, обусловленные мощной конвективной облачностью, тем самым искажая его.

Методика обработки данных выбранных случаев прохождения мощной конвективной облачности над пунктом мониторинга подробно изложена в [4].

Использование данных с высоким временным разрешением позволило выделить основные количественно-временные характеристики этого явления:

$\mathbf{T_{мв}}$ – общая длительность мощных вариаций;

$\mathbf{TE}_{+}$ – длительность положительных возмущений поля E_{+};

$\mathbf{TE}_{-}$ – длительность отрицательных возмущений поля E_{-};

$\mathbf{TE}_{\sim}$ – длительность перехода (ширина фронта) от E_{+} к E_{-} и в обратном направлении;

$\mathbf{NE}_{+}$ – число появления положительных возмущений E_{+}

$\mathbf{NE}_{-}$ – число появления отрицательных возмущений E_{-},

$\mathbf{NE}_{\sim}$ – число переходов от E_{+} к E_{-} и в обратном направлении.

Отдельно для выделенных параметров для тёплого и холодного периодов были рассчитаны статистические характеристики и проведён их анализ.

Анализ результатов позволил установить следующее.

I. Средняя общая длительность возмущений поля при прохождении мощной конвективной облачности составляет для тёплого периода 58,7 минут, а для холодного – 34,0 минут. Среднее количество положительных возмущений, отрицательных возмущениями и переходных процесс составляет для тёплого периода соответственно 2,4; 2,5; 3,6, а для холодного периода – 1,6; 1,8; 2,3. Средняя длитель-

ность этих характеристик для тёплого периода составила соответственно 9,4; 10,5; 2,2 мин, а для холодного периода – 8,1; 7,8; 2,7 мин.

II. Сравнение статистических характеристик исследуемых параметров за тёплый и холодный периоды показывает, что среднее и медианное количество положительных и отрицательных возмущений и переходных процессов, а также их СКО и размах за тёплый период значительно превышает аналогичные параметры за холодный период. Также наблюдается превышение средней и медианной длительности положительных и отрицательных возмущений и размаха их значений в тёплый период относительно холодного. Однако, в отличие от остальных параметров, средняя и медианная длительность переходного процесса и размах его значений в холодный период существенно превышает таковую в случае тёплого периода.

III. Распределение общей длительности возмущений за тёплый период подчиняется распределению Леви-Парето и характеризуется влиянием на $\mathbf{T_{мв}}$ двух различных процессов, с переломом при длительности ~ 65 минут. Сходное распределение наблюдается и за холодный период, но недостаточно статистики.

IV. Предложенная методика обработки может быть использована для исследования аналогичных характеристик в сходных условиях за другой временной период для определения их динамики, обусловленной изменением климата, либо для проведения подобных исследований в других ландшафтных и физико-географических условиях.

Литература

1. *Анисимов С.В.* Геофизические исследования глобальной электрической сети / С.В. Анисимов, Е. А. Мареев // Физика Земли. 2008. № 10. С. 8-18.

2. *Горбатенко В.П.* Влияние географических факторов климата и синоптических процессов на грозовую активность: дис… д-ра геогр. наук/ В.П. Горбатенко. – Томск, 2003. – 339 с.

3. *Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Нагорский П.М., Смирнов С.В.* Изменчивость метеорологических и атмосферно-электрических величин в приземном слое атмосферы в предгрозовых ситуациях // Оптика атмосферы и океана, 2009, Т. 22, № 1, С.11-16.

4. *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.

ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ БОЛОТНОГО МАССИВА КУСКУН (ЛЕСОСТЕПНАЯ ЗОНА СРЕДНЕЙ СИБИРИ) ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ ГОЛОЦЕНА

Родионова А.Б.[1], Гренадерова А.В.[2]
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия
rodionovaab@yandex.ru[1], grenaderova-anna@mail.ru[2]

Последовательное изучение торфяных отложений с помощью палеоботанического метода дает возможность реконструировать динамику растительных сообществ за весь период торфонакопления, а использование экологических шкал, построенных на основе зависимости фитоценотического разнообразия от условий увлажнения [3], позволяет восстановить характер увлажненности территории.

Объектом исследования явились отложения притеррасно-пойменного болотного массива «Кускун» (55°58' с.ш. и 93°31' в.д.), расположенного в бассейне р. Есауловка (правобережный приток Енисея), общей площадью 1100 га. Средняя заболоченность района исследования (Канская лесостепь) составляет 6-7%, преобладают болота пойменной группы, имеющие узкую вытянутую форму [2]. Современный растительный покров представлен смешанным разнотравно-зеленомошным лесом, с древесным ярусом из ели, сосны и березы. Травяной ярус представлен вахтой, хвощем, кочкарными видами осоки. Среди мхов отмечены зеленые мхи *Tomentypnum nitens, Plagiomnium cuspidatum, Aulacomnium palustre* с небольшим участием сфагновых мхов.

На болоте проведено описание современной растительности, зондирование торфяной толщи в направлении от водораздельной части к руслу р. Есауловка (общей протяженностью 500 м), бурение выполнено с учетом смен растительных сообществ (5 точек). Мощность заложенных колонок варьирует от 1,00 м (из них торф – 0,70 м) – до 3,50 м (торф 3,00 м). Отбор проб торфа и подстилающих торф отложений проведен с интервалом в 5 см, образцы изучены по стандартной методике ботанического анализа [4], зольность определена согласно ГОСТ 26801-86. Из наиболее мощного разреза (точка 2) отобраны образцы для датирования, радиоуглеродный анализ выполнен в Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО

РАН. Впервые для территории Канской лесостепи определен возраст торфяных отложений.

Максимальная мощность торфяно-болотных отложений зафиксирована в 150 м от подошвы склона первой надпойменной террасы, и составила 3,50 м, из них 3,00 м – торф, 0,15 м – оторфованный суглинок, 0,35 м – супесь с включением растительного детрита. По результатам ботанического анализа установлено, что торфяная залежь многослойная лесо-топяная низинного типа, в её сложении отмечены гипновый, хвощевой, травяной, травяно-гипновый виды торфа, наибольшие по мощности слои образованы осоковым, осоково-гипновым, древесно-осоковым и древесным (березовый и сосновый) торфом.

Подстилающие торф супесчаные отложения включают остатки тканей хвощей, вахты, вейника, осоки, кору березы и сосны, что может свидетельствовать о развитии в пойме р. Есауловка сосняка разнотравно-хвощевого с небольшим участием березы. Супесчанные отложения перекрыты старичными суглинками атлантического возраста, что указывает на развитие мелководного водоема, которые и в настоящее время распространены в нижнем и среднем течении Есауловки.

Равнинный рельеф, в совокупности с водоупорными отложениями (суглинки) и увеличившимся в позднеатлантический период общим увлажнением климата [5] способствовал заболачиванию поймы. Возраст торфа на глубине 2,8-3,0 м от поверхности составил 5095±95 лет (номер лабораторного образца СОАН-9187).

На начальном этапе развития болота произрастал сосняк осоково-разнотравный с небольшим участием березы, травяной ярус слагали осока (волосистоплодная, сближенная), вейник ланцетовидный и хвощ, увлажнение варьировало от 78 до 83 ступени по шкале Раменского, что соответствует сыро-луговому.

Далее при незначительном увеличении увлажненности (до 86 ступени) наблюдалось постепенное сокращение в древесном ярусе доли сосны, содержание березы увеличилось, развитие получил березняк осоково-вейниковый с небольшим участием зеленых мхов (*Tomentypnum nitens, Aulacomnium palustre*). Данное лесотопяное сообщество просуществовало до среднесуббореального периода (примерно до 3000 лет назад).

На протяжении второй половины суббореального и первой половины субатлантического времени, характеризующихся переменны-

ми условиями увлажнения [5], на болоте в составе палеофитоценозов наблюдалось отсутствие древесных пород и преобладание топяных сообществ (осоково-гипновое, осоковое, осоково-разнотравное) при болотном увлажнении (до 96 ступени). Доминирующее положение принадлежало осоке, в волокне торфа отмечено от 15 до 70% остатков осоки волосистоплодной, 15-20% осоки сближенной.

В среднесубатлантическую фазу (примерно около 1200 лет назад) в составе торфяного волокна отмечено 5% коры березы, что указывает на развитие осоково-разнотравного фитоценоза с разреженным древесным ярусом из березы пушистой, при болотно-луговом увлажнении (90-93 ступень). Подобная тенденция уменьшения увлажнения отмечена и ранее на болотах Красноярской лесостепи в конце раннесубатлантического - начале среднесубатлантического времени [1].

Верхняя часть изученной торфяной залежи мощностью 0,20 м сложена гипновым торфом, в образовании которого принимали участие *Tomentypnum nitens, Plagiomnium cuspidatum, Aulacomnium palustre*, типичные представители низинных зеленых мхов. Отсутствие в верхних образцах торфа древесных остатков может свидетельствовать о том, что современная стадия развития растительности болотного массива, с хорошо развитым древесным ярусом началась относительно недавно (около 50 лет назад).

В направлении от притеррасного понижения («точка 2») к урезу реки мощность торфяных отложений в целом уменьшается, так через 90 м в березово-сосново-еловом разнотравно-моховом фитоценозе («точка 3») мощность торфа составляет 1,35 м (нижняя часть образована хвощевым, выше осоковый, осоково-гипновый вид торфа) и 0,45 м – суглинистые и супесчаные отложения с включением растительных остатков. Через 125 м от «точки 3» в ельнике разнотравно-зеленомошном («точка 4») мощность торфа составила 1,8 м (вахтовый, хвощевой, осоковый, вейниковый, древесно-вейниковый) и 0,2 м суглинистые и супесчаные отложения с единичными растительными остатками старичной фации. Увеличение мощности залежи, вахтовый торф в нижнем горизонте, подстилаемый оторфованными суглинками может указывать на понижение в рельефе, возможно в данном месте находилась часть меандра. В «точке 5», заложенной в 50 м от «точки 4» в березняке осоково-разнотравном с примесью ели мощность торфа составила 0,70 м, данный биотоп ха-

рактеризуется повышенной обводненностью, отмечены выходы грунтовых вод на поверхность.

Изученные торфяные отложения характеризуются высоким содержанием зольных элементов (10-20%), в нижних слоях до 45-50%. Высокие значения зольности обусловлены привносом минеральных веществ в период паводков и половодий. Повышенное значение зольности в верхнем горизонте (от 19 до 30%) может быть связано с началом интенсивного сельскохозяйственного освоения близлежащих территорий начиная со второй половины XX века, и привноса минеральных веществ с поверхностным стоком с водосборной территории.

Литература

1. Гренадерова А.В. Динамика болот Красноярской и Минусинской лесостепей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук – Барнаул, 2005. 22 с.

2. Платонов Г.М. Болота лесостепи средней Сибири. М: Наука, 1964.С.3-30.

3. Раменский Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы, 1956. С.57-67.

4. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. Изд. 3-е. М.: Недра, 1976. С.464.

5. Хотинский Н.А. Голоцен северной Евразии. Л.: Наука, 1977. 197 с.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ И ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПАЛЕТОПОГРАФИИ ТЕРРИТОРИИ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА НА О. ПОР-БАЖИН (ТУВА)

Селезнёва Е.В., Панин А.В.

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

seevgenia@gmail.com

Восстановление палеотопографии поверхности острова Пор-Бажин (50.615 N, 97.385 E) основано на классическом геоморфологическом подходе – использование поверхностей с известной начальной геометрией. В качестве уровенной поверхности использовались вершины стен древней крепости, расположенной на острове,

которые изначально были горизонтальные. Данное предположение основано на технике строительства крепости – древняя китайская технология Хан-Ту – при которой стены возводились ленточным способом путем последовательной укладки и выравнивания влажных слоев глины.

В настоящее время крепость находится в полуразрушенном состоянии и представляет собой прямоугольную конструкцию (220*160 м) с высокими внешними обводными стенами (до 7-8 м) и низкими внутренними стенами (1-1,5 м), выполненными из озерных глин. Сам остров (площадь около 6 Га) расположен в сейсмически активном районе в зоне распространения вечной мерзлоты и в настоящее время представляет выпуклую поверхность с перепадом высот 4-5 м.

Восстановление палеотопографии острова проводилось по цифровым моделям в ГИС (геоинформационные системы) путем сложения модели современного естественного рельефа и моделей деформации поверхности.

Современный естественный рельеф острова, частично погребенный под крепостью и слоем разрушений, восстановлен по отметкам (>100 шт.) положения погребенных почв, зафиксированных по результатах полевого бурения с помощью тахеометрической и высокоточной GPS-съёмок. По этим данным в ГИС была создана цифровая модель современного естественного рельефа.

Деформации поверхности острова, содержащиеся в общих отклонениях линий гребней стен от горизонтального положения, разбиваются на две составляющие: площадная (для всего острова) и локальная (просадки под тяжелыми внешними стенами). При этом профили гребней осложнены неравномерными обвалами отдельных участков стены. Для оценки величины деформаций поверхности и восстановления палеотопографии острова на момент строительства здесь крепости (около 750 г. н. э.) использовались данные наземного лазерного сканирования, по которым была построена ЦМР современной поверхности острова и остатков крепости с пространственным разрешением 30 см. Восстановление линий гребней на участках обвалов корректировались по данным объемов обрушенного материала, зафиксированного в траншеях вдоль стен, и геометрии линий строительной арматуры. Величины локальных просадок, вызванные действием силы тяжести, под стенами были зафиксированы по результатам геологического бурения вдоль стен и в открытых

траншеях и интерполированы вдоль гребней всех стен. Площадные деформации вычислялись по разнице с предыдущими по высотным отметкам гребней стен и интерполированы на всю территорию острова.

Модель естественного рельефа острова была просуммирована с моделями деформаций поверхности. Таким образом, была восстановлен исходный рельеф острова на момент строительства крепости, который на тот момент был гораздо более плоский, чем сейчас.

О ПРИМЕНИМОСТИ МЕХАНИЗМА RACM ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОЗДУХА МОСКВЫ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОЙ СТРАТИФИКАЦИИ АТМОСФЕРЫ

Хурамшина М.М.
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва
khuramshina@gmail.com

Город Москва с прилегающими к ее официальным границам застроенными территориями Московской области относится к крупнейшим мегаполисам мира, население которых превышает 12 миллионов человек. Здесь сконцентрированы источники тепла, загрязняющих примесей, парниковых газов, которые влияют на качество воздуха и региональный климат. Несмотря на то, что Московский мегаполис является самым северным мегаполисом мира, расположен на равнине и бóльшую часть года проветривается, здесь регулярно возникают экстремальные экологические ситуации, при которых повышенное содержание в приземном воздухе загрязняющих и токсичных соединений оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье людей и состояние экосистем. Такие ситуации возникают в то время, когда над Московским регионом устанавливается малоподвижный блокирующий антициклон. Характерная для него солнечная, а летом и жаркая погода, усиливает эмиссию в атмосферу органических соединений, входящих в состав асфальта, автомобильного топлива, лаков, красок и др. материалов. Слабые ветра и мощные ночные температурные инверсии способствуют накоплению загрязнений в приземном слое атмосферы.

На Московской станции Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, расположенной на территории Метеообсерватории МГУ им. М.В. Ломоносова на Воробьевых Горах, с 2002 г ведутся непрерывные измерения большинства основных химически активных газовых примесей, включая от 15 до 18 летучих органических соединений. Полученные данные позволяют адаптировать к условиям Москвы и верифицировать фотохимические модели состава городской атмосферы и минимизировать погрешности численного моделирования, связанные прежде всего с отсутствием подробной информации об эмиссиях примесей. Цель настоящей работы заключалась в адаптации к экстремальным условиям лета 2010 г. фотохимической модели Стоквелла и определении концентрации тех важных для качества воздуха соединений в Москве, которые не контролировались действующей в Москве системой мониторинга.

ВЛИЯНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЭВОЛЮЦИЮ БОЛОТ ЗАПАДНОГО САЯНА

Шарафутдинов Р.А., Гренадерова А.В.
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия
ruslanate@mail.ru, grenaderova-anna@mail.ru

На сегодняшний день болота Западного Саяна остаются слабо изученными с точки зрения познания их генезиса и особенностей исторического развития. В работе [3] рассматриваются вопросы инвентаризации флоры, геоморфологической приуроченности и общие закономерности развития болот Западного Саяна без временной привязки. Первые сведения о возрасте торфяных отложений были получены при изучении болотных массивов в долинах рек Оя и Малый Кебеж [1, 2].

В пределах Западного Саяна болотные отложения приурочены преимущественно к гидрологически подчиненным элементам рельефа, в том числе и к экзарационным. В формировании последних на территории Западного Саяна важнейшую роль играют Алашское (синхронное Самаровскому) и Крахольское (синхронное Зырянскому) оледенения, последнее из которых было, вероятно, более значительным. Следы его наиболее отчетливо прослеживаются в современном рельефе.

Для изучения болотообразовательного процесса применялся комплексный подход, в основу которого был положен метод ретроспективного анализа эволюции природных ландшафтов в течение второй половины голоцена. Определение микро- и макроэлементного состава отложений выполнялось инструментальным нейтронно-активационным анализом в НИИЯФ при Томском политехническом университете. Минералогический состав проб определен на базе лаборатории ОАО «Красноярскгеолсъемка». Ботанический анализ торфа выполнен по стандартной методике. Радиоуглеродное датирование 7 проб выполнено в ИИМК РАН г. Санкт-Петербург. Для реконструкции окислительно-восстановительной обстановки использовалась величина Th/U соотношения. Для изучения влияния геоморфологических условий и высотно-климатической неоднородности на скорость и направленность болотообразовательного процесса, авторами приводятся результаты исследований трех болот, приуроченных к верховью долины реки Малая Буйба, располагающихся на различных высотных отметках. Время начала торфонакопления датировано второй половиной голоцена, и уменьшается вверх по долине реки. На низшей отметке высот (1320 м) возраст базального горизонта определен началом SB_3 (2950±110 лет), на высоте 1340 м – серединой SA_1 (2160±320 лет), в верхней точке (1480 м) – второй половиной SA_3 (460±80 лет).

Река Малая Буйба протекает по троговой долине, образованной Буйбинским ледником. Геологический субстрат представлен гранитами Западно-Саянского комплекса раннего девона, метаморфическими сланцами джебашского комплекса, рыхлыми четвертичными отложениями различного генезиса. Болотный массив «Малая Буйба-1», располагается в пойме правого безымянного притока р. Малая Буйба, абсолютная отметка высот 1320 м. Современный растительный покров болота представлен разнотравно-осоково-сфагновым фитоценозом. Общая мощность вскрытых отложений 1,3 м, из которых 0,72 м – торф, нижний горизонт датирован позднесуббореальным периодом, возраст в интервале глубин 0,67-0,72 м составил 2950±110 лет, средняя скорость торфонакопления – 0,24 мм/год. Разрез отложений имеет общую хроностратиграфическую целостность. Формирование данного болота связано с эвтрофированием морено-подпрудного озера. Расположение конечно-моренного комплекса фиксирует нижнюю границу Буйбинского ледника в последнее оледенение, спускавшегося до абсолютной отметки в 1318 м.

Моренный вал перекрывает долину в субпараллельном направлении, в центральной части прорезан рекой. По результатам палеореконструкции установлено, что до 3000 лет назад, в условиях холодного мелководного водоема развивалось тростниковое сообщество, доминирующее положение в котором принадлежало *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. Около 2950 лет назад, в составе фитоценоза произошло сокращение участия тростника и увеличение доли осок, среди которых доминировала осока алтайская, встречались *Carex rostrata* Stokes, *C. vesicaria* L., *C. globularis* L., *C. lasiocarpa* Ehrh., что указывает на уменьшение влагообеспеченности местообитания, и подтверждается снижением содержания элементов «плювиального стека» (Sc, Ni, Zn, Y, U, V), обедненностью минералогического состава. Соотношение Th/U в данном горизонте максимальное относительно всех вышележащих (2,67), что говорит о резко восстановительных условиях вследствие снижения проточности водоема и присутствия значительного количества неокисленной органики. Восстановлена следующая смена растительных сообществ: тростниковое → тростниково-осоковое → осоковое → осоково-моховое → осоковое → осоково-сфагновое → и в настоящее время распространено сфагновое сообщество переходного типа при болотно-луговом увлажнении.

Болотный массив «Буйба-2» протягивается двухкилометровой узкой полосой вдоль правого берега реки Малая Буйба на высоте 1340 м. Приурочен к средней и дистальной пойме, залегает преимущественно на инстративном аллювии. Торфяная залежь низинного типа, сложена сфагновым переходным, осоково-сфагновым, осоковым, древесно-осоковым видами торфа. Современная поверхность болота расположена на 1,5 метра выше меженного уреза реки. Проксимальная часть поймы сложена светло-серыми и сизовато-серыми суглинками и супесями, залегающими на галечниках с супесчаным заполнителем (общая мощность разреза 1,5 м). В отличие от болота «Малая Буйба-1», в отложениях разреза «Буйба-2» Th/U соотношение в пробах нижних слоев составляет 1,56, что подтверждает наличие окислительной обстановки, характерной для ранних стадий развития болота. Возраст нижнего горизонта датирован 2160±320 лет. Средняя скорость торфонакопления 0,24 мм/год, наибольшая – более 1 мм/год определена для нижнего двадцатисантиметрового слоя, формирование которого проходило в раннесубатлантическое время. С SA_1 рассматриваемый участок представлял собой заболоченную

низкую пойму, покрытую разнотравно-осоковым фитоценозом, господствующее положение в котором принадлежало осоке алтайской, также отмечались хвощ, папоротник, вахта, древесный ярус был представлен единичными пихтами. В дальнейшем процесс накопления торфа происходил в условиях большей увлажненности, соотношение Th/U изменяется от 2,17 до 2,5, в поверхностных слоях торфа составляет 1,29, что полностью отвечает существующей обстановке. Можно предположить, что к началу активной стадии торфонакопления, основные пойменные элементы были сформированы, а речное русло занимало существующее положение.

Мелкозалежное маломощное болото «Буйба-3» находится на высоте 1480 м, у подножия перевала Волосы Саяна, торфяные отложения залегают на суглинисто-каменисто-щебнистом элювии. Данный участок является областью питания левого притока р. Буйба. Стратиграфия торфяных отложений на этом участке значительно отличается от предыдущих (слой торфа мощностью 0,28 м полностью сложен остатками зеленых мхов), в течение всего времени формирование отложений происходило в окислительных условиях. Таким образом, на эволюцию горных болот, помимо климатических факторов оказывают значительное влияние геоморфологические условия месторасположения, обеспечивающие значительное разнообразие гидрологических условий, литогеохимический фон ложа, продолжительность периода вегетации, что находит отражение в особенностях строения и динамики растительного покрова, скорости торфонакопления.

Литература

1. Гренадерова А.В., Шарафутдинов Р.А., Ямских Г.Ю. Минералогический, макро- и микроэлементный состав торфяных отложений юго-восточной части Красноярского края // Вестник Красноярского государственного университета. – Красноярск: ИЦКрасГУ, 2006. - №5. – С 51-57

2. Гренадерова А.В., Ямских Г.Ю. Палеоэкологические исследования на территории ООПТ (на примере природного парка Ергаки) // Совершенствование системы ООПТ в Красноярском крае. Сборник статей по материалам межрегиональной научной интернет-конференции. – Красноярск, 2010. – С.149-155.

3. Мульдияров Е.Я., Чернова Н.А. Структура торфяных залежей болот хребта Ергаки (Западный Саян) // Болота и биосфера: Сб. материалов Четвертой Научной Школы – Томск: Изд-во ЦНТИ, 2005 г. – С. 247-251.

Научное издание

Международная школа-конференция молодых ученых

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ: АНАЛИЗ, ПРОГНОЗ, АДАПТАЦИЯ

14-20 сентября 2014 года
Сборник тезисов докладов

Подписано к печати 08.09.2014.
Формат 60x90 1/16. Бумага офсетная № 1, 80 г/м^2
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 18,0.
Тираж 100 экз.

ООО "Издательство ГЕОС"
129315, Москва, 1-й Амбулаторный пр-д, 7/3-114.
Тел./факс: (495) 959-35-16, (499) 152-19-14, 8-926-222-30-91.
E-mail: geos-books@yandex.ru,
www.geos-books.ru