



Министерство просвещения Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный педагогический университет»
Свердловское областное отделение Русского Географического Общества
Институт географии РАН
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Институт степи Уральского отделения РАН
Алтайский государственный университет
Пермский государственный научно-исследовательский университет

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЛАНДШАФТОВ

**Материалы Всероссийской
научно-практической конференции**

22-24 апреля 2021 г.

Екатеринбург 2021

УДК 581.543
ББК Е081.2
К49

Рекомендовано Ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный педагогический университет» в качестве *научного* издания (Решение № 17 от 18.05.2021)

Редакционная коллегия:

Янцер О.В., канд. геогр. наук, доцент,
Липухин Д.Н., канд. геогр. наук, доцент,
Иванова Ю.Р., ассистент кафедры географии, МГО и туризма.

К49 Климатические изменения и сезонная динамика ландшафтов : материалы Всероссийской научно-практической конференции, 22-24 апреля 2021 года / Уральский государственный педагогический университет ; под редакцией О. В. Янцер, Д. Н. Липухина, Ю. Р. Ивановой. – Электрон. дан. – Екатеринбург : [б. и.], 2021. – 1 CD-ROM. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7186-1793-1

В сборнике изложены результаты научных исследований, посвященных актуальным проблемам климатических изменений и сезонной динамики ландшафтов. Отражены теоретические и методологические подходы к исследованию динамики ландшафтов в контексте климатических изменений, выявлены особенности климатических и гидрологических изменений на глобальном и региональном уровнях иерархии геосистем. Рассмотрены актуальные и перспективные направления развития фенологической сети РГО и региональные аспекты фенологического мониторинга биоты, влияние антропогенного фактора на динамику и развитие геосистем, а также социально-экономические и эколого-медицинские проблемы региональных хозяйственных систем в контексте современных климатических изменений.

Широкий круг проблем, обсуждаемых в сборнике, предполагает широкий круг читателей. Его материалы будут полезны научным сотрудникам особо охраняемых природных территорий (ООПТ), учителям, студентам, аспирантам, всем, кто интересуется современными изменениями климата и сезонной динамикой ландшафтов.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Сборник публикуется при поддержке гранта Всероссийской общественной организации «Русское Географическое Общество» «Влияние климатических изменений на сезонную динамику ландшафтов Урала», договор №03/2020-Р от 14 июля 2020 г.

УДК 581.543
ББК Е081.2

ISBN 978-5-7186-1793-1

© ФГБОУ ВО «УрГПУ», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1

«Теоретические и методологические подходы к исследованию динамики ландшафтов в контексте климатических изменений»

Александрова А.М.

Динамика температуры и промерзания почв дубовых лесов заповедника «Бастак»..... 8

Быков Н.И., Сабаев А.А.

Сезоны и фенофазы года в ландшафтах Тигирекского государственного заповедника (Алтай)..... 15

Хорошев А.В., Воловинский И.В., Бочкарев Ю.Н.

Ландшафтные и климатические факторы динамики приростов кедра в северной тайге Западной Сибири..... 21

Секция 2

«Особенности климатических и гидрологических изменений на глобальном и региональном уровнях иерархии геосистем»

Акентьева Е.М., Китаев Л.М., Данилович И.С., Алешина Е.М.,

Буяков И.В., Тюсов Г.А.

Различия динамики метеорологических характеристик Северо-запада Восточно-Европейской равнины (водосбор Балтийского моря)..... 32

Гасанова З.У.

Влияние климатических изменений на светло-каштановые почвы с различными динамическими качествами элементарных почвенных ареалов (на примере Северо-Западного Прикаспия)..... 40

Камалова Р.Г.

Современные изменения климата Южного Урала..... 45

Крымская О.В., Крымский И.А.

Изменения термического режима на территории Белгородской области за последние 30 лет..... 53

Крючков А.Д.

Влияние микроформ рельефа на распределение характеристик снежного покрова..... 58

Лонкина Е.С., Рубцова Т.А., Лямзина Л.В.

Динамика изменений климатических показателей в заповеднике «Бастак» в период 2001-2019 гг. 68

Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Мягков М.А.,

Парубова Е.М., Шерстюков Б.Г.

Современное глобальное потепление климата и его проявление на территории России..... 75

<i>Печагина Д.С., Дудник С.Н., Кузьмин К.А.</i> Определение дат устойчивого перехода температур через климатические пределы в Уваровском районе.....	83
<i>Попова В.В.</i> Современные изменения климата в крупных речных бассейнах на западе России: региональная структура и связь с глобальными тенденциями.....	88
<i>Тюрин В.Н., Муркина П.Д., Масловская О.В.</i> Сезонная динамика поверхностных и грунтовых вод в центральной части поймы Оби (по наблюдениям с профиля в окрестностях Сургута).....	98
<i>Хану Араччиге Аеш Рукмал, Витковская С.Е., Рамбуквелла Ч.</i> Динамика метеорологических показателей в нагорьях центральной Шри-Ланки.....	105
<i>Чернова М.А., Буковский М.Е., Дудник В.В.</i> Оценка изменения летнего стока рек Волжского бассейна на территории Тамбовской области за 65 лет.....	111
<i>Черных Д.В., Лубенец Л.Ф.</i> Характеристика гидрологических функций горных ландшафтов как основа для оценки связанных с водой экосистемных услуг (на примере Тигирекского заповедника).....	118
<i>Шишкин Г.И.</i> Потенциал самоочищения воздушного бассейна г. Казани.....	124
Секция 3	
«Фенологическая сеть РГО: актуальные и перспективные направления деятельности; региональные аспекты фенологического мониторинга биоты»	
<i>Большаков В.Н., Курхинен Ю.П., Янцер О.В., Оваскайнен О.</i> К десятилетнему юбилею исследований биологического разнообразия таежных лесов в рамках международного проекта «Летопись природы Евразии».....	132
<i>Гончаров Е.А., Булыгина Н.А., Маркова О.А.</i> Фенологические наблюдения в республике Марий Эл: исторические и методические аспекты.....	139
<i>Гурьевских О.Ю.</i> Методика ландшафтного обоснования региональной фенологической сети Урала.....	147
<i>Коротких Н.Н., Васина А.Л.</i> Разницы климатических и фенологических дат охраняемых природных территорий Северного Зауралья.....	155

Милютина Е.А., Копжасаров Б.К., Джанбатыров А.Ш. Фенология яблонной плодояжки в связи с планированием мер борьбы.....	160
Скок Н.В., Иванова Ю.Р., Братанов Н.С., Юровских А.М. Окрашивание березы в заповеднике Денежкин Камень осенью 2020 года.....	167
Скок Н.В., Иванова Ю.Р., Братанов Н.С., Юровских А.М. Осеннее развитие растительности в заповеднике Денежкин Камень в 2020 году.....	172
Шуйская Е.А. Климатические изменения в Центрально-Лесном биосферном заповеднике (Тверская область).....	179
Секция 4	
«Антропогенный фактор и его влияние на динамику и развитие геосистем»	
Батраченко Е.А. Аспекты сельскохозяйственного воздействия на функционирование компонентов ландшафтов.....	187
Беспалова Т.Л., Коротких Н.Н. Экологический мониторинг – эффективный инструмент контроля и снижения техногенного влияния нефтяного месторождения на экосистемы.....	192
Биличенко И.Н. Воздействие лесных пожаров на компоненты горно-таежных геосистем Прибайкалья.....	198
Горбунова А.М. Мониторинг запасов надземной фитомассы в южных тундрах Ямала	204
Гусев А.П. Изменения NDVI в природных и антропогенных ландшафтах Белорусского Полесья в 2000-2020 гг.	212
Луговской А.М. Сравнительный анализ методик флуктуирующей асимметрии и повреждения листа для мониторинга состояния ландшафтов.....	218
Ткачук Т.Е., Снигирева Т.Ф. Влияние степных пожаров на сезонную динамику температуры почвы.....	224

Секция 5

«Социально-экономические и эколого-медицинские проблемы региональных хозяйственных систем в контексте современных климатических изменений»

Баранова И.С., Липухин Д.Н.

Влияние климатических изменений на географию
некоторых кровососущих переносчиков инфекций..... 230

Крымская О.В., Крымская А.А.

Анализ тенденций в изменении степени
климатической комфортности за последние 20 лет
на территории Белгородской области..... 237

Липухин Д.Н., Баранова И.С.

Циклично-волновая динамика развития
геодемографических процессов и структур на Урале..... 244

Мухин Г.Д.

Динамика урожайности зерновых культур в регионах
Европейской территории России в связи
с климатическими изменениями (1970-2018 гг.)..... 251

Шардаков А.К., Ревзин С.Р.

Особенности агролесоландшафтов
на территории Нижнего Поволжья..... 257

Секция 6

«Региональные закономерности динамики и функционирования ландшафтов»

Ананин А.А., Ананина Т.Л.

Влияние климатических изменений на долговременную динамику
численности модельных групп животных в горных условиях..... 261

Быков Н.И., Сабаев А.А.

Сезоны и фенофазы года в ландшафтах
Тигирекского государственного заповедника (Алтай)..... 268

Возьмитель К.А., Квашина А.Е.

Некоторые закономерности наступления и течения
фенологических сезонов по результатам обработки
многолетних данных по погоде и фенологии в заповеднике
«Денежкин Камень»..... 274

Гонеев И.А., Лукашова О.П.

Тенденции изменения лесостепных ландшафтов в условиях
увеличения продолжительности засушливых проявлений погоды..... 284

Горичев Ю.П.	
Мезоклиматические параметры высотной дифференциации лесных ландшафтов на западном склоне Южного Урала.....	293
Дрыгваль А.В., Дрыгваль П.В., Горбунов Р.В.	
Особенности функционирования ландшафтов в зимний сезон на основе внутрисуточных состояний Карадагском заповеднике.....	300
Дряхлов А.Г.	
Сезонная динамика развития и функционирования ландшафтов верховьев Колымы.....	311
Колпацников Л.А., Михайлов В.В.	
Роль антропогенных факторов в современной трансформации оленьих пастбищ и проблемы их сохранения на Таймыре.....	320
Лебедев Я.О., Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Дрыгваль А.В., Кузнецов А.Н., Кузнецова С.П.	
Почвенные и ландшафтно-геохимические условия горных тропических лесных экосистем Южного Вьетнама.....	330
Лукашева М.А.	
Динамика наступления фенофаз у березы <i>Betula pendula</i> Roth (<i>B. verrucosa</i> Ehrh.) в Алтайском государственном заповеднике.....	344
Титкова Т.Б., Виноградова В.В., Золотокрылин А.Н.	
Динамика функционирования климатической переходной зоны на севере Западной Сибири (ландшафтные и биоклиматические особенности).....	349
Секция 7	
«Образовательный и туристский потенциал фенологических исследований»	
Попова О.А.	
Использование результатов фенологических исследований в организации экскурсий по знакомству с раннецветущими степными растениями Восточного Забайкалья.....	358
Стрючкова Л.Н.	
Выборочная топонимия Таймыра как отражение фенологических наблюдений, исторических и этнокультурных процессов.....	367

Секция 1
**«Теоретические и методологические подходы
к исследованию динамики ландшафтов
в контексте климатических изменений»**

УДК 502.4:551.525(571.6)

DOI: 10.26170/KFG-2021-01

Александрова Анастасия Михайловна,
научный сотрудник, Государственный заповедник «Бастак»;
alexandrova0796@mail.ru

**ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ И ПРОМЕРЗАНИЯ ПОЧВ
ДУБОВЫХ ЛЕСОВ ЗАПОВЕДНИКА «БАСТАК»**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: почвоведение; заповедники; температура почв; промерзание почв.

АННОТАЦИЯ. В данной статье анализируются материалы исследований температуры почв на территории кластерного участка «Забеловский» заповедника «Бастак» в 2018-2019 гг. по данным автоматических самописцев (логгеров). Изучены сезонная особенность распределения температуры почв и динамика их среднесуточной температуры, а также произведен расчет глубины промерзания на основе данных о гранулометрическом составе почв. Определен период устойчивых отрицательных температур.

Anastasia M. Alexandrova,
Research Associate, State Reserve “Bastak”

**DYNAMICS OF TEMPERATURE AND SOIL FREEZING
IN OAK FORESTS OF THE “BASTAK” NATURE RESERVE**

KEYWORDS: soil science; reserves; soil temperature; soil freezing.

ABSTRACT. This article analyzes the materials of soil temperature studies on the territory of the Zabelovsky cluster site of the Bastak nature Reserve in 2018-2019 according to the data of automatic recorders (loggers). The seasonal feature of the distribution of soil temperature and the dynamics of their average daily temperature are studied, and the depth of freezing is calculated based on the data on the granulometric composition of soils. The period of stable negative temperatures is determined.

Введение. Климат – важнейших фактор почвообразования и географического распространения почв, изучение изменений которого основывается на анализе температур воздуха. Однако для оценки реакции земной поверхности на изменения климата, первостепенное значение имеет температура почв, как основа климатических, почвообразовательных и мерзлотных условий.

Под действием климата формируются тепловой и водный режим почв, влияющий, на интенсивность физических, химических и биологических почвенных процессов.

Климат кластерного участка «Забеловский» заповедника «Бастак» (Еврейская автономная область) континентальный с муссонным влиянием, с холодной и малоснежной зимой (высота снежного покрова 10-20 см), теплым и влажным летом. Безморозный период длится в среднем 135-150 дней [1]. Значительное влияние на климат данной территории оказывает равнинный рельеф местности, представленный южной частью Среднеамурской низменности.

Для мониторинга за температурой воздуха и почв на территории кластерного участка на глубине 10 см установлен автономный регистратор (логгер), фиксирующий показатели каждый час. Полученные показатели формируются в базу данных MS Excel 2010.

На основании показателей данного устройства, выявлено, что для территории характерен длительный период отрицательных температур в почве, продолжительностью до 5-6 месяцев, а в следствие, явление глубинного промерзания почв, что, согласно В. Н. Димо, характеризуется как сезонно-промерзающий тип температурного режима почв [3; 7].

Целью данного исследования является изучение динамики температуры почв и определение глубины их промерзания на территории кластерного участка «Забеловский» заповедника «Бастак».

Для выполнения поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи: 1. Обработка и систематизация показателей температуры почв в 2018-2019 гг. 2. Расчет глубины промерзания почв на глубине 10 см.

Результаты и обсуждения. Амплитуда среднемесячной и показателей абсолютной минимальной и максимальной температуры почв составлена на основе данных с автономного регистратора (логгера), установленного в 445 метрах от северо-восточного берега оз. Забеловское в дубовом лесу на равнинной территории кластерного участка «Забеловский» заповедника «Бастак» на глубине 10 см (табл. 1). Отбор почвенного образца осуществлялся в 15-и метрах на юго-восток от места установки логгера в зоне сырых лугов, где наблюдается периодическое переувлажнение почв.

График среднемесячной амплитуды температуры почв в 2018-2019 гг. представлен на рисунке 1.



Рис. 1. График среднемесячной амплитуды температуры почв в период 2018-2019 гг.

Выявлено, что амплитуда среднесуточных температур почвы на заданной глубине варьируется в пределах от $-20,09^{\circ}\text{C}$ в зимний период, до $+29,69^{\circ}\text{C}$ в летний. Максимальная отрицательная температура наблюдалась в январе 2018 года и составляла $-20,09^{\circ}\text{C}$. Переход среднесуточной температуры на глубине 10 см выше 0°C наступает в марте, ниже 0°C – в ноябре (рис. 2, 3). Морозоустойчивый сезон в среднем длится 5-6 месяцев.

Таблица 1

Годовой ход температуры почв

Год	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2018	-3,1	-10,1	-2,7	5,9	15,4	19,4	23,6	21,7	14,8	7,6	-0,3	-9,2
Σ_{\min}	-18,58	-19,83	-5,37	-1,23	7,48	12,95	14,90	16,63	9,05	1,69	-13,83	-17,66
Σ_{\max}	-3,34	1,25	6,09	12,93	19,50	25,74	29,69	26,91	23,62	18,28	4,01	-0,99
2019	-7,4	-8,4	-0,3	5,9	13	19,3	24,5	21,2	16,5	7,5	-5	-11,5
Σ_{\min}	-20,09	-18,17	-11,20	-1,73	7,36	12,88	17,99	16,71	9,68	1,67	-11,27	-19,52
Σ_{\max}	-7,97	-3,40	4,99	12,73	22,73	25,60	27,45	26,55	20,80	14,17	8,13	0,59



Рис. 2. Динамика среднесуточной температуры почв в кластерном участке «Забеловский» в 2018 году

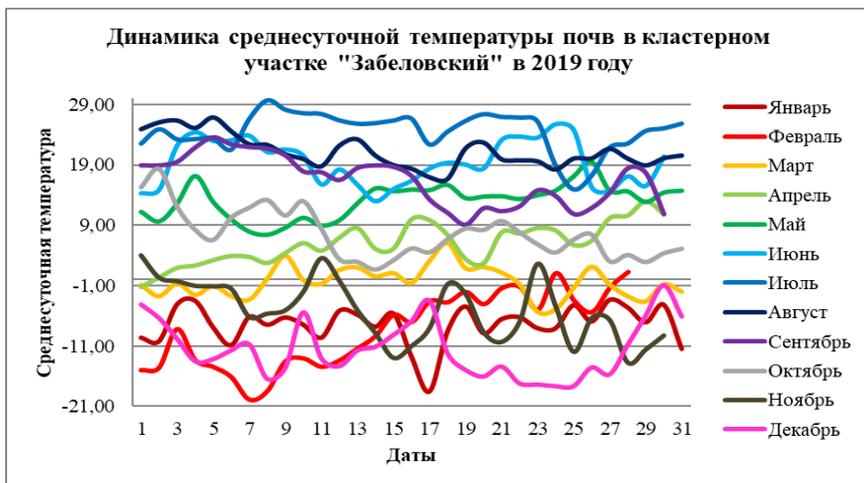


Рис. 3. Динамика среднесуточной температуры почв в кластерном участке «Забеловский» в 2019 году

Графики среднесуточной амплитуды температуры почв демонстрируют присутствие сезонной мерзлоты почв, вызванной тем, что в холодное время года потеря тепла в почве больше, чем его получение. Климатические условия данного региона определяют зависимость промерзания почвы от многих сопутствующих факторов: рельефа местности, растительного и снежного покрова, температуры воздуха, типа почвы, влажности, а также ее гранулометрического состава.

Определение глубины проникновения температуры 0°C в почву на территории кластерного участка «Забеловский» заповедника «Бастак» произведено по нормативу СНиП (Строительные нормы и правила) для расчетов глубины промерзания грунта. Согласно ГОСТ 24847-81 «Грунты. Метод определения глубины сезонного промерзания» – глубина промерзания грунта рассчитывается по формуле 1 [6].

$$H = \sqrt{M \cdot k}, \quad (1)$$

где, \sqrt{M} – корень квадратный из суммы абсолютных среднемесячных температур (зимой) в определенном регионе;

k – коэффициент почв по гранулометрическому составу (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты грунтов по гранулометрическому составу

Суглинки и глина	Супеси, мелкие и пылеватые пески	Крупные, средние и гравелистые пески	Крупнообломочный грунт
0,23	0,28	0,30	0,34

Градации коэффициентов для определения промерзания почв связана с их тепловой функцией и позволяет условно разделить на «теплые» и «холодные». Влагоемкость песчаных и супесчаных почв ниже, что способствует быстрому прогреванию, вследствие чего их называют «теплыми» почвами. Почвы глинистого состава содержат большее количество воды, на нагревание которой требуется больше тепла, поэтому носят название «холодные».

На основании почвенных исследований, приведенных в материалах Летописи природы в 2019 году, установлено, что в месте установки логгера расположены темногумусово-глеевые почвы. Гранулометрический состав которых, характеризуется преобладанием супесчаных и песчаных частиц по всему почвенному профилю [5].

Из вышеизложенных данных следует, что для расчетов сезонного промерзания почв необходимо применять коэффициент 0,28 (рис. 4).



Рис. 4. Динамика глубины промерзания почв

Наибольший уровень промерзания почв отмечен в декабре 2019 года – 0,95 метров. Наименьший уровень отмечен в ноябре 2018 г. и марте 2019 г. – 0,15 метров, что является характерным признаком, соответствующим климатическим условиям региона, где наблюдается холодная зима с низким количеством осадков, что в свою очередь способствует промерзанию почвы на глубине, достигающей 150 см [7].

Промерзание почвы происходит значительно раньше появления устойчивого снежного покрова, который разрушается в третьей декаде марта, реже – в первой декаде апреля. Испарение снега происходит в те-

чение зимы, к весне сохраняется в виде незначительного слоя и при стаивании дает ничтожное количество влаги. Несмотря на стаивание снега, почва остается промерзшей, верхний горизонт которой оттаивает лишь через 20-30 дней после исчезновения снежного покрова, что приводит к ее слабому увлажнению [0].

Заключение. Выявлено, что определяющими факторами глубины промерзания почв в зимний период являются: температурный режим почв, высота снежного покрова и гранулометрический состав почв.

Наибольший показатель глубины промерзания темногумусово-глеевых почв отмечен в декабре 2019 года и составляет 0,95 метров, наименьший в ноябре 2018 г. и марте 2019 г. – 0,15 метров.

Для расширения данных о температурном и водном режиме почв кластерного участка «Забеловский» заповедника «Бастак» целесообразно:

1. Активизировать измерения высоты снежного покрова как важного показателя процесса выхолаживания почв.

2. Проводить регулярные измерения температуры и влажности почвы при помощи автоматической метеостанции или логгера на экспериментальных площадках.

Для исследований рекомендуется использовать площадки с различным флористическим составом, мезо- и наноформой рельефа (долины рек, овраги, луговые кочки) с целью выявления зависимости типов растительности от характера увлажнения почв.

Информационные источники

1. Бочарников, В. Н. Водно-болотные угодья России. Том 5. Водно-болотные угодья юга Дальнего Востока России / В. Н. Бочарников. – М. : Wetlands International, 2005. – С. 62.

2. Вопросы географии Приамурья. Еврейская автономная область. – Хабаровск, 1968. – С. 22-26.

3. Димо, В. Н. Тепловой режим почв СССР / В. Н. Димо. – М. : Колос, 1972. – 360 с.

4. Иванова, Г. Ф. Динамика снежного покрова и промерзания почв / Г. Ф. Иванова, Н. Г. Левицкая, Ю. А. Складов, О. В. Шаталова // Известия Саратовского университета. Сер. Науки о Земле. – 2007. Т. 7, вып. 2. – С. 7-8.

Летопись природы. Книга 20. 2019 год / под ред. к.б.н. Т. А. Рубцова. – Биробиджан, 2019. – 233 с.

Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). – М. : НИИОСП им. Герсеванова, 1986. – С. 113-114.

Шульгин, А. М. Температурный режим почвы / А. М. Шульгин. – Л. : Гидрометеиздат, 1957. – 242 с.

Быков Николай Иванович,

кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия; nikolai_bykov@mail.ru

Сабаев Артем Александрович,

аспирант, ФГБУН Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия; artsabaev@outlook.com

СЕЗОНЫ И ФЕНОФАЗЫ ГОДА В ЛАНДШАФТАХ ТИГИРЕКСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА (АЛТАЙ)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: климат; ландшафты; заповедники; фенофазы; фенология.

АННОТАЦИЯ. В статье приведены результаты расчетов продолжительности фенофаз года в ландшафтах Тигирекского государственного заповедника на уровне их подтипов. В основу расчетов положены метеорологические наблюдения температуры воздуха на высотах 480 и 1530 м над уровнем моря и интерполяция их значений на другие высотные уровни. Установлены ландшафтные различия продолжительности фенофаз в зависимости от макросклона Тигирекского хребта, а также их внутриландшафтные вариации.

Nikolay I. Bykov,

Candidate of Geography, Associate Professor, Senior Researcher, Institute of Water and Environmental Problems SB RAS, Barnauk, Russia

Artem A. Sabaev,

Postgraduate Student, Institute of Water and Environmental Problems SB RAS, Barnauk, Russia

SEASONS AND PHENOPHASES OF THE YEAR IN LANDSCAPES OF THE TIGIREK STATE RESERVE (ALTAI)

KEYWORDS: climate; landscapes; reserves; phenophase; phenology.

ABSTRACT. The article presents the results of calculating the duration of the phenophases of the year in the landscapes of the Tigirek State Reserve at the level of their subtypes. The calculations are based on meteorological observations of air temperature at altitudes of 480 and 1530 m above sea level and interpolation of their values to other altitude levels. Landscape differences in the duration of phenophases depending on the macroslope of the Tigirek ridge, as well as their intra-landscape variations, have been established.

Тигирекский государственный заповедник, созданный в 1999 г., расположен на Алтае в пределах северного края Тигирекского хребта в бассейнах рек Иня и Белая (притоки Чарыша) и Алей. Ландшафты заповедника относятся к классу горных [7]. Их подклассы представлены низко

(С) и среднегорными (В) и межгорно-котловинными (D) подклассами (рис. 1). Основные типы ландшафтов относятся к тундровым и луговым альпинотипным (II), лесным (III) и лесостепным (IV). Лесные при этом занимают три четверти территории. Подтипы ландшафтов, характерные для заповедника – подгольцово-субальпинотипные (II-II), горно-таежные (III-I), чернево-таежные субнеморальные (III-II), подтаежные (III-III), барьерно-циклонические балочные и колочные (IV-I). На следующие иерархической ступени – роды ландшафтов – в Тигирекском заповеднике присутствуют пенебленизированные (2), криогенно-эрозионно-денудационные (3), аккумулятивные (5) ландшафты. На линии ландшафтного профиля, который проходит от Ханкаринского участка до среднего течения р. Иркутка (приток р. Белая), отмечены следующие подроды ландшафтов – с элювиальными покровами (2-2), крутосклонные тектоногенных уступов (3-1), крутосклонные придолинные (3-2), наклонные грядовые (3-3), массивно-водораздельные (3-4), наклонные полигенетичные (5-2).



Рис. 1. Ландшафтный профиль Тигирекского заповедника (по [7])

С 2003 г. в заповеднике ведутся фенологические наблюдения, а с 2011 г. – метеорологические [2]. Последние осуществляются на двух автоматических метеостанциях на высотах 480 м (в с. Тигирек) и 1530 м (на водоразделе Бабьего Ключа и р. Иркутка) над уровнем моря, а также с помощью нескольких десятков датчиков распределенных по высотному профилю и контролирующих температуру воздуха и почв. Результаты наблюдений за температурным режимом атмосферы по двум метеостанциям заповедника в настоящее время обработаны и опубликованы [2-5].

Интерполяция значений температурного режима атмосферы между метеостанциями «Тигирек» и «Бабий Ключ» позволила не только рассчитать среднесуточные значения данного физического показателя для различных высот, но и установить продолжительность сезонов (рис. 2) и фенофаз (табл. 1) для ландшафтов заповедника.

Главным критерием для выделения фенофаз при этом являлся переход температуры воздуха через определенные ее значения [6]. Вместе с тем, из-за того, что зимний сезон начинается в одном календарном году, а заканчивается в другом, как и фаза морозной зимы, которая к тому же может быть либо в одном, либо в другом календарном году, то сумма продолжительности всех фаз не совпадает с числом дней в году. Однако это позволяет сравнивать изменчивость фаз по высотным уровням и ландшафтам заповедника.

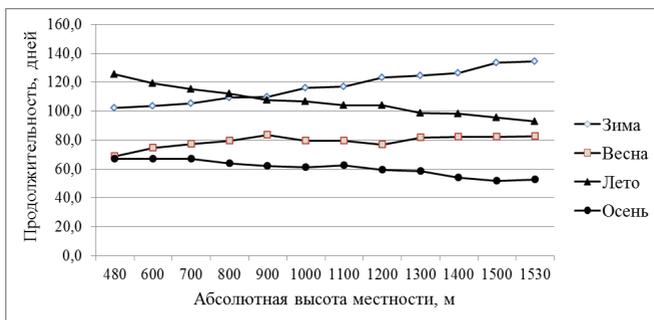


Рис. 2. Распределение средней продолжительности сезонов года за период 2012-2017 гг. по высотным уровням в Тигирекском государственном заповеднике

Анализ высотного распределения сезонов года свидетельствует о том, что по мере продвижения вверх увеличивается продолжительность зимы и весны и уменьшается – лета и осени (рис. 2). Зима при увеличении высоты местности на 1 км длится примерно на 32 дня дольше, а весна – на 16 дней. Такое же увеличение абсолютной высоты местности уменьшает продолжительность лета почти на 33 дня, а осени – на 6 дней.

Ситуация с фенофазами более сложная. Наиболее трудно выделяются фазы морозной зимы и полного лета на верхних уровнях заповедника. В отдельные годы температуры воздуха опускаются ниже значения -15°C всего на 1-2 дня. При этом это может происходить неоднократно, что затрудняет выделение временной границы фазы. Подобная картина характерна и для фазы полного лета. При этом в целом продолжительность фазы морозной зимы и полного лета (особенно значительно) с высотой уменьшается. Напротив продолжительность фаз первозимья и спада зимы с высотой увеличивается.

Также четко отмечается уменьшение продолжительности предлетья, спада лета и начала осени с высотой. У остальных фаз высотная вариация продолжительности выражена не так четко.

Таблица 1

Средняя продолжительность (число дней) фенофаз
в ландшафтах Тигирекского государственного заповедника за 2012-2017 гг.

Подтип ландшафтов	Высота местности, м	Зима			Весна			Лето			Осень		
		Первозимье	Морозная зима	Спад зимы	Снеготаяние	Послезимье	Предлетье	Начало лета	Полное лето	Спад лета	Начало осени	Глубокая осень	Предзимье
D-III-III	480	56,8	30,6	15,0	17,8	18,2	32,8	26,7	67,2	31,8	27,8	18,7	20,3
	620	58,0	28,6	17,2	16,7	19,7	38,0	20,3	64,8	34,0	26,2	19,2	21,5
C-IV-I	620	58,0	28,6	17,2	16,7	19,7	38,0	20,3	64,8	34,0	26,2	19,2	21,5
	800	63,6	26,8	19,0	17,3	18,8	43,2	19,8	57,3	34,8	20,5	23,5	19,8
C-III-III	700	60,4	26,6	18,2	16,2	20,3	40,7	22,3	57,8	34,8	20,7	25,5	20,7
	800	63,6	26,8	19,0	17,3	18,8	43,2	19,8	57,3	34,8	20,5	23,5	19,8
C-III-II	700	60,4	26,6	18,2	16,2	20,3	40,7	22,3	57,8	34,8	20,7	25,5	20,7
	800	63,6	26,8	19,0	17,3	18,8	43,2	19,8	57,3	34,8	20,5	23,5	19,8
B-III-I северный макросклон	600	58,0	28,6	17,2	16,7	19,7	38,0	20,3	64,8	34,0	26,2	19,2	21,5
	1300	72,6	20,2	31,8	19,3	27,2	35,2	26,8	20,8	51,2	11,2	24,8	22,3
B-III-I южный макросклон	800	63,6	26,8	19,0	17,3	18,8	43,2	19,8	57,3	34,8	20,5	23,5	19,8
	1500	74,6	20,2	38,7	19,3	35,3	27,7	28,3	13,3	53,8	11,0	14,3	26,3
B-II-II северный макросклон	1300	72,6	20,2	31,8	19,3	27,2	35,2	26,8	20,8	51,2	11,2	24,8	22,3
	1530	74,6	20,2	39,5	18,7	37,7	26,3	27,2	13,3	52,5	10,3	16,3	26,2
B-II-II южный макросклон	1500	74,6	20,2	38,7	19,3	35,3	27,7	28,3	13,3	53,8	11,0	14,3	26,3
	1530	74,6	20,2	39,5	18,7	37,7	26,3	27,2	13,3	52,5	10,3	16,3	26,2

Вариации продолжительности фаз в пределах ландшафтов в основном зависят от ширины высотного диапазона ландшафта и его экспозиции. Например, в межгорно-котловинных ландшафтах, занимающих небольшой высотный диапазон, фазы варьируют в пределах 1-3 дней (исключение составляет предлетье – 5 дней). А у среднегорных горно-таежных ландшафтов (В-III-I), которые простираются от 560 до 1330 м (на северном макросклоне) над уровнем моря, разница продолжительности фаз на их нижней и верхней границах может достигать 44 дней (табл. 1). На нижних пределах ландшафтов, по сравнению с верхними, продолжительнее морозная зима, предлетье, полное лето, начало и, иногда, глубокая осень. Фазы спада зимы, снеготаяния, послезимья, начала лета, спада лета, предзимья и, иногда, глубокой осени продолжительнее на верхних пределах ландшафтов.

Разница наступлений фаз между верхними и нижними пределами среднегорных горно-таежных ландшафтов (В-III-I) на северном макросклоне составляет 11.7 дней, а на южном макросклоне – 14 дней. Фазы морозной зимы, снеготаяния, начало осени и первозимья медленнее распространяются от нижнего предела до верхнего (или наоборот) на северном макросклоне. На южном медленнее распространяются фазы спада зимы, послезимья, предлетья, глубокой осени и предзимья (табл. 1).

Вместе с тем, следует отметить, что фенофазы рассчитаны на основе интерполяции значений температуры воздуха на северном макросклоне. Реальная картина сложнее. Во-первых, это связано с неравномерным распределением солнечной радиации на склонах разной экспозиции и различными уклонами поверхности. Происходит также неравномерное распределение снежного покрова вследствие его метелевого переноса в среднегорных подгольцово-субальпийских ландшафтах (II-II). Это приводит к формированию в пределах северных склонов данных ландшафтов снежников, а в отдельные годы и снежников-перелетков [1], которые можно назвать «фенологическим плюсом» данной территории. На противоположном «плюсе» находятся склоны южной экспозиции межгорно-котловинных подтаежных ландшафтов (D-III-III). Их низкая абсолютная высота над уровнем моря, положение в барьерной тени Тигирецкого хребта и южная экспозиция обуславливают более благоприятный тепловой режим и короткий период залегания снежного покрова.

Таким образом, вариации продолжительности климатических фаз в подтипах ландшафтов заповедника определяются высотным положением ландшафтов, в том числе диапазоном высот между их нижними и верхними пределами, экспозицией локальных склонов и макросклонов, а также характером атмосферной циркуляции в конкретную фазу.

Исследование выполнено при поддержке Русского географического общества (проект 46376), а также в рамках государственного задания

ИВЭП СО РАН «Природные и природно-хозяйственные системы Сибири в условиях современных вызовов: диагностика состояний, адаптивные возможности, потенциал экосистемных услуг» (№ 0306-2021-0007)

Информационные источники

1. Быков, Н. И. Снежники и лавиносоры Тигирекского заповедника / Н. И. Быков, Е. А. Давыдов // Горные экосистемы Южной Сибири: изучение, охрана и рациональное природопользование. Труды Тигирекского заповедника. – 2015. – Вып. 7. – С. 12-19.
2. Быков, Н. И. Температурный режим атмосферы в Тигирекском заповеднике по данным инструментальных наблюдений / Н. И. Быков, А. А. Сабаев, Е. А. Давыдов // Труды Тигирекского заповедника. Вып. 11. – Барнаул, 2019. – С. 43-49.
3. Быков, Н. И. Метеорологические и фенологические наблюдения в Тигирекском государственном заповеднике / Н. И. Быков, А. А. Сабаев, Е. А. Давыдов, Е. Н. Бочкарева // Природопользование и охрана природы: Охрана памятников природы, биологического и ландшафтного разнообразия Томского Приобья и других регионов России : материалы IX Всероссийской с международным участием научно-практической конференции / под ред. Н. М. Семеновой. – Томск : Издательство Томского государственного университета, 2020. – С. 148-151.
4. Быков, Н. И. Годовой ход температуры воздуха у земной поверхности и верхнего слоя почвы в Тигирекском заповеднике / Н. И. Быков, А. А. Сабаев, Е. А. Давыдов // Труды Тигирекского заповедника. Вып. 12. – Барнаул, 2020. – С. 11-17.
5. Сабаев, А. А. Некоторые результаты метеорологических наблюдений в Тигирекском заповеднике / А. А. Сабаев, Н. И. Быков, Е. А. Давыдов // Трансграничные регионы в условиях глобальных изменений: современные вызовы и перспективы развития : материалы международной научно-практической конференции (26-28 ноября 2019 г.). – Горно-Алтайск : БИЦ ГАГУ, 2019. – С. 140-143.
6. Харламова, Н. Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула / Н. Ф. Харламова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Барнаул : Изд-во Алтайского ун-та, 2013. – 132 с.
7. Черных, Д. В. Ландшафты Алтая (Республика Алтай и Алтайский край) Карта М-1:500000 / Д. В. Черных, Г. С. Самойлова. – Новосибирск : ФГУП Новосибирская картографическая фабрика, 2011.

Хорошев Александр Владимирович,

доктор географических наук, профессор, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия; avkh1970@yandex.ru

Воловинский Иннокентий Владимирович,

аспирант, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия; volovinskiy@gmail.com

Бочкарев Юрий Николаевич,

кандидат географических наук, научный сотрудник, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия; uboch@yandex.ru

ЛАНДШАФТНЫЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ДИНАМИКИ ПРИРОСТОВ КЕДРА В СЕВЕРНОЙ ТАЙГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дендрохронология; ландшафтная структура; ландшафты; климат; климатические факторы; кедры.

АННОТАЦИЯ. Для мерзлотных бугров пучения в северной тайге Западной Сибири по дендрохронологическим данным определен диапазон условий, при которых реализуется статистически достоверная зависимость изменчивости приростов кедра от ландшафтной структуры. Выявлены связи между свойствами пространственной структуры на уровнях ландшафта и урочища и межгодовой динамикой приростов. Установлено снижение пространственной вариабельности приростов при возрастании среднегодовой температуры. Выявлены несколько периодов стабилизации приростов, совпадающие с периодами резких климатических изменений.

Alexander V. Khoroshev,

Doctor of Geography, Professor, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Innokentiy V. Volovinskiy,

Postgraduate Student, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Yury N. Bochkarev,

Candidate of Geography, Scientific Researcher, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

LANDSCAPE AND CLIMATIC FACTORS OF THE DYNAMICS OF CEDAR GROWTH IN THE NORTHERN TAIGA OF WESTERN SIBERIA

KEYWORDS: dendrochronology; landscape structure; landscapes; climate; climatic factors; cedars.

ABSTRACT. For permafrost mounds in the northern taiga of Western Siberia, according to dendrochronological data, we determined a range of conditions under which the variability of cedar increments depends on landscape pattern. We established the relationships between the properties of the landscape spatial pattern at the landscape and urochishche levels and the interannual dynamics of cedar increments. The spatial variability of the increments decreases as a response to an increase in the average annual temperature. Several periods of growth stabilization have been identified, which coincide with periods of sharp climatic changes.

Введение. Реакция геосистем Арктики на современное потепление привлекает повышенное внимание исследователей в связи с возможными необратимыми процессами деградации мерзлоты и последующим заболачиванием и дестабилизацией грунтов, что негативно отражается на хозяйственном освоении. Кроме исследований по непосредственным наблюдениям на геоэкологических стационарах [5], полезную информацию дают дендроклиматические данные, которые выявляют реакцию мерзлотных геосистем с временным разрешением 1 год на обширной территории с древесной растительностью [2]. По времени они охватывают сотни лет по живым деревьям, а с учетом построения хронологий по ископаемой древесине – несколько тысяч лет. Также в последние годы развивается направление исследований по космическим снимкам, которые позволяют отследить динамику арктических геосистем в связи с потеплением не только на региональном, но и на глобальном уровне. В основном это исследования продуктивности растительного покрова по индексу NDVI, охватывающие лишь последние десятилетия.

Пространственная структура динамичных мозаичных ландшафтов с чередованием болотных массивов, мерзлотных бугров пучения, озёр может рассматриваться как информативный индикатор тенденций развития. Установлено, что бугры пучения особенно чутко реагируют на климатические изменения [3; 5]. В Западной Сибири, начиная с 2000 г., по данным космического мониторинга в ненарушенных местообитаниях продуктивность растительности практически не росла, а в некоторых районах даже падала [4].

Реакция мерзлотных геосистем на потепление последних 150 лет неоднозначна и требует более массовых исследований. Достаточно перспективными представляются дендрохронологические исследования. Однако до настоящего времени дендрохронологический метод на севере Западной Сибири использовался в основном для оценки собственно климатических изменений. В северотаежной подзоне региона возраст кедров на буграх пучения достигает 300-400 лет, лиственниц до 300 лет [2]. Количество таких старовозрастных деревьев велико и достаточно для получения статистически значимых выборок.

Наше исследование проведено в контексте проблемы локальной и региональной специфики отклика геосистем на климатические сигналы. В качестве одного из важных факторов, определяющего локальную специфику отклика, мы рассматриваем эмерджентные эффекты в мозаичной геосистеме как результат взаимодействия пространственных элементов. Проверяется гипотеза о влиянии внутриурочищной (фациальной) мозаичности, собственных свойств урочища бугра как целостной геосистемы и латеральных межгеосистемных взаимодействий на изменчивость годичного радиального прироста древостоя. Предмет исследования – многолетняя изменчивость фитопродукционного функционирования геосистем залесенных бугров пучения за период около 200 лет.

Материалы и методы. Исследование проведено в северотаежной подзоне Западной Сибири (Ямало-Ненецкий автономный округ) на междуречье рек Надым и Хейгияха. Ландшафт представляет собой озерно-аллювиальную равнину с песчаными отложениями с кедровыми лишайниковыми лесами на языковатых подзолах [2; 5]. В пределах этих типов ландшафтов представлены следующие классы урочищ.

Бугры и бугристые торфяники с преобладанием кедровых редколесий на III озерно-аллювиальной террасе занимают более 70% территории и разделены неширокими участками болот [1]. Отмечены новообразование многолетнемерзлых пород и молодые формы пучения, главным образом на участках, примыкающих к старым буграм и бугристым торфяникам. Этот процесс приводит к увеличению диаметра основания бугров и бугристых торфяников [1; 5]. Большинство малых бугров представляют собой миграционные бугры пучения, вероятно более динамичные, находящиеся в постоянном колебании уровней и чувствительные к состоянию (обводненности) внешней среды [3].

К лесным урочищам относятся сегментно-гривистые поймы с кедрово-березовыми травяно-сфагновыми лесами, относительно дренированные поверхности I и II террас с лиственнично-кедровыми лесами, а также хорошо дренированные поверхности с сосново-лиственничными лишайниковыми лесами. Лесные урочища характеризуются отсутствием многолетней мерзлоты. Сосново-лиственничные лишайниковые леса занимают хорошо дренированные поверхности, где сомкнутость крон не превышает 0,2.

Сплавины примыкают к кромкам озер в котловинах термокарстового происхождения, занятых растительностью, характерной для низовых болот – осоками (*Carex sp.*), вахтой трехлистной (*Menyanthes trifoliata*) и др.

Остальная территория относится к классу торфяников (урочищ тундрового облика). Кустарничково-лишайниково-сфагновые торфяники расположены на междуречье и выглядят как слабохолмистая поверхность

с амплитудами микрорельефа до 1 метра. Средняя глубина залегания многолетней мерзлоты 50-100 см. Почвенный покров представляет собой прослой торфа (слабо- и хорошо разложившегося) с линзами песков или супесей.

Исходными данными были результаты измерений годичных приростов сосны сибирской, или кедра (*Pinus sibirica*). На каждом бугре пучения закладывались две площадки отбора – на поверхности и склоне бугра. Число деревьев на площадке составляло 10-15. Отбор производился буром Пресслера длиной 40 см на высоте примерно полутора метров от уровня земли. При этом образцы отбирались с двух сторон дерева – в сторону наклона и в противоположную сторону. Образцы помещались в бумажные трубки. Для каждого бугра пучения, на котором производился отбор кернов деревьев, были составлены комплексные описания. Всего описано 23 бугра пучения различных типов. Для построения дендрохронологий по кернам использованы прибор Lintab-5, программное обеспечение TsapWin и ARSTAN [2]. Чтобы оценить степень разрушения бугра, были использованы такие показатели как количество микротрещин, расчлененность микрорельефа, контрастность условий промерзания, наклон деревьев. Расчет показателей ландшафтной структуры и соседств был произведен в программном пакете Saga GIS на основе классифицированного космического снимка Sentinel-2 (разрешение 10 метров). Типы урочищ выделялись исходя из значений многоспектрального индексов MNDWI (характеризует обводненность территории) и NDVI (характеризует зеленую фитомассу).

Для выявления факторов изменчивости приростов во времени применялись мультирегрессионные и дисперсионные модели, где в качестве зависимой переменной рассматривалось стандартное отклонение приростов на каждом бугре за временной период или за один год на всех буграх в пределах ландшафта. В качестве независимых переменных моделей рассматривались: амплитуда превышений в микрорельефе, густота расположения положительных и отрицательных термокарстовых форм микрорельефа, относительная площадь отрицательных и положительных форм от площади поверхности бугра, амплитуда микрорельефа, превышение над основной поверхностью равнины, отношения длинной и короткой осей, отношение площадь / периметр. Предполагалось, что размеры и форма бугра отражают интенсивность процесса пучения, стадию развития процесса, возможность стока оттаивающей влаги по склонам и подтягивания воды к мерзлоте ядру со стороны примыкающих термокарстовых понижений.

Для проверки гипотезы о зависимости изменчивости приростов от взаимодействия с урочищами в той или иной окрестности сравнивалось качество мультирегрессионных (коэффициент детерминации) и диспер-

сионных моделей (критерий Фишера), в которых независимыми переменными были расстояние до ближайших к подножью бугра озера, болотного массива; площадные доли термокарстовых озер, сплавин, болот, плоских поверхностей с зональной растительностью, других бугров; мера разнообразия ландшафтного покрова по формуле Шеннона (на основе классификации космических снимков).

Результаты. По результатам мультирегрессионных уравнений прослеживается достоверная отрицательная связь между мощностью сезонно-талого слоя (СТС) и характеристиками соседства с водными объектами для окрестностей радиусом 100, 200, 500, 1000 и 2000 метров, в частности – с долей озер в окрестности и расстоянием от подошвы бугра до окраины термокарстового озера. Коэффициент корреляции Спирмена между мощностью СТС и долей озер составляет -0,33 для окрестности с радиусом 100 м и -0,32 – с радиусом 1000 м. Аналогичная закономерность отношений между мощностью СТС и долей сплавин в окрестностях свидетельствует о сходном стабилизирующем влиянии гидроморфных и водных урочищ на мерзлотное состояние бугров: чем более обводнена окрестность, тем меньше оттаивает летом почва на поверхности бугра. Установлено различие глубины сезонного протаивания в зависимости от размеров бугров. На крупных буграх, в отличие от малых, не бывает большой глубины протаивания, т. е. они все «холодные» для фитопродукционного функционирования. На малых буграх большой мощности СТС соответствует пониженная мощность торфа (рис. 1). Крупные бугры с площадью 30-70 тыс. кв. м фактически могут быть остаточными поверхностями плоскобугристых торфяников, местами расчлененными термокарстовыми понижениями. Большинство малых бугров относятся к категории миграционных и более и чувствительных к колебаниям состояния среды, вызванным динамикой термокарста.

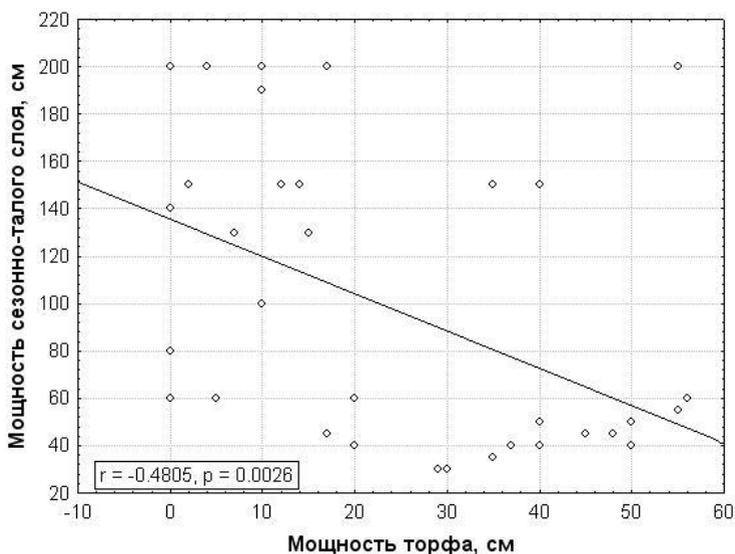


Рис. 1. Зависимость мощности сезонно-талого слоя от мощности торфяного горизонта на бугре пучения с площадью менее 2000 кв. м

Было установлено, что приросты деревьев на буграх вблизи наиболее крупных озер более стабильны во времени, чем вдали от озер или при отсутствии таковых в окрестности. В то же время увеличение доли торфяников в окрестности (обычно это крупные массивы плоскобугристых торфяников, окружающих бугры пучения) способствует росту изменчивости приростов на временных промежутках последних 20 и 50 лет. Это, видимо, свидетельствует об активности сопряженных процессов пучения и разрушения склонов бугров. Для периода 1967-2017 гг. для фаций вершинных поверхностей существует следующая закономерность: при увеличении мощности торфа межгодовая изменчивость приростов возрастает. Кроме того, межгодовая изменчивость возрастает при увеличении доли плоскобугристых торфяников в окрестности. Для предшествующих 50-летних периодов такая связь не обнаружена. При этом, строго говоря, мы не знаем, какова была ландшафтная структура в первой половине XX века, т. к. в регионе процессы термокарста и пучения очень динамичны.

По данным 39 площадок на вершинных поверхностях и склонах бугров за период 1926-2013 гг. вплоть до 1990-х гг. приросты кедра на малых (ныне) буграх увеличивались с ростом летних и снижением зимних осадков, а на ныне больших – уменьшались. Это означает, что если зима малоснежная и происходит более активное подтягивание влаги к бугру из окрестного заболоченного понижения или озера, то активизируется рост ледяного ядра. Если последующее лето влажное, то к поверхности бугра

поступает дополнительное тепло. Переувлажненность почв нарастает за счет атмосферных осадков, привноса тепла и последующего подтаивания недавно образованного мерзлого слоя. Для продуктивности древостоя на малых буграх это позитивный фактор, а на больших – негативный из-за застаивания влаги на плоской поверхности. Однако с начала XXI века наблюдается рост и летних, и зимних осадков. Теперь оба сезона способствуют росту теплообеспеченности почв, деградации мерзлоты и образованию термокарстовых просадок в пределах бугров и на их периферии. На малых буграх это увеличивает приросты из-за стекания избыточной влаги по выпуклой поверхности, а на больших – снижает. При этом в годы с особо малыми зимними осадками и низкими температурами, т. е. с наиболее сильным промерзанием (1999, 2010), прирост кедра увеличивался на крупных буграх (за исключением наиболее высокого из них с высотой 15 м), что объясняется, видимо, стабильным состоянием мерзлого слоя летом. В те же годы на малых буграх приросты уменьшались из-за усиленного пучения и меньшей стабильности поверхности. Эпизодически такая ситуация возникала и раньше – в 1941, 1958 гг. В годы с наиболее обильными зимними осадками (2001, 2012, 2013), когда рост ледяного ядра ослабевал, преимущество в приростах имели малые бугры. Обращает на себя внимание, что деревья, «привыкшие» к холодным почвам с близко залегающей мерзлотой, в холодные годы (например, 1960) не теряли прироста, а в теплые (1993) существенно уменьшали его. В то же время древесные сообщества, привыкшие к «теплым» почвам с глубоким положением постоянно-мерзлого горизонта, имеют практически одинаковые приросты и в холодные, и в теплые годы. В теплые годы более продуктивны бугры с большой мощностью СТС (древостой, привыкшие к «теплым» почвам), менее – бугры с малой глубиной оттаивания.

Внутренняя фациальная структура бугра пучения влияет на продуктивность древостоев через флуктуации теплового режима, обусловленные доступом атмосферного тепла к корневым системам. Характерная особенность микрорельефа бугров – наличие глубоких криогенных трещин, разрывающих торфяной чехол. В годы с холодными зимами при большом количестве зимних осадков чем контрастнее микрорельеф и мощнее торф, тем хуже прогревается почва и меньше приросты. Вероятно, это объясняется длительным застоём талой влаги в микрозападинах и выхолаживанием почвы.

Для проверки гипотезы о зависимости внутриландшафтной (пространственной) вариабельности годичных приростов от погодных условий года сравнивался отклик на температуры и осадки нескольких показателей варьирования: среднеквадратического отклонения и ошибки, межквартильного диапазона, разности между максимальными и минимальными значениями.

Полный диапазон приростов (разность между минимальными и максимальными значениями) в пределах исследуемого ландшафта не коррелирует с климатическими показателями. Чувствительным показателем оказался межквартильный диапазон (50% наблюдений наиболее близких к медиане). Этот показатель отражает фоновое варьирование и исключает экстремальные отклонения. Повышение температур (годовых, зимних, летних, в том числе предшествующих лет) вызывает уменьшение межквартильного диапазона (рис. 2). Из этого следует, что рост теплообеспеченности делает фитопродукционное функционирование бугров пучения относительно синхронным; ландшафт функционирует как целостное образование. В холодные годы снижаются средние по ландшафту приросты, но пространственная вариабельность при этом возрастает, что свидетельствует о разнообразии реакций индивидуальных урочищ. Иначе говоря, некоторые урочища или подурочища обладают потенциалом «сопротивления» и сохраняют высокие приросты даже в неблагоприятные годы, в то время как в большинстве других урочищ продуктивность снижается. Например, в холодном 1969 г. повышенные, по сравнению с теплым 2012 г., приросты наблюдались на склонах малой крутизны при малой амплитуде микрорельефа, т. е. при низкой активности криогенных процессов. Таким образом, увеличение диапазона приростов в некоторые годы с особыми погодными условиями является следствием неодинаковой устойчивости видов урочищ к динамике внешних факторов.

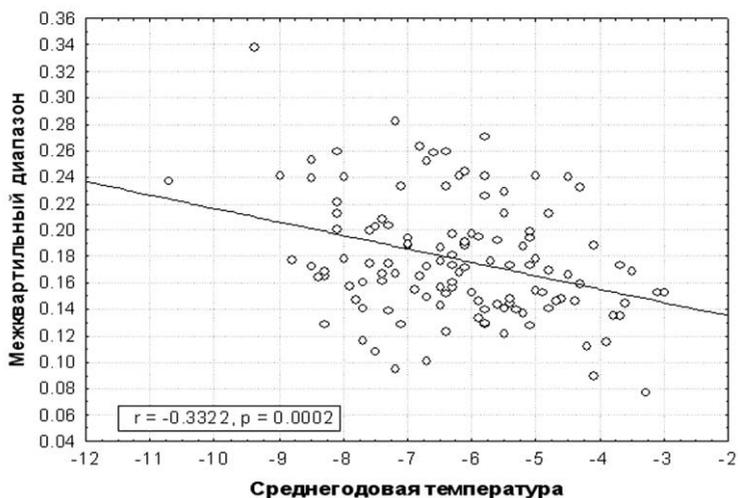


Рис. 2. Зависимость межквартильного диапазона значений приростов в ландшафте от среднегодовой температуры

В наиболее теплые годы (например, 2013) значимым фактором пространственного варьирования приростов становится ландшафтное разнообразие ближайших окрестностей, оцененное по индексу Шеннона (в радиусе 100 м). При монотонном окружении, как правило, из плоскобугристых торфяников, приросты снижаются, при повышении мозаичности (комбинация озерных, сплавинных, редколесных урочищ) – повышаются.

По временным рядам варьирования приростов с 1800 г. оказалось, что на большинстве описанных площадок диапазон варьирования приростов резко менялся на коротких временных промежутках (первые десятки лет). В разные периоды имело место резкое снижение диапазона колебаний (от 3-5 кратного к 1,5-2 кратному) характера (рис. 3). Это объясняется рядом причин как методического, так и естественного характера.

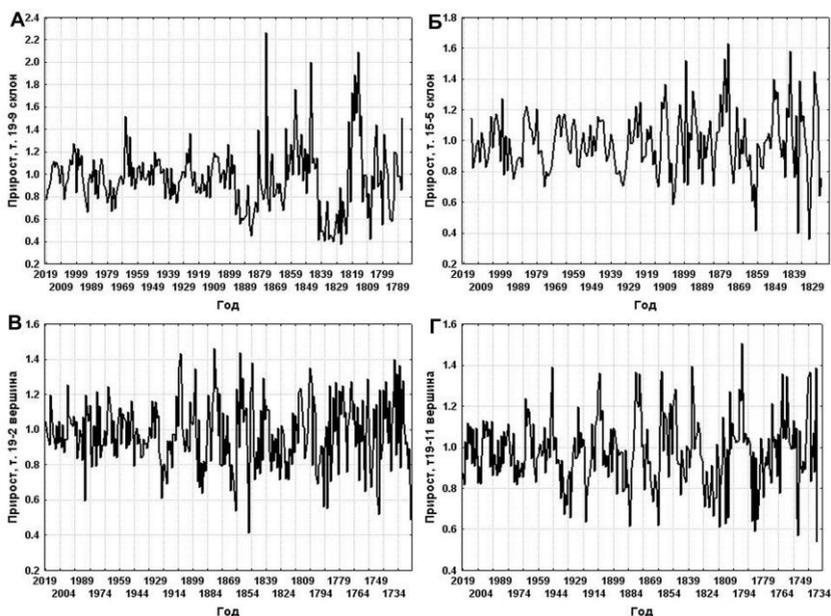


Рис. 3. Примеры четырех типа динамики приростов кедра с резким уменьшением диапазона варьирования: в 1880-е (А), 1910-е (Б), 1930-е (В) и 1960-е (Г) гг.

Во-первых, не исключаются ошибки в датировании при составлении дендрохронологий для площадок, особенно при датировании древесных колец 1860-х-1880-х годов. В этот достаточно холодный период приросты были крайне низкими, из-за чего возможна погрешность при датировании самых узких колец. По этой причине часть хронологий могла иметь ошибку в период с 1880-х годов и ранее.

Во-вторых, причиной может быть возникновение многочисленных новых деревьев в определенный период времени. Программный пакет ARSTAN сначала удаляет индивидуальные тренды каждого отдельно взятого дерева, а затем составляет общую хронологию в соответствии с медианным приростом деревьев на площадке. Если на площадке произрастает одно-два старых дерева и много молодых, то программа составляет хронологию сначала по одному дереву, а затем по медианным значениям прироста большого количества деревьев. Подобная информация представляет интерес, поскольку показывает время, когда массово начинали расти новые деревья. Выделяется несколько бугров (18-3, 19-9), на которых произрастают исключительно деревья не старше 130 лет. Это бугры с неглубоким (до 50 см) залеганием мерзлоты и мощным слоем торфа.

В ряде случаев стабилизация на графике общего прироста на площадке показывает асинхронность приростов. Так, на площадке 19-11 после 1960-х годов деревья сильно отличались по приростам: у одних скорость прироста резко увеличивается, у других не меняется.

В ряде случаев действительно реалистично заключение о стабилизации приростов. Выделены четыре периода стабилизации: 1) 1860-1880-е гг. (резкое потепление после окончания малого ледникового периода); 2) 1900-1910-е гг. – окончание 20-летнего периода увеличения температур и начало периода стабилизации, продлившегося до 1930-х гг.; 3) 1930-е гг. – начало потепления, длившегося до начала 1950-х гг.; 4) 1960-е гг. – начало периода похолодания, длившегося до конца 1970-х гг. Как правило, стабилизация в 1960-е годы происходила на буграх с современными большими амплитудами микрорельефа и малой мощностью торфа. По-видимому, активизация термокарстовых явлений подобных бугров происходило в теплые 1930-1940-е годы, после чего рельеф, положение мерзлоты, а вслед за ними и приросты, стабилизировались.

Стабилизация или рост новых деревьев в 1930-е годы наблюдалась, как правило, на буграх, которые ныне относительно стабильны, кровля мерзлоты летом находится глубоко (150-200 см и более). По-видимому, мерзлое ядро на этих буграх растаяло на рубеже XIX-XX веков. Стабилизация в 1880-е и 1910-е годы, напротив, наблюдается, как правило, на торфяно-минеральных мерзлотных буграх и может быть связана с перестройкой ландшафтных условий в середине XIX века.

Заключение. Зависимость временной и пространственной изменчивости приростов кедра от размера и высоты бугров свидетельствует об обусловленности фитопродукционного функционирования их генезисом и сопутствующим различием современных криогенных процессов. Установлена связь изменчивости приростов с характеристиками пространственной структуры ландшафта в результате взаимодействий урочища бугра или термокарстовой котловины с соседними урочищами. Близость

озер стабилизирует фитопродукционное функционирование на буграх. В местности с преобладанием плоскобугристых торфяников фитопродукционное функционирование бугров пучения более изменчиво по годам, чем в местности с чередованием термокарстовых озер, сфагновых болот и бугров пучения. Степень изменчивости приростов во времени контролируется, главным образом, состоянием мерзлоты, индикатором которого можно считать амплитуду микрорельефа. В свою очередь динамичность мерзлотных условий, может определяться латеральным тепловым влиянием соседних урочищ плоскобугристых торфяников и термокарстовых котловин. Реакция крупных и малых бугров на климатические флуктуации различна: современное резкое потепление с ростом летних и зимних осадков способствует увеличению приростов на малых буграх и снижению – на крупных. В теплые годы более продуктивны бугры с глубоким положением мерзлоты, менее продуктивны бугры с малой глубиной оттаивания. Тип бугров и ландшафтное соседство определяет возможность резкого уменьшения межгодового варьирования приростов при сменах климатических обстановок.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 19-05-00786). Авторы выражают благодарность О. Е. Пономаревой за содействие в организации полевых исследований, О. М. Подгорному и Н. В. Ильиновой – за участие в сборе полевых данных.

Информационные источники

1. Бердников, Н. М. Бугры пучения в различных ландшафтах бассейна реки Надым / Н. М. Бердников // Криосфера Земли. – 2012. Т. XVI, № 3. – С. 81-86.
2. Бочкарев, Ю. Н. Многолетняя динамика бугров пучения на севере Западной Сибири по данным дендрохронологии / Ю. Н. Бочкарев // Вопросы географии. Т. 138. – М. : Кодекс. – С. 251-270.
3. Васильчук, Ю. К. Выпуклые бугры пучения многолетнемерзлых торфяных массивов / Ю. К. Васильчук, А. К. Васильчук, Н. А. Буданцева, Ю. Н. Чижова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 2008. – 571 с.
4. Елсаков, В. В. Межгодовые изменения индекса NDVI на территории Европейского северо-востока России и Западной Сибири в условиях климатических флуктуаций последних десятилетий / В. В. Елсаков, М. Ю. Телятников // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10, № 3. – С. 260-271.
5. Пономарева, О. Е. Современная динамика бугров пучения и плоскобугристых торфяников в северной тайге Западной Сибири (на примере Надымского стационара) / О. Е. Пономарева, А. Г. Гравис, Н. М. Бердников // Криосфера Земли. – 2012. – Т. XVI, № 4. – С. 21-30.

Секция 2

«Особенности климатических и гидрологических изменений на глобальном и региональном уровнях иерархии геосистем»

УДК 551.5

DOI: 10.26170/KFG-2021-04

Акентьева Елена Марковна,

кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова (ФГБУ «ГГО»), г. Санкт-Петербург, Россия; eakentyeva@mail.ru

Китаев Лев Михайлович,

кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт географии РАН, г. Москва, Россия; lkitaev@mail.ru

Данилович Ирина Сергеевна,

кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь; irina-danilovich@yandex.ru

Алешина Мария Александровна,

младший научный сотрудник, Институт географии РАН, г. Москва, Россия; aleshina@igras.ru

Буяков Иван Васильевич,

младший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь; buyakov-ivan@mail.ru

Тюсов Григорий Анатольевич,

научный сотрудник, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия; tyusov@binran.ru

РАЗЛИЧИЯ ДИНАМИКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕВЕРО-ЗАПАДА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ (ВОДОСБОР БАЛТИЙСКОГО МОРЯ)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метеорологические характеристики; метеорология; индексы атмосферной циркуляции; пространственно-временная изменчивость; ход аномалий; регрессионные зависимости.

АННОТАЦИЯ. Выполнена оценка пространственной неоднородности приземной температуры воздуха и осадков холодного периода, а также максимальных запасов воды в снеге в восточной части Балтийского бассейна в пределах территорий России и Беларуси. Установлена степень соответствия многолетних тенденций и межгодового хода норм и аномалий исследуемых характеристик, особенностей их пространственных изменений на фоне изменчивости атмосферной циркуляции.

Elena M. Akent'eva,

Candidate of Geography, Leading Researcher, Voeikov Main Geophysical Observatory (FSBI "MGO"), Saint Petersburg, Russia

Lev M. Kitaev,

Candidate of Geography, Senior Researcher, Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

Irina S. Danilovich,

Candidate of Geography, Leading Researcher, Institute for Nature Management NAS of Belarus, Minsk, Belarus

Marija A. Aleshina,

Junior Researcher, Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

Ivan V. Buyakov,

Junior Researcher, Institute for Nature Management NAS of Belarus, Minsk, Belarus

Gregory A. Tyusov,

Researcher, Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

DIFFERENCES IN DYNAMICS OF METEOROLOGY PARAMETERS OVER NORTHWEST OF EASTERN EUROPEAN PLAIN (BALTIC SEA CATCHMENT AREA)

KEYWORDS: meteorological characteristics; meteorology; atmospheric circulation indices; spatio-temporal variability; course of anomalies; regression dependencies.

ABSTRACT. The present study investigates the meteorological heterogeneity of the surface air temperature and precipitation during cold season, and the snow water equivalent in the Eastern part of the Baltic Sea Basin within the territories of Russia and Belarus. The mean and direction of long-term changes and multi-year variability of climatological norms and anomalies of air temperature, precipitation and SWE were established; the connection of meteorological characteristics changes and indices of atmospheric circulation was detected.

Методические подходы и используемые материалы. Продолжающееся на территории Восточно-Европейской равнины потепление сопровождается повышением приземной температуры воздуха (прежде всего в зимний период), небольшим увеличением сумм годовых и сезонных осадков, стабилизацией или снижением на отдельных территориях снегозапасов. В результате происходят заметные изменения гидрологического режима, и, в частности, водность и трансформация годового хода стока рек. Имеющиеся в настоящее время крупномасштабные оценки изменчивости гидрометеорологического режима [1; 2; 3; 4] должны в том числе дополняться результатами исследований региональной изменчиво-

сти компонентов природной среды. В связи с чем, основная цель наших работ состоит в оценке неоднородности метеорологического режима восточной части Балтийского водосбора – на примере территорий Беларуси и России.

Выбранный для исследований регион имеет общность в равнинном характере и постгляциальном происхождении рельефа, в зональной / широтной пространственной структуре растительности, также формировавшейся в послеледниковую эпоху в зоне влияния Атлантических воздушных масс. Основным показателем состояния водных ресурсов региона является их принадлежности к водосбору Балтийского моря, а также в преобладающей значимости весеннего половодья в годовом водном балансе речного стока. Исследование метеорологических характеристик проводится путем сравнительной оценки их изменчивости в пределах Ленинградской области с частью пограничных с ней областей России (далее – северная часть региона) и Беларуси (далее – южная часть региона). Сравнительный анализ метеорологического режима территорий в пределах крупного морфологического региона Балтийского бассейна дает возможность оценить величину и направление современных изменений метеорологического режима трансграничного региона России и Беларуси. Исследование выполнено на примере холодного периода года, в течение которого формируются основные характеристики весеннего половодья рек.

В качестве исходной информации использованы данные инструментальных наблюдений на восьми метеорологических станциях, расположенных в северной части Беларуси и на девяти метеорологических станциях Ленинградской и соседних с ней областей. Исследуемый период 1966-2019 гг. выбран в связи с наличием непрерывных однородных исходных данных, которые представлены (1) значениями среднемесячной температуры воздуха за ноябрь-март, (2) месячными суммами осадков за ноябрь-март, (3) максимальными за зиму запасами воды в снежном покрове (далее снегозапасы), формирующимися в конце зимнего сезона и определяющие масштабы весеннего половодья на водосборах. Для выявления тесноты связей многолетнего хода рассматриваемых характеристик с особенностями атмосферной циркуляции привлекались данные о многолетней динамике индексов Северо-Атлантической и Скандинавской осцилляций (далее NAO и SCAND) [6].

Распределение метеорологических условий региона. Как видно из информации, приведенной в таблице, в южной части региона приземная температура воздуха зимнего периода в 1,8 раза выше, чем в северной. При почти равных суммах осадков, среднемноголетние снегозапасы на севере практически в два раза превышают снегозапасы на юге, что связано с частыми оттепелями и значительной частью жидких осадков зимой. Стандартное отклонение многолетних рядов всех характеристик

рассматриваемых территорий различается мало, тогда как коэффициенты линейного тренда приземной температуры воздуха и осадков на юге превышают коэффициенты линейных трендов севера в 1,2 и 1,4 раза – при отсутствии значимых тенденций для снегозапасов (табл. 1).

Таблица 1

Изменчивость метеорологических характеристик холодного сезона
(1966-2019 гг.)

Характеристики		Южная часть региона	Северная часть региона
Приземная температура воздуха	Среднее, °С	-1,9	-3,4
	Стандартное отклонение, °С	1,75	1,48
	Коэффициент линейного тренда °С / год *	0,052	0,044
Осадки	Среднее, мм	216	224
	Стандартное отклонение, мм	24,10	25,11
	Коэффициент линейного тренда мм / год *	0,523	0,369
Снегозапасы	Среднее, мм	50	93
	Стандартное отклонение, мм	29,22	24,71
	Коэффициент линейного тренда, мм / год *	-0,279	0,335

* Курсивом отмечены незначимые на уровне 95% коэффициенты линейных трендов

Означенные изменения характеристик происходят на фоне положительного тренда NAO (0,013 индекса / год при среднемноголетней величине 0,23 и стандартном отклонении 0,526) и отсутствии значимой тенденции для SCAND (при среднемноголетнем 0,503 и стандартном отклонении 0,303) – для осреднения за ноябрь-март в период 1966-2019 гг. Слабая, но значимая корреляционная связь многолетнего хода среднемесячных индексов прослеживается только для хода приземной температуры воздуха:

– северная часть региона: NAO января 0,46, февраля 0,50; SCAND марта -0,38.

– южная часть региона: NAO января -0,54, февраля -0,51; SCAND марта -0,45.

Пространственная изменчивость среднемноголетних значений приземной температуры воздуха и снегозапасов соответствует зональным закономерностям, соответственно увеличиваясь и снижаясь с севера к

югу (рис. 1). Величина стандартного отклонения и значения коэффициентов линейного тренда для всех характеристик увеличивается к северу.

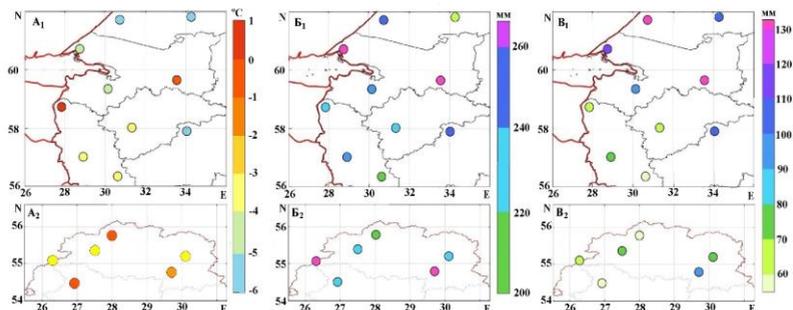


Рис. 1. Пространственное распределение в северной и южной частях региона среднеголетних значений приземной температуры воздуха (A_1 и A_2), суммарных осадков (B_1 и B_2), снегов запасов (B_1 и B_2)

На рисунке 2 представлены графики многолетнего хода аномалий рассматриваемых характеристик, рассчитанных как превышение стандартного отклонения по рядам с удаленным трендом. Повсеместно многолетний ход осадков и снегов запасов имеет от девяти до двенадцати случаев аномалий как в положительном, так и отрицательном диапазонах значений, многолетний ход приземной температуры воздуха – от восьми до двенадцати случаев. Превышение аномалиями осадков и снегов запасов величины ∓ 50 мм редки, равно как редки аномалии меньше ∓ 30 мм. Редки также аномалии приземной температуры воздуха более $\mp 3^\circ\text{C}$ и менее $\mp 1,5^\circ\text{C}$. Количество лет с совпадением аномалий северной и южной частей региона невелико: для снегов запасов по четыре в положительной и отрицательной областях распределения значений, для осадков – четыре и два при полном отсутствии совпадений аномалий приземной температуры воздуха (рис. 2).

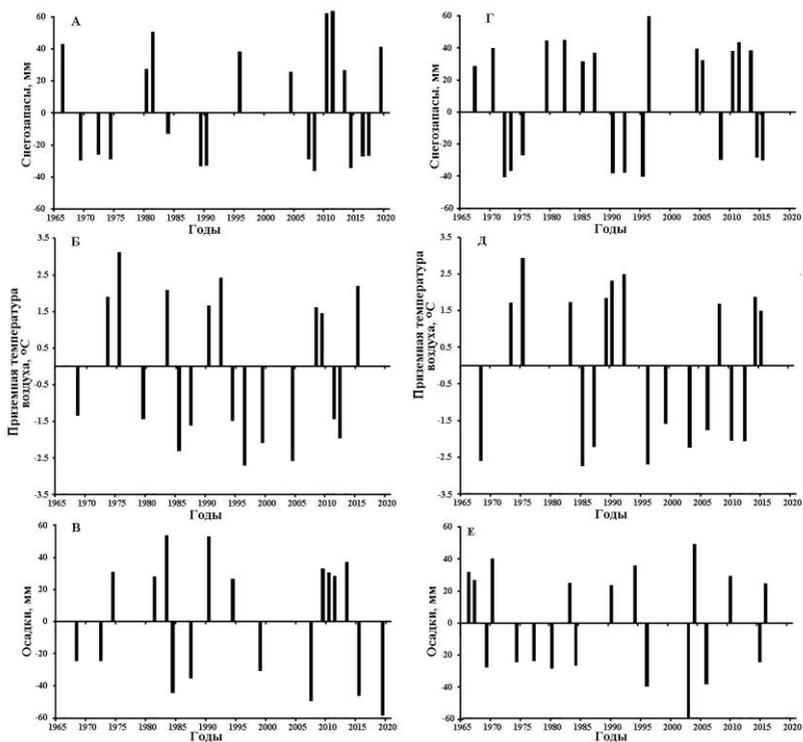


Рис. 2. Многолетний ход аномалий (превышение стандартного отклонения) снеготпасов, приземной температуры воздуха и осадков в северной (А, Б, В) и южной (Г, Д, Е) частях региона

Заключение. Проведена оценка региональных различий изменчивости метеорологических условий холодного периода восточной части Балтийского водосбора на примере Ленинградской и частью пограничных с ней областей России (северная часть региона) и территории Беларуси (южная часть региона). Среднемноголетние значения исследуемых характеристик соответствует зональной изменчивости: приземная температура воздуха на севере в 1,8 раза ниже температуры на юге, снеготпасы – вдвое выше, что при практически равных осадках говорит о большей зависимости формирования снеготпасов от температурного режима территории. Тенденции многолетних изменений снеготпасов повсеместно незначимы при многолетнем увеличении осадков, что также позволяет связать отсутствие многолетнего роста снеготпасов в первую очередь с заметным многолетним ростом приземной температуры.

Значимая корреляционная связь многолетнего хода индексов атмосферной циркуляции повсеместно отмечена только для приземной тем-

пературы воздуха со сдвижкой во времени: для январских и февральских индексов NAO и для мартовских индексов SCAND – с большей теснотой связи на юге региона. Подобные результаты были получены ранее для территории Беларуси и Восточно-Европейской равнины в целом [4; 7].

Многолетний ход аномалий характеристик (превышение стандартного отклонения) сходен в северной и южной частях региона количеством аномальных случаев – 17-23% от продолжительности рассматриваемого периода и их амплитудой – от ∓ 30 мм до ∓ 50 мм для осадков и снегозапасов и $\mp 1,5^{\circ}\text{C}$ – $\mp 3^{\circ}\text{C}$ для приземной температуры воздуха. Совпадения аномалий северной и южной частей региона наблюдаются лишь в двух-трех случаях для каждой характеристики, что возможно связано с преобладающим для возникновения аномалий значением местных условий.

Финансирование. Работа с российской стороны выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проекты 20-55-00007 (сбор и обработка первичной информации), а также при поддержке темы 0148-2019-0009 «Изменения климата и их последствия для окружающей среды и жизнедеятельности населения на территории России» Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук.

Работа с белорусской стороны выполнена при поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований темы (X20P-353) «Современные тенденции крупномасштабной атмосферной циркуляции и их проявление в изменении гидротермического режима арктического и балтийского бассейнов Восточно-Европейской равнины».

Информационные источники

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2012 год. – М. : Росгидромет, 2013. – 86 с.
2. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. – СПб. : Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, 2017. – 106 с.
3. Логинов, В. Ф. Изменения климата: тренды, циклы, паузы / В. Ф. Логинов, В. С. Микучкий. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 179 с.
4. Попова, В. В. Современные изменения климата на севере Евразии как проявление вариаций крупномасштабной атмосферной циркуляции / В. В. Попова // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2018. – Т. 1. – С. 84-111.
5. Фролова, Н. Л. Комплексное исследование и картографирование современного водного режима рек Европейской территории России / Н. Л. Фролова, М. Б. Киреева, Т. Е. Самсонов, А. Л. Энтин, В. Ю. Григорьев, А. А. Сазонов, Е. С. Повалишникова, В. Н. Семин // Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения : материалы

международной научно-практической конференции. – Нижний Новгород, 2019. – С. 21-26.

6. Barnston, A. G. Classification, seasonality, and persistence of low frequency atmospheric circulation patterns / A. G. Barnston, R. E. Livezey // *Monthly Weather Review*. – 1987. – № 115. – P. 1083-1126.

7. Partasenok (Danilovich), I. Winter cyclone frequency and following freshet streamflow formation on the rivers in Belarus / I. Partasenok (Danilovich), P. Groisman, G. Chekan, V. Melnik // *Environ. Res. Lett.* – 2014. – № 9. 13 p.

Гасанова Зарема Улубиевна,

кандидат биологических наук, Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН, г. Махачкала, Россия; zgasanova@list.ru

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫЕ ПОЧВЫ С РАЗЛИЧНЫМИ
ДИНАМИЧЕСКИМИ КАЧЕСТВАМИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ
ПОЧВЕННЫХ АРЕАЛОВ
(НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ)**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: климат; климатические изменения; светло-каштановые почвы; почвоведение; степень засоления.

АННОТАЦИЯ. В настоящее время тема отклика региональных ландшафтов на внешние возмущения среды в связи с климатическими изменениями особенно актуальна для аридных и субаридных регионов. В Северо-Западном Прикаспии за период с 1990 по 2018 гг. повысилось количество осадков. Для светло-каштановых почв с различными динамическими качествами элементарных почвенных ареалов наблюдается снижение степени засоления на два порядка для элювиальных и элювиально-транзитных ареалов, на один порядок для аккумулятивных почвенных ареалов.

Zarema Ul. Gasanova,

Candidate of Biology, Senior researcher, Precaspian Institute of Biological Resources RAS, Makhachkala, Russia

**IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON LIGHT-CHESTNUT SOILS
WITH DIFFERENT DYNAMIC QUALITIES
OF ELEMENTARY SOIL AREAS
(ON EXAMPLE OF THE WESTERN CASPIAN REGION)**

KEYWORDS: climate; climate change; light chestnut soils; soil science; salinity.

ABSTRACT. Currently, the topic of regional landscapes' response to external environmental disturbances due to climate changes is particularly important for arid and subarid regions. In the North-Western Caspian region there were increasing of precipitation from 1990 to 2018. For light chestnut soils with different dynamic qualities of elementary soil areas, there is a decrease in the salinity degree by two orders of magnitude for eluvial and eluvial-transit areas, and by one order for accumulative soil areas.

Климатические изменения, имеющие место в настоящее время, на первый план выводят тему отклика региональных ландшафтов на внешние возмущения среды, что особенно актуально для аридных и субаридных регионов с «рискованным» земледелием. Особенностью аридных регионов часто является присутствие в почвах легкорастворимых солей, подверженных сезонной и многолетней динамике и даже небольшие отклонения гидротермических условий способствуют изменению засоления почвенных профилей.

За последние 30 лет в Северо-Западном Прикаспии можно выделить два климатических тренда: с конца 1980-х по 2010 гг. с повышением количества осадков и одновременным повышением средних температур; с 2010 по настоящее время – относительное снижение среднегодовой температуры и количества осадков. Изменение климата согласуется с гидротермическим коэффициентом Селянинова (ГТК): в диапазоне с 1989 по 1998 гг. ГТК растет, но еще остается в слабо засушливой зоне, с 1998 г. по 2013 гг. ГТК $\geq 1,3$, что соответствует влажной зоне. С 2007 г. ГТК начинает снижаться, но до 2013 г. все еще относится к влажной зоне (рис. 1).

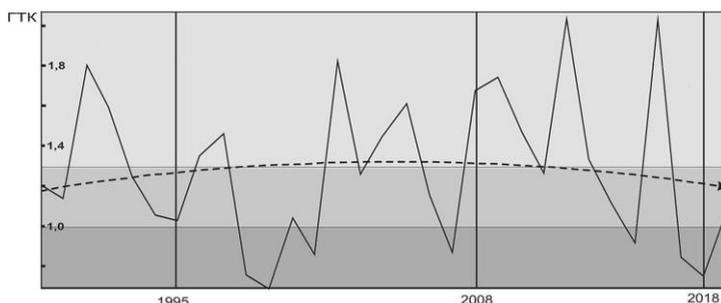


Рис. 1. Классификация зон увлажнения по гидротермическому коэффициенту (ГТК): засушливая (0,7-1,0); слабо засушливая (1,0-1,3); влажная (> 1,3). Тарумовский район, пос. Кочубей, 1989-2019 гг.

Помимо гидротермических характеристик на динамику засоления почвенных профилей влияет уровень грунтовых вод (УГВ), определяемый многолетней динамикой Каспийского моря – с 1977 г. до 1995 г. уровень моря поднимался, с 1995 по 2008 уровень стабилизировался, после 2008 г. по настоящее время идет понижение.

В формировании почвенного покрова региона существенен вклад ветрового режима, 35% ветров приходится на восточное и востоко-юго-восточное направления. Особенности ветрового режима определяют наличие наветренных склонов с элювиальными почвенными ареалами и подветренных склонов с транзитными и аккумулятивными ЭПА.

Влияние климатических изменений на профили светлокаштановых почв изучалось на тестовом полигоне в центральной части Терско-Кумской низменности, занимающей значительную часть Северо-Западного Прикаспия. Рельеф представляет собой мезоповышение из речных переветренных отложений. Исследование проводилось в летний период (июль) на элементарных почвенных ареалах (ЭПА) с различными динамическими качествами.

Среди динамических качеств ЭПА В. М. Фридланд выделяет: элювиальные ЭПА – отдают вещества, транзитные ЭПА – вещества мигри-

руют, аккумулятивные ЭПА – получают вещества а также переходные формы [2] по аналогии связей между ландшафтами, выявленными М. А. Глазовской [1].

Динамические качества элементарных почвенных ареалов светло-каштановых почв соотносятся с экспозицией склонов. На юго-восточных склонах формируются преимущественно элювиальные ЭПА, на северо-западных склонах – аккумулятивные ЭПА. Положение элементарных почвенных ареалов в рельефе предопределяет характер связи по отношению к соседним ЭПА, что находит свое отражение в засолении почвенных профилей.

В статье рассматриваются почвенные профили элювиального ЭПА, элювиально-транзитного ЭПА и аккумулятивного ЭПА (рис. 2).

Элювиальный ЭПА (1).

ЭПА 1 занимает в рельефе самый высокий слабовыпуклый плакорный наветренный склон юго-восточной экспозиции. Абсолютная высота H составляет минус 18,6 м – минус 19,3 м. Величина уклона i – отношение превышения местности к горизонтальному протяжению – составляет 0,004.

Почвы светло-каштановые солончаковатые. По гранулометрическому составу почвы относятся к легкосуглинистым. Средневзвешенное содержание физической глины в профиле в верхней толще – 27,1%, в нижней – 30,0%. В составе солей преобладают сульфаты – по типу засоления почвы являются хлоридно-сульфатными. Степень засоления – сильная.

С 1990 по 2018 гг. в верхней почвенной толще (0-30 см) снизилась степень засоления – от средней до слабой в 2011 г. К 2018 г. профиль характеризовался как незасоленный. В нижней толще степень засоления снизилась от сильной до слабой. Степень засоления профилей на ЭПА 1 снизилась на 2 порядка.

Элювиально-транзитный ЭПА (2).

ЭПА 2 расположен на выпуклом пологом ($i = 0,009$) наветренно-подветренном склоне северо-западной экспозиции высотой минус 19,4 – минус 20,5 м. Почвы светло-каштановые солончаковатые, легкосуглинистые – 27,0% физической глины в верхней толще, 30,8% – в нижней толще. В химическом составе преобладают хлориды, что определяет сульфатно-хлоридный тип засоления профиля в целом. Степень засоления – сильная. Верхняя толща несколько промыта – степень засоления слабая. Хотя по сравнению с ЭПА I уровень грунтовых вод здесь выше, солей в профиле заметно меньше у ЭПА II – 0,53% против 0,76% ЭПА I. Подобную разницу можно объяснить транзитным характером ареала, обеспечивающего боковой сток. Выпуклые рассеивающие склоны не способствуют задерживанию веществ, перемещаемых с элювиального ЭПА 1. Динамика солей в профиле от 1990 к 2018 гг. почти такая же как и у ЭПА 1: степень засоления сни-

жается на два порядка: от средней до незасоленной в верхней толще и от сильной до слабой в нижней части почвенного профиля.

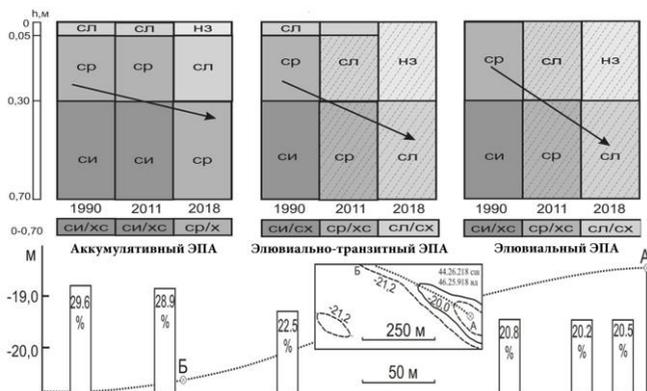


Рис. 2. Степень и тип засоления светло-каштановых почв элементарных почвенных ареалов с различными динамическими качествами. Условные обозначения: степень засоления:

нз – незасоленная, сл – слабая, ср – средняя, си – сильная;

тип засоления: хс – хлоридно-сульфатный, сx – сульфатно-хлоридный, х – хлоридный

Аккумулятивный ЭПА (3).

ЭПА 3 приурочен к относительно подветренным склонам слабоогнутой пологой ($i = 0,003$) седловины северо-западной экспозиции высотой минус 20,5 – 20,9 м. По высоте залегания солей почвы относятся к солончаковым ($h = 27-29$ см). По сравнению с элювиальным ЭПА I увеличивается содержание физической глины в профиле – 29,3% в верхней 0,5 м толще, 30,0% – в нижней толще, что подтверждает аэродинамическое происхождение мезоповышения – большее количество тонких фракций в почвах подветренных склонов периферии бугра по отношению к наветренным. Тип засоления – хлоридно-сульфатный. Степень засоления – сильная. Верхняя 5 см толща не засолена. Соли в основном аккумулярованы ниже 30 см. Солей в профиле заметно больше, чем в ЭПА I и ЭПА II – 0,98% – сказывается влияние грунтовых вод. Боковой дополнительный сток, слабоогнутые склоны способствуют некоторому застою влаги и рассолению верхней толщи почвы. Видна заметная разница в засолении верхних и нижних толщ почвы. От 1990 к 2008 г. содержание солей понизилось, но еще недостаточно, чтобы изменилась степень засоления. От 1990 к 2018 г. степень засоления снизилась на один порядок – от средней до слабой в верхней толще и от сильной до средней в нижней, что отличается от динамики солей профилей почв на элювиальном и элювиально-транзитном ареалах.

С 1990 по 2018 гг. в климате Северо-Западного Прикаспия наблюдаются изменения в сторону увеличения осадков, вызвавших снижение степени засоления почвенных профилей светло-каштановых почв. Установлена связь между динамикой засоления почвенных профилей и динамическими качествами элементарных почвенных ареалов: в профилях почв на элювиальном и элювиально-транзитном ареалах снижение степени засоления было интенсивней, чем на аккумулятивном ареале.

Работа выполнена по теме Госзадания ПИБР ДФИЦ РАН (№ 0172-2019-0014) «Динамика почвенного покрова и биопродуктивности экосистем Северо-Западного Прикаспия и Восточного Кавказа».

Информационные источники

1. Глазовская, М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов / М. А. Глазовская. – М., 1964. – 230 с.
2. Фридланд, В. М. Структуры почвенного покрова мира / В. М. Фридланд. – М. : Мысль, 1984. – 235 с.

Камалова Рита Галимьяновна,

старший преподаватель, Башкирский государственный университет,
г. Уфа, Россия; galim-rita@yandex.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ЮЖНОГО УРАЛА

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: изменения климата; климат; климатические изменения; температура воздуха; атмосферные осадки.

АННОТАЦИЯ. В статье проанализированы климатические условия территории Южного Урала (в пределах Республики Башкортостан) и их изменения в период с 1966 по 2015 гг. Проведена оценка трендов температуры воздуха, суммы атмосферных осадков, индекса засушливости Д. А. Педя. Выявленные тенденции метеорологических величин определяют направления климатических изменений: в холодный период наблюдается смягчение климата, в летний сезон – нарастание засушливости.

Rita G. Kamalova,

Senior Lecturer, Bashkir State University, Ufa, Russia

MODERN CLIMATE CHANGE IN SOUTH URALS

KEYWORDS: climate change; climate; climate change; air temperature; precipitation.

ABSTRACT. The article analyzes the climatic conditions of the territory of the Southern Urals (within the Republic of Bashkortostan) and their changes in the period from 1966 to 2015. An assessment was made of trends in air temperature, the amount of atmospheric precipitation, and aridity index D. A. Pedy. The revealed tendencies of meteorological values determine the directions of climatic changes: in the cold period, climate softening is observed, in summer – an increase in aridity.

Исследования, посвященные вопросам глобальных и региональных изменений климата, входят в настоящее время в приоритетные научные направления, поскольку последствия климатических изменений затрагивают многие природные процессы, а также некоторые отрасли экономики. Анализ последствий и адаптации природной среды к глобальным и региональным изменениям климата отражены в «Оценочных докладах» Межправительственной группы экспертов по изменению климата [7] и «Оценочных докладах Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» [4].

Региональные климатические изменения могут проявляться несколько сильнее, чем глобальные, а в отдельных случаях иметь противоположные направления изменений. Изменчивость климата влияет на природную среду в целом и на протекающие в ней природные процессы.

Территория Южного Урала – своеобразный физико-географический регион. Он является границей между Европой и Азией, разделяет сразу три крупных речных бассейна с истоками крупных рек

(рр. Белая-Кама-Волга; рр. Сакмара-Урал; рр. Уй-Тобол-Обь). Кроме того, в климатическом плане с восточных склонов Южного Урала начинается усиление континентальности. В силу этого данный регион является естественной границей произрастания и распространения некоторых видов растений и животных, а в пределах самого региона включены виды флоры и фауны с более северных широт. Таким образом, Южный Урал является «особенным» регионом с точки зрения фенологических процессов.

В настоящем исследовании проанализированы данные многолетних наблюдений метеорологических станций (мст.) сети Башкирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в период 1966-2015 гг.: мст. Белорецк, Тукан, Башгосзаповедник (БГЗ), Кананикольское, Зилаир. Южный Урал (ЮУ) рассматривался в пределах территории Республики Башкортостан.

Для анализа территориальной и временной изменчивости климатических величин были рассчитаны их базовые характеристики: средняя (климатические нормы 1966-2015 гг. и 1981-2010 гг.), среднеквадратическое отклонение (СКО).

Оценка региональных изменений климата получена с применением тренд-анализа. Угловой коэффициент наклона линии тренда (КНЛТ) характеризуют скорость изменения величины, а положительный знак коэффициента указывает на рост (повышение) значения величины, отрицательный – на его снижение (уменьшение). Величиной коэффициента детерминации R^2 оценивался вклад линейного тренда в общую изменчивость показателя. Достоверность результатов оценивалась с помощью критериев Фишера и Стьюдента.

Климат Южного Урала является типичным для умеренных широт, однако здесь сильно проявляется влияние меридионально вытянутых хребтов самой уральской горной системы.

Средняя годовая температура на территории Южного Урала составляет $1,6^{\circ}\text{C}$ в период 1966-2015 гг. (табл. 1). Наименьшим значением этой величины отличается мст. Башгосзаповедник ($1,0^{\circ}\text{C}$), наибольшей – мст. Зилаир.

Анализ временной изменчивости, характеризующейся через СКО, показывает, что максимальная вариация температуры характерна для зимних месяцев. Самые устойчивые месяцы – июль-сентябрь. В период 1981-2010 гг. СКО температуры воздуха несколько уменьшилось практически во всех месяцах.

Повышение средней годовой температуры в период 1981-2010 гг. произошло в среднем на $0,3^{\circ}\text{C}$ в пределах Южного Урала. Наибольшее изменение средней месячной температуры воздуха выявлено в январе (на $1,4^{\circ}\text{C}$), феврале (на $0,9^{\circ}\text{C}$) и октябре (на $0,6^{\circ}\text{C}$).

Коэффициент наклона линейного тренда (КНЛТ) средней годовой температуры в среднем на территории Южного Урала составляет $0,44^{\circ}\text{C}/10$ лет (для обоих периодов). При сравнении периодов 1966-2015 и 1981-2010 гг. обнаружено, что в северной части значения КНЛТ средней годовой температуры увеличиваются, в южной – уменьшаются. Однако во всех случаях тренды средней годовой температуры остаются статистически значимыми.

Наибольшая скорость роста средняя годовая температура воздуха имеет в центральной части Южного Урала: на мст. Башгосзаповедник КНЛТ составляет $0,5^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Таблица 1

Основные характеристики температурного режима и его изменений

мст.	Показатель	Месяц												Ср. год. t
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Белоречек	t ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	-14,9	-13,2	-6,2	3,2	10,6	15,3	16,8	14,5	9,0	1,5	-6,4	-12,5	1,5
	t ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	-13,6	-12,4	-6,0	2,9	10,1	15,7	17,0	14,7	9,1	2,2	-6,7	-12,2	1,7
	СКО ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	3,9	3,0	2,4	2,7	2,2	2,0	1,7	1,8	1,7	2,3	2,8	3,9	1,1
	СКО ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	3,2	3,0	2,3	2,7	2,4	2,0	1,7	1,7	1,6	1,6	3,2	4,0	0,9
	КНЛТ ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	0,79	0,53	0,42	0,03	0,39	0,57	0,26	0,38	0,26	0,60	0,33	0,79	0,45
	КНЛТ ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	-0,17	0,30	0,90	-0,07	1,23	-0,06	0,24	0,52	0,21	0,44	1,36	0,83	0,48
Тукан	t ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	-14,3	-12,8	-6,0	3,2	10,6	15,0	16,7	14,3	8,9	1,7	-6,1	-12,1	1,6
	t ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	-13,2	-12,2	-6,0	2,9	10,4	15,2	16,9	14,3	8,9	2,2	-6,4	-12,0	1,8
	СКО ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	3,9	3,0	2,4	2,9	1,9	2,0	1,8	1,8	1,5	2,3	2,9	3,5	1,0
	СКО ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	3,2	3,1	2,4	2,8	1,9	1,9	1,8	1,8	1,4	1,7	3,2	3,6	0,8
	КНЛТ ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	0,82	0,45	0,38	-0,02	0,35	0,51	0,20	0,36	0,26	0,51	0,19	0,39	0,37
	КНЛТ ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	-0,12	0,37	0,98	0,01	0,72	0,04	0,13	0,61	0,36	0,46	1,21	0,07	0,40
БГЗ	t ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	-16,2	-14,5	-6,5	2,8	10,5	15,1	16,8	14,3	8,5	1,2	-6,5	-13,8	1,0
	t ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	-14,5	-13,4	-6,0	2,6	10,3	15,5	17,1	14,6	8,7	1,8	-6,6	-13,6	1,4
	СКО ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	4,5	3,5	3,3	2,5	1,8	1,8	1,7	1,7	1,3	2,0	2,9	3,6	1,2
	СКО ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	3,5	3,4	3,5	2,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,2	1,2	3,2	3,4	1,0
	КНЛТ ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	1,07	0,76	0,73	0,04	0,53	0,59	0,31	0,51	0,36	0,56	0,45	0,64	0,55
	КНЛТ ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	-0,02	0,42	1,34	-0,13	0,83	0,06	0,29	0,65	0,43	0,18	1,45	0,32	0,49

Продолжение таблицы 1

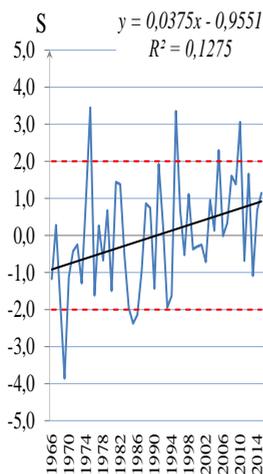
мст.	Показатель	Месяц												Ср. год.
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кананикольское	t ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	-14,9	-13,6	-6,6	3,3	10,9	15,7	17,2	14,9	9,2	1,7	-6,2	-12,6	1,6
	t ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	-13,4	-12,7	-6,4	3,0	10,6	16,0	17,4	15,1	9,2	2,3	-6,4	-12,4	1,9
	СКО ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	4,1	3,2	2,7	2,7	1,8	1,9	1,7	1,8	1,7	2,2	2,8	3,5	1,1
	СКО ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	3,3	3,2	2,7	2,7	1,7	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	3,2	3,5	0,9
	КНЛТ ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	0,90	0,63	0,54	0,03	0,28	0,51	0,18	0,42	0,30	0,55	0,26	0,51	0,42
	КНЛТ ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	-0,17	0,63	1,28	-0,06	0,66	0,08	0,03	0,70	0,62	0,34	1,28	0,12	0,42
Зилаир	t ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	-14,2	-13,2	-6,4	3,9	11,6	16,4	18,0	15,9	10,0	2,3	-5,6	-11,7	2,2
	t ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	-12,9	-12,3	-6,1	3,6	11,1	16,7	18,1	15,9	10,1	2,9	-5,7	-11,6	2,5
	СКО ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	3,7	3,0	2,5	2,9	2,0	2,0	1,8	2,0	1,7	2,3	2,6	3,0	1,0
	СКО ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	3,1	3,0	2,5	2,8	2,0	1,9	1,9	2,1	1,4	1,7	2,8	3,0	0,9
	КНЛТ ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	0,75	0,55	0,53	0,05	0,30	0,53	0,27	0,46	0,35	0,60	0,25	0,46	0,42
	КНЛТ ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	-0,38	0,44	0,94	-0,06	0,97	0,16	0,22	0,69	0,44	0,42	1,04	0,21	0,42
ЮУ	t ₁₉₆₆₋₂₀₁₅	-14,9	-13,5	-6,3	3,3	10,8	15,5	17,1	14,8	9,1	1,7	-6,2	-12,5	1,6
	t ₁₉₈₁₋₂₀₁₀	-13,5	-12,6	-6,1	3,0	10,5	15,8	17,3	14,9	9,2	2,3	-6,4	-12,4	1,9
	Изменение t	↑1,4	↑0,9	↑0,2	↓0,3	↓0,3	↑0,3	↑0,2	↑0,1	↑0,1	↑0,6	↓0,2	↑0,2	↑0,3

Примечание: темным цветом выделены статистические значимые тренды при уровне значимости 95%; КНЛТ (°С/10 лет).

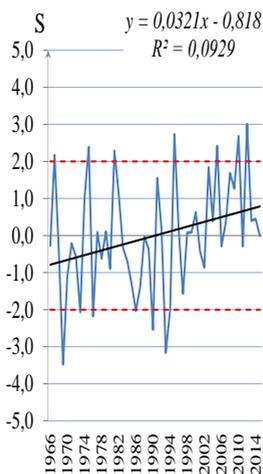
В проведенных ранее исследованиях автором выявлены изменения в режиме атмосферных осадков [1; 2; 3; 5; 6]. Процессы, связанные с атмосферным увлажнением на Южном Урале, носят более сложный территориальный характер. В среднем в регионе годовая сумма атмосферных осадков имеет тенденцию к увеличению. В основном это происходит за счет роста суммы осадков холодного периода. В период 1966-2015 гг. на территории Южного Урала КНЛТ годовой суммы осадков составил -5,5 мм/10 лет, холодного периода – 4,6 мм/10 лет, теплого периода – -10 мм/10 лет. В регионе обнаружены отрицательные статистически значимые тренды суммы осадков в июне (-50 мм/10 лет) и июле (-61 мм/10 лет). По некоторым станциям обнаружен статистически значимый положительный тренд суммы осадков в марте.

Таким образом, при сопоставлении тенденций основных климатических величин – температуры воздуха и суммы осадков – выявлены следующие закономерности: в холодный период рост температуры и увеличение суммы осадков в твердом виде приводят к некоторому смягчению зимних условий; в теплом периоде наблюдаются значимое повышение температуры воздуха и уменьшение суммы осадков, что провоцирует нарастание более засушливых условий.

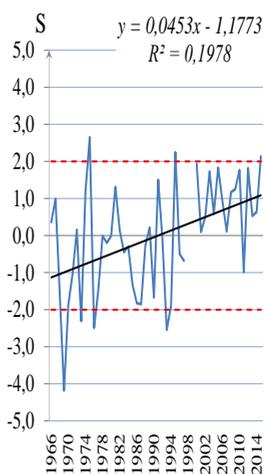
Выявленные закономерности также подтверждают изменения индекса засушливости (или увлажнения) Д. А. Педя (S). Значения S больше 2,0 указывают на засушливость; S меньше -2,0 на увлажненные условия [2].



Белорецк



Тукан



БГЗ

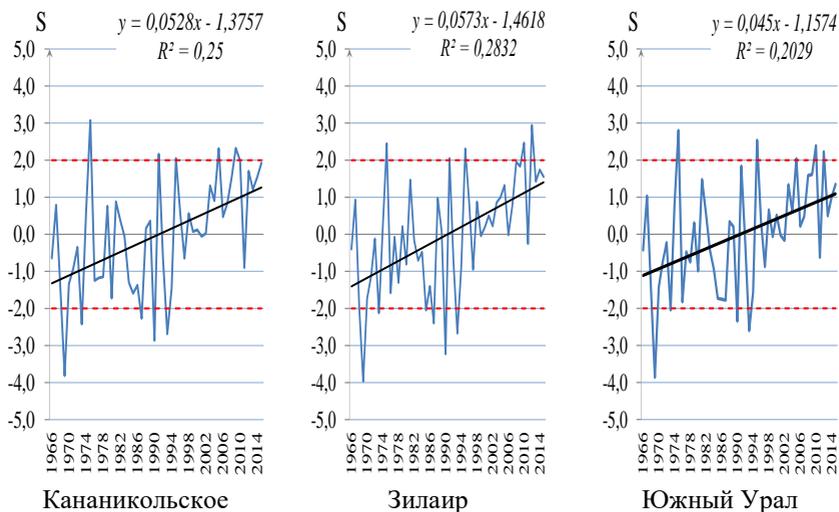


Рис. 1. Межгодовые изменения индекса засухливости Д. А. Педя на метеостанциях Южного Урала

На рисунке 1 показано, что условия тепло- и влагообеспеченности, согласно индексу засухливости, имеют значимую тенденцию к увеличению, т.е. происходит смещение условий в сторону нарастания общей засухливости, особенно в теплый период. По всем метеостанциям тренды индекса Педя статистически значимы.

Выявленные тренды климатических величин температурно-влажностного режима являются одним из последствий глобального потепления. При устойчивом развитии данного процесса территория Южного Урала может быть подвержена весьма неблагоприятным природно-климатическим процессам и явлениям: учащение волн тепла и чрезвычайных пожароопасных периодов, развитие атмосферной и почвенной засух при дальнейшей аридизации, увеличение высоты снежного покрова [5], усиление водной эрозии в весеннее период и т. п. В свою очередь, изменения будут происходить и с фенологическими процессами, которые очень сильно зависят от климатических.

Информационные источники

1. Галимова, Р. Г. Анализ изменений температурно-влажностного режима на территории Республики Башкортостан в современный период / Р. Г. Галимова // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2020. – Т. 30, № 1. – С. 83-93.
2. Галимова, Р. Г. Агроклиматические ресурсы Республики Башкортостан / Р. Г. Галимова, Ю. П. Переведенцев, Г. А. Яманаев // Вестник Во-

ронезского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2019. – № 3. – С. 29-39.

3. Галимова, Р. Г. Современный климатический режим атмосферных осадков на территории Республики Башкортостан / Р. Г. Галимова // Географический вестник. – 2020. – № 2 (53). – С. 111-119.

4. Климатический центр Росгидромета. – URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/ru/publikatsii/2016-03-21-16-23-52>. – Текст : электронный.

5. Galimova, R. G. Variability of the snow cover and its characteristics on the territory of the Republic of Bashkortostan / R. G. Galimova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – С. 012027.

6. Galimova, R. The analysis of the long-term dynamic of the amount of atmospheric precipitation on the territory of the Republic of Bashkortostan / R. Galimova, K. Silantyev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – С. 012020.

7. Intergovernmental Panel on Climate Change. – URL: <https://www.ipcc.ch>. – Текст : электронный.

Крымская Ольга Владимировна,

кандидат географических наук, доцент, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия; krymskaya@bsu.edu.ru

Крымский Илья Александрович,

аспирант, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия; krymskiyila@yandex.ru

**ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ
БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 30 ЛЕТ**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: климатические изменения; климат; изменения климата; термический режим; аномалии температуры.

АННОТАЦИЯ. За период с 1961 по 2020 гг. на территории Белгородской области отмечен рост среднемесячных температур воздуха всех месяцев года. Максимальные значения положительных аномалий температуры наблюдались с января по март. Среднегодовая температура увеличилась на 1,2°C. За период с 1991 по 2020 гг. выявлены положительные статистически значимые тренды в изменении среднемесячных температур в августе, сентябре, декабре. Выявленные тенденции свидетельствуют об усилении засушливости климата в регионе.

Olga V. Krymskaya,

Candidate of Geography, Associate Professor, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Илья А. Krymsky,

Postgraduate Student, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**CHANGES IN THE THERMAL REGIME
IN THE BELGOROD REGION OVER THE LAST 30 YEARS**

KEYWORDS: climate change; climate; climate change; thermal regime; temperature anomalies.

ABSTRACT. For the period from 1961 to 2020, an increase in the average monthly air temperatures of all months of the year was noted in the Belgorod region. Maximum values of positive temperature anomalies were observed from January to March. The average annual temperature increased by 1,2°C. For the period from 1991 to 2020, positive statistically significant trends in the change in average monthly temperatures in August, September, December were revealed. Identified trends indicate increased aridity in the region.

В настоящее время реальность происходящих изменений в климатической системе не подвергается сомнению. Она подтверждается многочисленными данными инструментальных наблюдений. Во втором оценочном докладе Росгидромета об изменениях климата сказано, что в

нашей стране среднегодовая скорость потепления превышает скорость глобального потепления почти в два раза. При этом максимальные проявления потепления отмечаются на Европейской территории России [1].

О происходящих климатических изменениях мы судим на основании сравнения осредненных за последние годы метеорологических данных с климатической нормой. В настоящее время в качестве такого базового периода используют период 1961-1990 гг. Регламент Всемирной метеорологической организации определил необходимый для получения норм период в 30 лет. В свете наблюдаемых климатических изменений актуальными являются исследования, направленные на изучение происходящих изменений в термическом режиме регионов, определении новых климатических норм, поскольку с 1991 года уже прошел новый тридцатилетний период.

Климат Белгородской области, расположенной на юго-западных склонах Среднерусской возвышенности, умеренно континентальный с теплым летом и умеренно холодной зимой. Примерно две трети годового количества осадков выпадают в теплое полугодие, но их количества недостаточно для компенсации испарения, поэтому условия для растениеводства в регионе характеризуются проявлениями засухливости, в отдельные годы отмечаются атмосферная и почвенная засухи [2].

Для оценки происшедших за последние десятилетия изменений термического режима использовались фондовые данные Белгородского центра по гидрометеорологии, систематизация которых проводилась с помощью стандартного пакета MS-Excel [5]. Созданные банки данных послужили основой для анализа изменений термического режима в регионе. В таблице 1 приведены данные среднемесячных значений температуры воздуха за разные периоды осреднения ст. Б.-Фенино, являющейся реперной климатической станцией на территории Белгородской области. Отдельной строкой приведены данные за 2020 год, который оказался самым теплым за весь период наблюдений.

Таблица 1

Среднемесячные значения температуры воздуха по данным Б.-Фенино

Периоды осреднения	Месяцы года												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1961-1990 гг.	-8,7	-7,9	-2,4	7,1	14,3	17,6	18,8	18,0	12,5	5,9	-0,4	-5,1	5,8
1991-2020 гг.	-6,1	-5,6	-0,6	8,1	14,6	18,3	20,2	19,2	13,3	6,9	0,0	-4,5	7,0
2020 г.	-1,0	-1,0	4,7	6,9	12,0	20,9	20,5	18,9	15,6	10,8	1,3	-4,9	8,7

В 2020 году положительные аномалии среднемесячной температуры воздуха с января по март составили около 7°C, в то же время май ока-

зался холоднее нормы более чем на два градуса. Это явление раннего наступления весны и затяжного ее характера из-за регулярно наблюдающихся возвратов холодов в начале вегетационного периода способствует формированию опасных агрометеорологических условий [3; 4].

В наибольшей степени изменения температуры воздуха проявились в холодном полугодии и, особенно – с января по март, что отразило известный факт «потепления по зимнему типу», которое фиксировалось со середины 70-х годов прошлого века. В начале XXI века рост среднемесячных температур этих месяцев замедлился, но наметилась тенденция увеличения температур в теплое время года, особенно явно проявившаяся в августе и сентябре.

Сравнение двух тридцатилетних периодов (1961-1990 гг. и 1991-2020 гг.) подтверждает, что глобальное потепление проявилось на территории Белгородской области – среднегодовая температура увеличилась на 1,2⁰С, рост температуры был отмечен во всех месяцах и составлял от 0,3 до 2,6⁰С.

Анализ линейных трендов температуры можно использовать для оценки направления и интенсивности ее изменения за определённый временной промежуток. В работе были исследованы тренды за период 1961-2020 гг.

Показателем величины и знака тенденции является угол наклона линейного тренда, описывающий интенсивность и направление изменения температуры воздуха. За исследуемый период выявлены положительные линейные тренды в изменении среднемесячных значений температуры воздуха в следующих месяцах: с января по апрель, с июля по октябрь и в целом за год. Анализ характеристик линейных трендов построенных для среднемесячных значений температуры указанных месяцев и среднегодовой температуры показал, что тенденция к повышению температуры значима на уровне 0,05. В таблице 2 представлены полученные результаты.

Таблица 2

Статистические характеристики линейных трендов
за период 1961-2020 гг.

Месяцы	Величина тренда, °С/10 лет	Параметр R ²
Январь	0,72	0,1077
Февраль	0,69	0,1009
Март	0,66	0,1251
Апрель	0,33	0,0677
Июль	0,33	0,1043
Август	0,36	0,1307
Сентябрь	0,27	0,0755
Октябрь	0,3	0,0848
Год	0,38	0,341

Если разбить период 1961-2020 гг. на два (1961-1990 гг. и 1991-2020 гг.), то в первом периоде был выявлен один статистически значимый (на уровне 95%) отрицательный линейный тренд в изменении среднемесячных значений температуры воздуха в июле, а во втором, напротив – полученные статистические характеристики свидетельствуют о повышении среднемесячных температур воздуха в августе, сентябре, декабре и в целом за год (рис. 1).

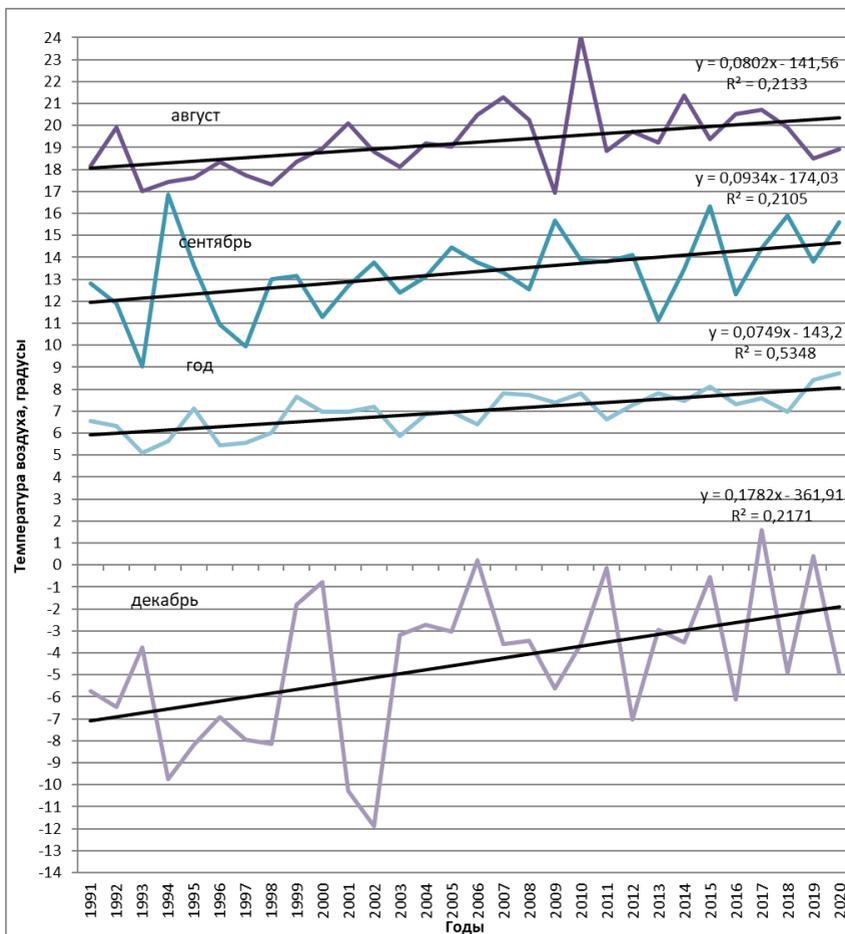


Рис. 1. Многолетний ход среднемесячной температуры воздуха за период 1991-2020 гг. по данным ст. Б.-Фенино

Таким образом, следует отметить, что за последние 30 лет произошли существенные изменения в температурном режиме Белгородской

области, что проявилось в росте температур не только месяцев холодного времени года, но и теплою полугодия. Потепление зимних месяцев влечёт за собой ухудшение условий перезимовки растений, частые оттепели приводят к истощению озимых. Рост температур в летние месяцы также неблагоприятен для растениеводства, так как осадки в период активной вегетации выпадают в виде ливней, после которых часто устанавливаются продолжительные периоды без дождей, с сухой и жаркой погодой. Анализ повторяемости непрерывных периодов без осадков, проведённый ранее [2; 4] показал, что в начале XXI века в Белгородской области зафиксирован рост таких периодов, продолжительностью больше двух недель, что вкупе с ростом теплообеспеченности вегетационного периода способствует усилению засушливости. Указанные тенденции нельзя считать благоприятными для сельского хозяйства региона.

Информационные источники

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М. : Росгидромет, 2014. – 1018 с.
2. Крымская, О. В. Изменения в режиме осадков на территории Белгородской области в начале XXI века / О. В. Крымская, А. А. Крымская // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы : материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2019. – С. 206-208.
3. Лебедева, М. Г. Изменение условий атмосферной циркуляции и региональные климатические характеристики на рубеже XX-XXI вв. (на примере Белгородской области) / М. Г. Лебедева, О. В. Крымская, Ю. Г. Чендев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 18 (40). – С. 157-163.
4. Почвы и растительность юга Среднерусской возвышенности в условиях меняющегося климата : монография / Ю. Г. Чендев, М. Г. Лебедева, С. М. Матвеев [и др.]. – Белгород : КОНСТАНТА, 2016. – 326 с.
5. Фондовые материалы Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за период 1961-2020 гг.

Крючков Андрей Дмитриевич,

старший преподаватель, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия; Candy55man@ya.ru

ВЛИЯНИЕ МИКРОФОРМ РЕЛЬЕФА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СНЕЖНОГО ПОКРОВА

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: снежный покров; балка; экспозиция склона; плотность снега; запас воды; рельеф.

АННОТАЦИЯ. Представлены результаты натурных наблюдений за характеристиками снега, которые проводились в окрестностях г. Перми в 2018–2021 гг. на участках в поле и балках. Проведен сравнительный анализ высоты, плотности и запаса воды в снежном покрове, рассчитаны коэффициенты снегонакопления как в целом для балок, так и для склонов в отдельности. Показано, что погодные условия в разные годы отличаются существенными контрастами. Высота снега на открытых участках близка к значениям ближайшей метеорологической станции в каждом сезоне. Высота снежного покрова в балках в среднем больше высоты снега в поле на 6 см, однако изменяется в достаточно широких пределах, в том числе в зависимости от экспозиции склона. Коэффициент снегонакопления для плотности снега изменяется от 0,93 до 1,00, а для влагозапаса – от 0,86 до 1,16.

Andrey D. Kryuchkov,

Senior Lecturer, Perm State National Research University, Perm, Russia

INFLUENCE OF RELIEF MICROFORMS ON THE DISTRIBUTION OF SNOW COVER CHARACTERISTICS

KEYWORDS: snow cover; beam; slope exposure; snow density; water supply; relief.

ABSTRACT. The article presents the results of field observations of snow characteristics that were carried out near Perm in 2018–2021 at sites in the field and gullies. A comparative analysis of the snow depth, density and water equivalent (SWE) is carried out, and the snow accumulation coefficients are calculated both for the gullies as a whole and for the slopes separately. It is shown that the weather conditions in the studied periods differ by significant contrasts. The snow depth in open areas is close to the values of the nearest weather station from season to season. As a result of the comparison, it was revealed that the snow depth in the gullies is on average 6 cm higher than the snow depth in the field, but it varies quite widely, including depending on the slope exposure. The snow accumulation coefficient for the snow density varies from 0,93 to 1,00, and for the SWE—from 0,86 to 1,16.

В настоящей статье рассмотрено влияние микроформ рельефа на распределение снежного покрова в окрестностях г. Перми. Особенность данной работы состоит в том, что территория Пермского края имеет сложный рельеф с густой речной сетью и находится по большей части в водосборе р. Кама [7]. Распределение снега в таких условиях зависит от постоянно действующих факторов – разных по масштабу форм рельефа,

ветрового режима, растительности [13]. Работы по изучению влияния подобных параметров на снежный покров периодически проводятся в разных регионах России [1; 3; 5; 9; 10; 15]. Такие исследования помогают внести существенный вклад в изучение роли снежного покрова в природных и антропогенных ландшафтах, в том числе при определении характеристик весеннего стока. Для улучшения анализа и прогноза характеристик снега, особенно на уровне микромасштаба, привлекаются различные инструменты [2; 11; 12; 14], однако все они требуют сравнения с данными натурных наблюдений.

Материалы и методы исследования. В рамках поставленной задачи маршрутные снегосъемки проводятся ежегодно с 2018 г. один раз в неделю, начиная с января и заканчивая периодом интенсивного снеготаяния. Дополнительно проводились наблюдения в ноябре и декабре 2018 г. Для проведения снегомерных съемок был выбран маршрут, отвечающий требованиям Наставления гидрометеорологическим станциям и постам [8]. Начало маршрута лежит на расстоянии 2 км от метеорологической станции Пермь, что позволяет использовать сведения о таких параметрах погоды, как характеристики ветра и осадков, и др. без дополнительных измерений.

На протяжении маршрута были заложены опорные профили, закрепленные на местности. Протяженность профилей составляет 1,0-2,0 км. Профили проходят как по открытым полевым (распаханным или покрытым стерней) и залесенным участкам (представленными смешанным елово-пихтовым и осиновым лесом), так и с пересечением нескольких балок, схожих направленностью с юго-востока на северо-запад, но отличающихся крутизной и длиной склонов, а также наличием или отсутствием растительности.

Расстояние между точками наблюдений, в которых определяется высота снежного покрова, принято в зависимости от участка маршрута: 5 м для балок и леса; 10 м для поля. Плотность снежного покрова измеряется через каждые 25, 50 и 100 м в зависимости от участка.

В текущем исследовании проведено сравнение характеристик снежного покрова в поле и балках и дан анализ параметрам кривых распределений основных параметров снега (высота, плотность и влагозапас) за периоды наблюдений с 2018 по 2021 гг. Для каждого периода рассчитаны коэффициенты снегонакопления, которые определялись как отношение снегозапасов на разных склонах балок, а также в балках в целом к снегозапасам на полевых участках.

Измерения характеристик снежного покрова, для выявления особенностей их распределения под влиянием отдельных форм микрорельефа, проводились в двух балках. Первая балка имеет асимметричный профиль в разрезе с вытянутым пологим склоном, обращенным на северо-северо-восток, противоположный склон более крутой и узкий. Оба склона имеют

редкую, неравномерно распределенную растительность в виде травостоя, кустарников и отдельно стоящих деревьев. Вторая балка имеет почти симметричный профиль, оба склона покрыты смешанным лесом с преобладанием елово-пихтовой растительности. Один из наблюдательных профилей проложен по просеке, пересекающей балку перпендикулярно.

Обзор погодных условий. Зима 2017-2018 гг. в Пермском крае в целом была умеренно теплой и самой малоснежной в последнее десятилетие. Снежный покров установился полностью 3 декабря, что на 15-25 дней позже климатической нормы (далее просто нормы). Максимальная высота снега в Перми зафиксирована в третьей декаде марта, едва достигнув среднемноголетних значений. Такая ситуация связана с тем, что на всей территории отмечался дефицит осадков, например, в Перми выпало всего 103 мм, что составляет 85% от нормы [4; 6].

Следующая зима в Пермском крае прошла с близкими к норме значениями температуры воздуха. Наблюдалось неравномерное выпадение осадков: если в декабре 2018 г. количество выпавших осадков почти во всем крае было меньше нормы в 2-3 раза, то в январе 2019 данная характеристика была близка к норме, а на севере края выше нормы. Самым снежным как по всему краю, так и в Перми был февраль. За месяц в Перми количество осадков составило 66 мм, что в 2 раза больше нормы.

В марте 2019 г. зафиксировано превышение среднемноголетних значений количества осадков в 1,8 раза. Указанные аномалии привели к тому, что во вторую и третью декады февраля, а также первую декаду марта наблюдались превышения высоты снежного покрова над среднемноголетними значениями. В то же время максимальной величины высота снега достигла в первой декаде марта, что соответствует основному тренду последних 30 лет.

Зима 2019-2020 гг. в Пермском крае оказалась самой теплой за всю историю метеорологических наблюдений. Средняя температура воздуха за сезон превысила ранее зафиксированные рекордные значения более чем на 1,5°C. Так, в Перми средняя температура зимнего сезона 2019-2020 гг. составила -6,1°C, в то время как считавшаяся до этого самой теплой зима 1982-1983 гг. имела среднюю температуру -8,0°C.

Исследуемый период отличается переизбытком осадков, например, в Перми за зиму выпало 183 мм, или 155% от нормы. Превышение среднемноголетних значений наблюдалось ежемесячно, при этом наибольшее количество осадков зафиксировано в январе – 82 мм.

Март 2020 г., как и предыдущие месяцы, отмечен аномально высокими значениями количества осадков. Так, в Перми выпало 166% от нормы. С высокими показателями данной характеристики связан тот факт, что высота снежного покрова превышала среднемноголетние значения, начиная с последней декады января и заканчивая первой в марте. Стоит отме-

тить, что наибольшая среднедекадная высота снега в сезоне 2019-2020 гг. зафиксирована достаточно рано, в первую декаду февраля, при этом абсолютный максимум отмечен в начале марта.

Средняя температура зимы 2020-2021 гг. была ниже многолетних значений на всей территории Пермского края. Отклонение составило на юге края около $-1,5^{\circ}\text{C}$, на северо-востоке более $-3,5^{\circ}\text{C}$. Количество осадков на территории Пермского края в основном было близким к климатической норме. Сумма осадков за зиму составила от 80 мм в Осе до 197 мм в Чердыни, в Перми – 137 мм. К концу зимы высота снежного покрова составляла от 32 см в Осе до 90 см в Ныробе, а в Перми – 56 см, что в основном меньше среднемноголетних значений, за исключением северо-западных районов края. Однако интенсивный прирост высоты снежного покрова возобновился в первые дни марта.

Наибольшая повторяемость ветров по данным метеостанции Пермь во все зимы наблюдалась в южном и ближних к нему направлениях, что соотносится с проведенными ранее исследованиями [16].

Результаты и их обсуждение. Для оценки качества проводимых измерений были сопоставлены значения высоты снежного покрова, полученные в ходе наблюдений на полевом участке, с данными метеорологической станции Пермь в тот же день. Сравнение показало, что указанные значения, за исключением отдельных дней в разные годы, почти равны друг другу. Средняя величина расхождений (рисунок) изменяется от 1 до 3 см. Сходство можно объяснить близким расположением полевого участка к метеорологической станции, а также условиями снегонакопления: в обоих случаях имеется открытое, свободно продуваемое пространство без существенных препятствий.

Отличия связаны в первую очередь с неравномерным перераспределением снега в результате метелевого переноса, а также с тем, что измерения на станции проводятся на ограниченной территории метеорологической площадки. Кроме того, можно отметить разницу, измеряемую в нескольких часах, во времени наблюдений.

На рисунке 1 также видно, что во все четыре периода наблюдений накопление снежного покрова происходило по-разному, что напрямую связано с погодными условиями. Минимальные значения высоты снежного покрова отмечены в 2018 г., максимальные – в 2020 г. Стоит отметить, что в 2020 г. измерения были прекращены в марте по независящим от наблюдателей причинам, а в 2021 г. был значительный перерыв в наблюдениях из-за аномальных холодов в феврале. В марте 2021 г. измерения были продолжены, но в работе учтена лишь первая половина месяца.

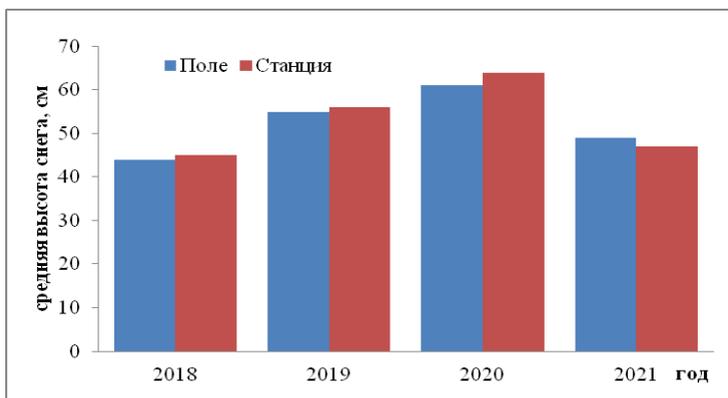


Рис. 1. Средняя высота снежного покрова по данным натурных наблюдений и метеорологической станции Пермь за 2018-2021 гг.

Исследование характеристик снежного покрова, измеренных на полевом участке и в балках, показало, что в пониженных формах рельефа снегонакопление происходит активнее, чем в поле, что соответствует ранее полученных выводам [1; 3; 13]. Рассчитанные средние значения и коэффициенты снегонакопления представлены в таблице. С другой стороны, распределение характеристик происходит неравномерно, в зависимости от периода наблюдений. Так, коэффициент снегонакопления, связанный с высотой снежного покрова, изменяется от 1,08 до 1,31 для первой балки и от 1,02 до 1,17 для второй. Меньшие значения во втором случае связаны, как можно предположить, с перехватом части выпадающих осадков кронами деревьев и последующим испарением снега, а также с задержкой части снега на границе поля и леса. О существовании последнего фактора говорит увеличение высоты снежного покрова при приближении ко второй балке. В отдельные дни разница может достигать более 10 см.

Если обратить внимание на распределение высоты снежного покрова по склонам, то видно, что на более пологом и вытянутом склоне первой балки в 2018 г. складывались более благоприятные условия для снегонакопления, чем на противоположном. Объясняется это тем, что первый склон является подветренным из-за преобладающего направления ветров, сюда переносится снег с открытого полевого участка. Кроме того, почти северная экспозиция данного склона приводит к более позднему таянию снега весной. В то же время наблюдается отсутствие заметных различий в 2019 г., это можно объяснить тем, что складывались условия для накопления снега на крутом склоне, когда перед наблюдениями в середине февраля наблюдались порывы северо-западного и северного ветров. Выдувание снега на склон южной экспозиции вызвало превышение высоты снега на крутом склоне в среднем на 5 см над той же

характеристикой на пологом склоне в течение трех измерений подряд. Таяние снега, которое началось в середине марта, компенсировало разницу, что привело в итоге к равным средним значениям. В 2020 г. наблюдения были прекращены на момент максимального снегонакопления, из-за чего не было учтено влияние экспозиции склонов на таяние снега. В 2021 г. из-за пропуска наблюдений в феврале, а также продолжающегося в марте снегонакопления заметно некоторое превышение высоты снежного покрова на склоне южной экспозиции.

Таблица 1

Средние значения характеристик снежного покрова и коэффициентов снегонакопления по материалам наблюдений за 2018-2021 гг.

Участок		Год			
		2018	2019	2020	2021
Высота снежного покрова, см / коэффициент снегонакопления					
Поле		44	55	61	49
Балка 1	Склон 1	57 / 1,37	61 / 1,11	70 / 1,16	53 / 1,08
	Склон 2	53 / 1,22	61 / 1,11	70 / 1,15	53 / 1,09
	среднее	55 / 1,31	61 / 1,11	70 / 1,16	53 / 1,08
Балка 2	Склон 1	52 / 1,20	63 / 1,14	62 / 1,02	51 / 1,05
	Склон 2	50 / 1,14	57 / 1,03	62 / 1,02	52 / 1,06
	среднее	51 / 1,17	60 / 1,09	62 / 1,02	51 / 1,05
Плотность снега, г/см ³ / коэффициент снегонакопления					
Поле		0,19	0,24	0,22	0,17
Балка 1	Склон 1	0,19 / 0,99	0,23 / 0,95	0,21 / 0,95	0,16 / 0,96
	Склон 2	0,16 / 0,86	0,23 / 0,94	0,21 / 0,95	0,15 / 0,91
	среднее	0,18 / 0,95	0,23 / 0,95	0,21 / 0,95	0,16 / 0,94
Балка 2	Склон 1	0,19 / 1,00	0,22 / 0,91	0,21 / 0,99	0,16 / 0,96
	Склон 2	0,19 / 1,00	0,23 / 0,99	0,21 / 0,96	0,17 / 1,00
	среднее	0,19 / 1,00	0,22 / 0,93	0,21 / 0,99	0,16 / 0,97
Водозапас в снеге, мм / коэффициент снегонакопления					
Поле		86	131	136	84
Балка 1	Склон 1	108 / 1,26	139 / 1,06	149 / 1,10	86 / 1,04
	Склон 2	88 / 1,04	138 / 1,04	150 / 1,10	84 / 0,99
	среднее	99 / 1,16	141 / 1,07	148 / 1,09	85 / 1,01
Балка 2	Склон 1	104 / 1,21	139 / 1,05	114 / 0,87	83 / 0,99
	Склон 2	94 / 1,13	127 / 0,93	112 / 0,84	89 / 1,06
	среднее	98 / 1,16	131 / 0,99	114 / 0,86	84 / 1,00

Примечание. Некоторые расхождения в значениях характеристик и коэффициентах снегонакопления связаны с округлением.

Склоны второй балки из-за растительности меньше подвержены влиянию ветра на распределение характеристик снежного покрова. В то же время, если обратить внимание на значения в первые два периода

наблюдений, проявляется влияние экспозиции склона, что особенно скажется во время активного снеготаяния. На склоне южной экспозиции снежный покров сходил быстрее, чем на противоположном, а в 2019 г. несмотря на сдерживающий при таянии фактор хвойной растительности снег таял быстрее, чем на полевом участке – за две недели снежный покров уменьшился на 18 и 16 см соответственно.

Значения плотности снега имеют обратный тренд распределения по сравнению с высотой. В первую очередь различия заметны в первой балке, где значения плотности меньше, чем на полевом участке. Коэффициент снегонакопления для плотности равен 0,94-0,96 в зависимости от периода наблюдений. Это связано с тем, что на открытой местности снег, не увлекаемый метелевым переносом, под воздействием ветра уплотняется сильнее, чем на пониженных участках. В отдельные дни, преимущественно при наличии оттепелей, плотность снега в открытой балке начинает превышать плотность в поле, однако это достаточно быстро компенсируется последующими снегопадами и ветровым переносом.

Более высокие значения плотности на пологом склоне по сравнению с противоположным связаны с тем, что на данном склоне накапливается больше снега под воздействием ветра. С наветренного склона снег выдувается сильнее, а в момент активного таяния быстрее сходит под воздействием солнца.

Во второй балке наличие растительности приводит к тому, что плотность снега в среднем меньше отличается от значений на полевом участке. Снег почти не переносится с поля в балку, перераспределяясь у границы леса, а весной под кронами деревьев менее подвержен воздействию солнечных лучей. Однако с точки зрения экспозиции склона плотность преимущественно выше на втором склоне как раз из-за более активного воздействия солнца в весеннее время. В периоды таяния снега его плотность в исследуемой балке становится выше, чем в поле, достигая в отдельные дни разницы более 0,05 г/см³.

Значения коэффициента снегонакопления для запаса влаги в снежном покрове в первой балке в среднем больше единицы во все периоды наблюдения, изменяясь от 1,01 до 1,16. На пологом склоне данный коэффициент выше, чем на крутом, по указанным ранее причинам. Из-за особенностей погодных условий и снегонакопления в 2021 г. значение на склоне южной экспозиции получилось меньше, чем на полевом участке, однако данный сезон еще не завершен. В балке, покрытой растительностью, в зависимости от периода коэффициент снегонакопления для влагозапаса изменяется от 0,86 до 1,16. Неравномерное распределение наблюдается и при сравнении склонов с разной экспозицией.

Выводы:

1. Погодные условия в периоды наблюдений с 2018 по 2021 гг. отличаются особой контрастностью почти по всем показателям: температуре воздуха с рекордными значениями положительных аномалий зимой 2019-2020 гг. и отрицательных в 2020-2021 гг.: количеству осадков и их неравномерному выпадению в разные сезоны; высоте снежного покрова. Зима 2017-2018 гг. стала самой малоснежной с 2010 г.

2. Измерения на открытом полевом участке и на метеорологической станции в разные годы показали схожие значения, разница составила от 1 до 3 см.

3. Высота снежного покрова в балках в среднем на 6 см больше, чем в поле. Коэффициент снегонакопления для данной характеристики изменяется в пределах от 1,02 до 1,17 в балке, покрытой преимущественно хвойным лесом. В балке с асимметричным профилем – от 1,08 до 1,31. Если рассматривать средние значения, то существенная зависимость от экспозиции склона прослеживается только в 2018 г., когда разница достигла 4 см, в остальные годы особых различий не наблюдается. Отчасти это связано с тем, что сезоны 2020 и 2021 гг. по разным причинам не учитываются периоды снеготаяния, когда экспозиция склона играет существенную роль. В 2019 г. период снеготаяния включен в расчеты, однако разница, формирующаяся во время схода снега, компенсируется условиями снегонакопления в феврале.

4. Плотность снега в балках меньше, чем на открытых участках, в среднем на $0,01 \text{ г/см}^3$, при этом соответствующий коэффициент изменяется от 0,93 до 1,00. Стоит отметить, что в открытой балке изменение плотности по отношению к аналогичной характеристике в поле от сезона к сезону выражено меньше, чем при подобном сравнении полевого участка и балки с растительностью.

5. Балке, покрытой хвойным лесом, характерно и более контрастное распределение запаса воды в снеге: коэффициент изменяется от 0,86 до 1,16. Для асимметричной балки коэффициент находится в пределах от 1,01 до 1,16, что свидетельствует о постоянном превышении водозапаса в данной балке над этой характеристикой в поле.

6. На распределение запаса воды в снеге активно влияет положение склона по отношению к солнцу. Среднее значение разницы коэффициентов снегонакопления между склонами южной и северной экспозиции за все годы составляет 0,06, при этом разность изменяется от 0 до 0,22 в первой балке и от 0,07 до 0,12 во второй.

Информационные источники

1. Белолобцев, А. И. Микроклиматические различия характеристик снежного покрова в условиях сложного рельефа / А. И. Белолобцев, Н. Джандаги, С. Н. Удовиченко // Известия ТСХА. – 2011. – № 4. – С. 13-23

2. Дворников, Ю. А. Моделирование распределения водного эквивалента снежного покрова в тундре с использованием ГИС и данных полевой снегомерной съемки / Ю. А. Дворников, А. В. Хомутов, Д. Р. Муллануров, К. А. Ермохина // Лед и Снег. – 2015. – № 2 (130). – С. 69-80. – DOI: 10.15356/2076-6734-2015-2-69-80.
3. Евсева, Н. С. Изучение залегания снежного покрова в подтайге Западно-Сибирской равнины на уровне микромасштаба / Н. С. Евсева, А. И. Петров, Г. Е. Пашнева // География и природные ресурсы. – 1996. – № 3. – С. 70-73.
4. Климатические особенности зимы 2020-2021 гг. в Пермском крае. Опасные природные явления Пермского края. – URL: <http://accident.perm.ru/index.php/novosti/1532-klimaticheskie-osobennosti-zimy-2020-2021-gg-v-permskom-krae> (дата обращения: 14.03.2021). – Текст : электронный.
5. Лубенец, Л.Ф. Сравнительный анализ характеристик снежного покрова в разнотипных низкогорных ландшафтах Русского Алтая (бассейн р. Майма) / Л. Ф. Лубенец, Д. В. Черных, О. П. Николаева // Ландшафтная география в XXI веке : материалы Международной научной конференции / под редакцией Е. А. Позаченюк. – 2018. – С. 491-494.
6. Метеорологические ежемесячники. 2017-2021 гг. – Ч. 2, вып. 9, № 1-4, 12.
7. Назаров, Н. Н. Овражная эрозия в Прикамье : учебное пособие по спецкурсу / Н. Н. Назаров. – Пермь : Изд-во Пермского ун-та, 1992. – 104 с.
8. Наставление по гидрометеорологическим станциям и постам, выпуск 3, часть 1 // Наблюдения за снежным покровом. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – С. 98-113.
9. Петров, А. И. Динамика характеристик снежного покрова в ландшафтах бассейна реки Басандайка / А. И. Петров, Н. С. Евсева, М. А. Каширо, А. С. Батманова, А. В. Хон, О. В. Безгодова, А. А. Абдуллин, Е. А. Кириченко // Геоморфология и физическая география Сибири в XXI веке : материалы Всероссийской научно–практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы Российской Федерации, почетного члена Русского географического общества, профессора, доктора географических наук Земцова Алексея Анисимовича. – Томск: Томский государственный университет, 2020. – С. 126-130.
10. Петров, А. И. Динамика характеристик снежного покрова в ландшафтах Томь-Яйского междуречья / А. И. Петров, Н. С. Евсева, М. А. Каширо // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – № 371. – С. 183-188.
11. Попова, В. В. Региональные особенности современных изменений зимней аккумуляции снега на севере Евразии по данным наблюдений, реанализа и спутниковых измерений / В. В. Попова, П. А. Морозова,

- Т. Б. Титкова, В. А. Семенов, Е. А. Черенкова, А. В. Ширяева, Л. М. Китаев // Лед и Снег. – 2015. – Т. 55, № 4. – С. 73-86.
12. Пьянков, С. В. Математико-картографическое моделирование процессов снеготаяния / С. В. Пьянков, Ю. Н. Шавнина, А. Н. Шихов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – С. 342.
13. Снег. Справочник / под ред. Д. М. Грея, Д. Х. Мэйла ; пер. с англ. под ред. В. М. Котлякова. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 751 с.
14. Хан, В. М. Сравнение сезонной и межгодовой изменчивости снежного покрова в бассейнах рек России по данным наблюдений и реанализов / В. М. Хан, К. Г. Рубинштейн, А. Б. Шмакин // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2007. – Т. 43, № 1. – С. 69-80.
15. Черных, Д. В. Пространственно-временная дифференциация снежного покрова в бассейне р. Касмалы (Алтайский край) / Д. В. Черных, Д. В. Золотов, Д. К. Першин, Р. Ю. Бирюков // Водные ресурсы. – 2019. – Т. 46, № 4. – С. 359-369.
16. Шкляев, А. С. Климат Пермской области / А. С. Шкляев, В. А. Балков. – Пермь, 1963. – 192 с.

Лонкина Екатерина Сергеевна,

старший научный сотрудник, Государственный заповедник «Бастак»;
lonkina83@mail.ru

Рубцова Тамара Александровна,

кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе, Государственный заповедник «Бастак»; заведующая лабораторией, Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН;
ecolicarp@mail.ru

Лямзина Любовь Васильевна,

младший научный сотрудник, Государственный заповедник «Бастак»;
l.u.b.a.9.9@list.ru

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЗАПОВЕДНИКЕ «БАСТАК» В ПЕРИОД 2001-2019 ГГ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: среднегодовая температура; количество осадков; климатические изменения; климат; изменения климата; высота снежного покрова; заповедники.

АННОТАЦИЯ. В статье представлены результаты анализа изменений климатических показателей на территории государственного природного заповедника «Бастак». Выявлено, что среднегодовая температура на исследуемой территории составляет +1,7°C, что является нормой для районов с умеренным муссонным климатом. Зафиксировано, что среднегодовое количество осадков в данный период выше нормы (600-800 мм) и составляет 931 мм. С 2016 года отмечается уменьшение высоты снежного покрова. В целом, на территории заповедника «Бастак» отмечается тенденция к повышению суровости климата, тем самым ухудшая условия для произрастания и обитания различных видов флоры и фауны.

Ekaterina S. Lonkina,

Senior Researcher, State Nature Reserve “Bastak”

Tamara A. Rubtzova,

Candidate of Biology), Deputy Director for Research, State Nature Reserve “Bastak”; Head of the Laboratory, Institute for Complex Analysis of Regional Problems Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences

Lyubov V. Lyamzina,

Junior Research Fellow, State Nature Reserve “Bastak”

DYNAMICS OF CHANGES IN CLIMATE INDICATORS IN THE NATURE RESERVE “BASTAK” IN THE PERIOD 2001-2019

Keywords: average annual temperature; the amount of precipitation; climate change; climate; climate change; the height of the snow cover; nature reserves.

ABSTRACT. The article presents the results of the analysis of changes in climate indicators on the territory of the state nature Reserve “Bastak”. It was revealed that the average annual temperature in the study area is $+1,7^{\circ}\text{C}$, which is the norm for areas with a moderate monsoon climate. It is recorded that the average annual precipitation in this period is higher than normal (600-800 mm) and is 931 mm. Since 2016, there has been a decrease in the snow depth. In general, on the territory of the reserve “Bastak” there is a tendency to increase the severity of the climate, thereby worsening the conditions for the growth and habitat of various species of flora and fauna.

Изменение климата – проблема глобальная. И миллионы, и тысячи лет назад климат менялся под воздействие явлений планетарного масштаба: тектонических процессов, изменения орбиты и радиационного баланса Земли в целом. Вопросы изменения климата, особенно от воздействия человека на климатическую систему Земли – тема, в последние годы очень активно обсуждаемая в самых широких кругах [5]. Одним из последствий климатических изменений является изменение ареалов обитания или произрастания, а также – увеличения численности или исчезновения одного или нескольких видов флоры или фауны, что является одной из основных проблем, возникающих на особо охраняемых природных территориях (ООПТ).

Заповедник «Бастак» расположен на юге Дальнего Востока России в Еврейской автономной области (ЕАО). ООПТ представлена двумя кластерными участками: севернее г. Биробиджан расположен «Центральный» кластер, в восточной части ЕАО находится кластер «Забеловский». Климат заповедника «Бастак», как и ЕАО в целом умеренный муссонный с чертами континентальности, отличается многими особенностями. На его формирование оказывают влияние географическое положение, режим прихода солнечной радиации, циркуляция (режим движения) воздушных масс, характер подстилающей поверхности [2].

Все природные процессы и явления испытывают на себе влияние сезонной динамики основных метеорологических факторов, среди которых наиболее значимыми для растительного и животного мира являются изменения температуры, влажности воздуха и интенсивность осадков. Температурный фактор является одним из основных характеристик для мигрирующих или впадающих в зимнюю спячку видов животных. На территории заповедника «Бастак произрастают самые ценные растительные сообщества юга Дальнего Востока – кедрово-широколиственные леса. Данные растительные сообщества находятся на северо-восточной границе ареала, в связи с чем они являются очень чувствительными к изменению климатических факторов. К настоящему времени сотрудниками заповедника подготовлен ряд публикаций, указывающих на сокращении площади произрастания кедра корейского – эдификатора кедрово-широколиственных лесов [6; 7]. Заповедник «Бастак» создан относительно

но недавно, информация об основных климатических параметрах в его архивах хранится с 2001 года.

В связи с этим, целью нашего исследования является анализ изменений температуры и влажности воздуха на территории заповедника «Бастак» в период 2001-2019 гг.

Для выполнения поставленной цели необходимо:

1. Проанализировать изменения среднегодовой температуры воздуха за 19-летний период.
2. Проанализировать изменения среднегодового количества осадков за период 2001-2019 гг.
3. Проанализировать даты наступления сезонов года и их продолжительность в исследуемой период.

На территории заповедника до августа 2020 года не было метеопоста, в связи с этим климатические показатели, используемые для анализа, получены по данным сайта https://tr5.ru/Погода_в_Биробиджане и из архивных данных заповедника «Бастак» [3].

Календарные сезоны года не совпадают с естественными фазами развития климатических процессов, не позволяют проследить их начало, продолжительность, окончание. Очевидно, важнейшим параметром, определяющим смену естественных сезонов года, является температура воздуха. Нами проанализировано изменение среднегодовой температуры за период 2001-2019 гг. Данные представлены на рисунке 1.

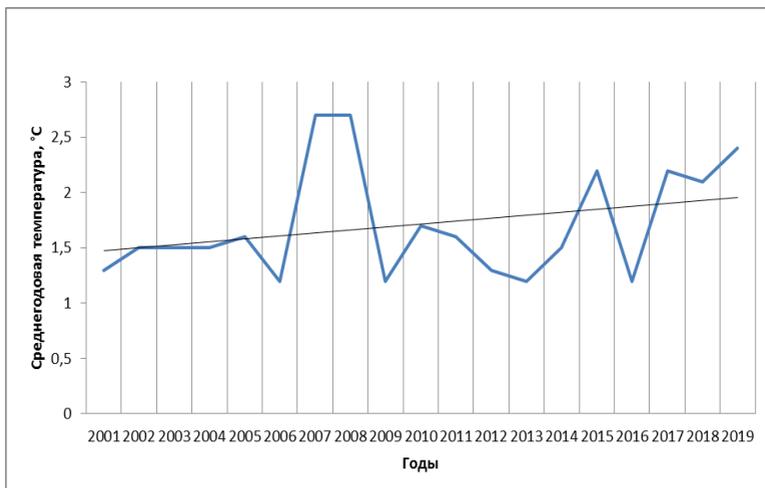


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха в заповеднике «Бастак» (2001-2019 гг.)

Многолетняя среднегодовая температура воздуха составляет +1,7°C, что является нормой для районов умеренного муссонного клима-

та [1]. Наиболее теплые годы зафиксированы в 2007 г. и 2008 г. с среднегодовой температурой $+2,7^{\circ}\text{C}$. Самыми холодными были зимы 2006, 2009, 2013 и 2016 гг. с среднегодовой температурой $+1,2^{\circ}\text{C}$. Январь – самый холодный месяц года, среднемесячная температура которого составляет -21°C . Самая низкая температура января зафиксирована в 2011 и составила -41°C . Наиболее теплым месяцем года является июль, среднемесячная температура которого составила $+21^{\circ}\text{C}$. Максимально высокая температура июля зафиксирована в 2010 году и составила $+37^{\circ}\text{C}$.

Наряду с изменением среднегодовой температуры воздуха, нами проанализировано среднегодовое количество осадков за период 2001-2019 гг. (рис. 2). Согласно литературным данным, по количеству осадков (600-800 мм) ЕАО относится к зоне достаточного увлажнения [География ЕАО]. Нами определено, что среднегодовое количество осадков, выпадающих на территории заповедника, составило 931 мм, что является выше указанной нормы.

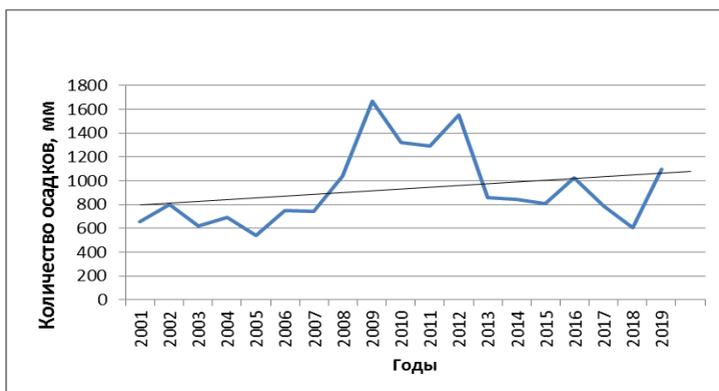


Рис. 2. Количество осадков, выпавших на территории заповедника «Бастак» (2001-2019 гг.)

Как видно из рисунка 2, наибольшее количество осадков выпало в 2009 г. (1670 мм), наименьшее – в 2005 г. (539 мм). Режим увлажнения территории характеризуется резко выраженной сезонностью. Наибольшее количество выпадающих осадков приходится на теплый период, когда выпадало от 36 до 75% всех осадков. Самые обильные осадки выпадают в июле-августе (на эти месяцы приходится от 15 до 63% от общего объема выпавших осадков), минимальное количество осадков характерно для января-февраля (0,2-9% от общего объема осадков). Средней многолетней датой установления устойчивого снежного покрова является 10 ноября. В исследуемый период, наиболее ранней датой установления снежного покрова является 22.10.2002 г., самая поздняя дата – 28.11.2016 г. Высота снежного покрова в среднем за зиму составляет 22 см на открытых

пространствах и 19 см – в лесу. Максимальная высота снежного покрова зафиксирована 12.03.2015 г. (83 см), минимальная – 12.11.2019 г. (7 см). В целом, начиная с 2016 г. прослеживается тенденция к уменьшению высоты снежного покрова как на открытых пространствах, так и в лесу. Число дней с устойчивым снежным покровом составляет в среднем 143 дня, наиболее продолжительный период с устойчивым снежным покровом зафиксирован в 2002-2003 гг. (160 дней), самый короткий период – в 2010-2011 гг. (103 дня).

Все природные процессы и явления испытывают на себе влияние сезонной динамики основных метеорологических факторов. На основании комплекса признаков, таких как появление и прекращение заморозков, образование и разрушение устойчивого снежного покрова, даты перехода средней суточной температуры воздуха через принятые пределы -5 и $+15^{\circ}\text{C}$ [4], на территории заповедника «Бастак», как и на всей территории ЕАО четко выделяются четыре основных климатических сезона. Все сезоны взаимосвязаны, начало каждого зависит от характера предшествующего. Смена сезонов происходит постепенно: меняются радиационный и температурный режимы, характер влияния подстилающей поверхности и т. д. [2]. В таблице представлены даты начала, конца и продолжительность сезонов года в заповеднике «Бастак» в период 2001-2019 гг.

Таблица 1

Начало, конец и продолжительность сезонов в заповеднике «Бастак»

Год	Зима			Весна			Лето			Осень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2001	31.10	22.03	143	23.03	26.04	36	27.04	17.09	144	18.09	18.10	31
2002	19.10	29.03	131	30.03	05.05	37	06.05	02.10	150	03.10	01.11	29
2003	02.11	13.03	132	14.03	14.05	62	15.05	29.09	138	30.09	23.10	24
2004	24.10	04.04	133	05.04	08.05	31	09.05	28.09	143	29.09	07.11	40
2005	08.11	01.04	145	02.04	16.05	45	17.05	30.09	137	01.10	20.10	51
2006	21.10	08.04	148	09.04	02.05	24	03.05	08.10	159	09.10	07.11	30
2007	08.11	02.04	146	03.04	30.04	28	01.05	06.10	159	07.10	02.11	36
2008	03.11	07.03	126	08.03	10.05	64	11.05	21.09	134	22.09	26.10	35
2009	27.10	09.04	165	10.04	26.04	17	27.04	23.09	150	24.09	07.11	45
2010	08.11	02.04	146	03.04	24.04	22	25.04	12.10	171	13.10	11.11	30
2011	12.11	27.03	136	28.03	14.05	48	15.05	26.09	135	27.09	13.11	48
2012	14.11	07.04	146	08.04	08.05	31	09.05	05.10	150	06.10	20.11	36
2013	21.11	14.04	145	15.04	24.05	40	25.05	07.10	136	08.10	30.10	23
2014	31.10	21.03	142	22.03	05.05	45	06.05	28.09	146	29.09	15.11	48
2015	16.11	11.04	147	12.04	19.05	38	20.05	08.10	142	09.10	18.10	9
2016	19.10	10.04	145	11.04	16.05	36	17.05	26.09	133	27.09	29.10	33
2017	30.10	12.04	165	13.04	01.06	50	02.06	25.09	116	26.09	13.11	49
2018	14.11	08.04	146	09.04	25.05	47	26.05	14.10	142	15.10	12.11	59
2019	13.11	02.04	141	03.04	10.05	38	11.05	02.10	145	03.10	01.11	50

Примечание: 1 – начало периода (число, месяц); 2 – конец периода; 3 – продолжительность периода (число дней).

Исходя из таблицы наглядно видно, что наиболее продолжительными сезонами года являются зима и лето, на долю которых приходится

по 143 дня. Весна в заповеднике «Бастак» длится 39 дней, осень – 37 дней. Самая короткая зима (126 дней) отмечена в 2008 г., лето (171 день) – в 2017 г. Самые ранние даты наступления зимы зафиксированы 19.10.2002 г. и 19.10.2016 г., весны – 8.03.2008 г., лета – 25.04.2010 г., осени – 18.09.2001 г. Наиболее поздние даты наступления сезонов: зима – 16.11.2015 г., весна – 15.04.2013 г., лето – 26.05.2018 г., осень – 15.10.2018 г.

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Среднегодовая температура воздуха составляет $+1,7^{\circ}\text{C}$, что является климатической нормой. Наиболее холодный месяц года – январь со средней температурой -21°C , самый теплый месяц – июль ($+13^{\circ}\text{C}$). Резких изменений в температуре воздуха в исследуемый период не зафиксирован, в самые теплые года температура составляет $+2,7^{\circ}\text{C}$, в самые холодные годы – $+1,2^{\circ}\text{C}$.

2. Продолжительность сезонов года ежегодно меняется. Нами определено, что в 2008 г. отмечается самая короткая зима, самой длинной была зима в 2009 г. Самая продолжительная весна зафиксирована в 2018 г., самая короткая весна – в 2009 г. Самое продолжительное лето зарегистрировано в 2010 г., а самое короткое – в 2017 г. Самая длинная осень отмечена в 2018 г., а самая короткая – в 2015 г.

3. В отличие от температуры воздуха, количество осадков меняется значительно. Среднегодовое количество осадков составляет 931 мм, что выше немного выше климатической нормы. Основное количество осадков (до 75%) выпадает в теплое время года. При анализе помесечно-го количества осадков выявлено, что наибольшее их количество выпадает июле-августе, наименьшее – в январе-феврале.

4. Высота снежного покрова в среднем за зиму составляет 22 см на открытых пространствах и 19 см – в лесу. Максимальная высота снежного покрова зафиксирована 12.03.2015 г. (83 см), минимальная – 12.11.2019 г. (7 см). Начиная с 2016 г. прослеживается тенденция к уменьшению высоты снежного покрова как на открытых пространствах, так и в лесу.

5. Смена сезонов года в заповеднике происходит постепенно. Наиболее продолжительными являются зима и лето, средняя продолжительность которых в исследуемый период составляет по 143 дня.

6. Продолжительная зима с достаточно низкими значениями температуры, малая мощность снежного покрова, достаточно сухая весна и влажное лето повышают суровость климата, тем самым ухудшая условия для произрастания и обитания различных видов флоры и фауны.

Информационные источники

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – М. : Росгидромет, 2014. – 58 с.
2. География Еврейской автономной области: общий обзор / отв. ред. Е. Я. Фрисман. – Электронные текстовые данные (1 файл: 101 Мб). – Бирибиджан : ИКАРП ДВО РАН, 2018. – 408 с. – Текст : электронный.
3. Григорьева, Е. А. Особенности биоклимата заповедника «Бастак» / Е. А. Григорьева // VIII Дальневосточная конференция по заповедному делу : материалы конференции. Том 2. – Благовещенск : Издательство БГПУ, 2007. – С. 108-112.
4. Климат Хабаровска / под ред. Ц. А. Швер. – Л. : Гидрометеиздат, 1981. – 176 с.
5. Кокорин, А. О. Изменение климата. Книга для учителей старших классов образовательных учреждений. Вып. 2. Регионы Дальнего Востока / А. О. Кокорин, Е. В. Смирнова, Д. Г. Замолодчикова. – М. : Всемирный фонд дикой природы, 2013. – 234 с.
6. Лонкина, Е. С. Динамика лесного фонда заповедника «Бастак» / Е. С. Лонкина, А. Ю. Калинин // Биологическое разнообразие и устойчивость лесных и урбоэкосистем. Первые международные чтения памяти Г.Ф. Морозова : сборник научных статей. – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2019. – С. 73-79.
7. Лонкина, Е. С. Структура и динамика кедрово-широколиственных лесов государственного природного заповедника «Бастак» / Е. С. Лонкина // Региональные проблемы. – 2015. – Т. 18, № 1. – С. 21-25.

Переведенцев Юрий Петрович,

доктор географических наук, профессор, Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия; Yuri.Perevedentsev@ksu.ru

Шанталинский Константин Михайлович,

кандидат географических наук, доцент, Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия; Konstantin.Shantalinsky@ksu.ru

Мягков Максим Александрович,

аспирант, Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия; ma-myagkov@bk.ru

Парубова Екатерина Михайловна,

аспирант, Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия; paru-bovaem@mail.ru

Шерстюков Борис Георгиевич,

доктор географических наук, заведующий лабораторией исследования последствий изменения климата, Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных, г. Обнинск, Россия; boris_sher@mail.ru

СОВРЕМЕННОЕ ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА И ЕГО ПРОЯВЛЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: температура воздуха; атмосферные осадки; линейный тренд; индекс циркуляции; климат; глобальное потепление.

АННОТАЦИЯ. Рассматриваются изменения температуры воздуха на территории Северного полушария в период 1850-2019 гг. по данным CRU. Выявлены временные колебания в поведении температуры воздуха, свидетельствующие о ее неравномерном ходе в рассматриваемый период и интенсивном потеплении климата в последние десятилетия. Представлен анализ трендов температуры воздуха и атмосферных осадков на территории России для 44-летнего периода (1976-2019 гг.), что позволило оценить изменчивость основных климатических параметров в последние десятилетия. Дана оценка коэффициентов корреляции между индексами атмосферной циркуляции (АО, NAO, EAWR, SCAND) и температурой воздуха Европейской части России, с целью выявления связи между циркуляционным и термическим режимами.

Yuri P. Perevedentsev,

Doctor of Geography, Professor, Kazan Federal University, Kazan, Russia

Konstantin M. Shantalinsky,

Candidate of Geography, Associate Professor, Kazan Federal University, Kazan, Russia

Maksim A. Myagkov,

Postgraduate Student, Kazan Federal University, Kazan, Russia

Ekaterina M. Parubova,

Postgraduate Student, Kazan Federal University, Kazan, Russia

Boris G. Sherstyukov,

Doctor of Geography, Chief of the Laboratory for Research on the Effects of Climate Change, All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Centre, Obninsk, Russia

MODERN GLOBAL CLIMATE WARMING AND ITS MANIFESTATION ON THE TERRITORY OF RUSSIA

KEYWORDS: air temperature; precipitation; linear trend; circulation index; climate; global warming.

ABSTRACT. Changes in air temperature in the Northern Hemisphere in the period 1850-2019 are considered. According to CRU data. Temporary fluctuations in the behavior of air temperature are revealed, indicating its uneven course in the period under consideration and an intense warming of the climate in recent decades. An analysis of trends in air temperature and atmospheric precipitation in Russia for a 44-year period (1976-2019) is presented, which made it possible to assess the variability of the main climatic parameters in recent decades. Correlation coefficients are given between the atmospheric circulation indices (AO, NAO, EAWR, SCAND) and the air temperature of the European part of Russia, from the point of view of the relationship between the circulation and thermal regimes.

Проблема современных глобальных и региональных изменений окружающей среды и климата стала как никогда актуальной в связи с усиливающимся влиянием различных факторов антропогенного и естественного происхождения, среди которых солнечная и вулканическая активность, процессы, происходящие в земной коре и ядре [6]. В Российской Федерации в 2009 г. была принята Климатическая доктрина, которая определила основные направления развития нормативно-правовых, экономических и других инструментов, призванных обеспечить защиту государства от неблагоприятных климатических последствий и создать предпосылки для эффективного использования благоприятных возможностей климатических изменений [5].

Современное состояние проблемы климатических изменений отражено в последних оценочных докладах МГЭИК и Росгидромета, согласно которым в связи с возрастанием в атмосфере концентрации парниковых газов происходит непрерывный рост глобальной приповерхностной температуры воздуха, который продолжится в XXI веке [2; 10].

Негативные последствия для природных и социально-экономических систем в случае повышения средней глобальной температуры на 1,5°C обсуждаются в [3]. Как известно, в декабре 2015 г. были

подписаны Парижские соглашения, направленные на ограничение выбросов парниковых газов в атмосферу, с целью избежать прироста средней глобальной температуры на 2°C, в последующем на Климатическом форуме в 2018 г. в Катовицах (Польша) этот уровень был понижен до 1,5°C.

Действительно, глобальное потепление последних десятилетий во многих регионах планеты, в том числе и России, сопровождается увеличением числа дней с аномальными явлениями погоды, резкими скачками температуры, возникновением волн жары и холода [4].

В работе [8] отмечен рост повторяемости дней с высокими суточными температурами, суточными суммами осадков и уменьшение морозных дней на Европейской части России, а на юге Сибири в начале XXI в. увеличилась повторяемость морозных и теплых дней, а также дней с экстремальными зимними осадками.

В [1] показано, что современное глобальное потепление происходит в течение коротких событий 1987/1988 и 1997/1998 гг. (посредством скачков 1987 и 1997 гг.), т. е. обнаруживается «лестница» потепления с середины XX века.

Цель настоящей статьи – рассмотреть пространственно-временные изменения приземной температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Северного полушария (1850-2019 гг.) и России в период 1976-2019 гг.

Материалы и методы исследований. В качестве исходных данных использовались данные о приземной температуре воздуха (ТВ), в узлах регулярной географической сетки 5x5°, по всему Земному шару (1850-2019 гг.) университета Восточной Англии (данные CRU) [9] и данные 1251 метеорологических станций из фонда ВНИИГМИ-МЦД за 1976-2019 гг.

Кроме того, для оценки долговременных климатических изменений в Поволжье использовались результаты многолетних метеорологических наблюдений в Метеорологической обсерватории (МО) Казанского университета (1828-2019 гг.).

Многолетние ряды по температуре воздуха и атмосферным осадкам подвергались статистической обработке: находились средние величины, коэффициенты корреляции и наклона линейного тренда, низкочастотные компоненты временных рядов.

Результаты и их обсуждение. Как видно из рисунка 1а, приповерхностная средняя годовая температура воздуха (СГТВ) Северного полушария, для периода 1850-2019 гг., имеет четко выраженную тенденцию к росту. Низкочастотная компонента (НЧК) с периодом более 30 лет выделяет глобальные долгопериодные колебания в начале и середине XX века обусловленные естественными факторами. С 1910 по 1940 гг. происходил подъем ТВ обусловленный повышенным уровнем прозрач-

ности атмосферы для прохождения солнечной радиации ввиду ослабления вулканической активности. В этот же период отмечается активное арктическое потепление. Начиная с середины 1970-х гг. по настоящее время, согласно кривой НЧК, происходит быстрый рост СГТВ почти на $0,8^{\circ}\text{C}$, что объясняется активной фазой современного глобального потепления из-за парникового эффекта. На этом же рисунке 1а представлена синусоидальная кривая скорости изменения ТВ по низкочастотной компоненте (из ТВ последующего года вычитается ТВ предыдущего), согласно которой хорошо выявляется квази 60-летнее колебание скорости роста температуры. Следует отметить, что 60-70-летние колебания характерны для многих природных процессов – течения Гольфстрим в Северной Атлантике, неравномерной скорости вращения Земли, солнечной активности, циркуляции атмосферы и океана и др.

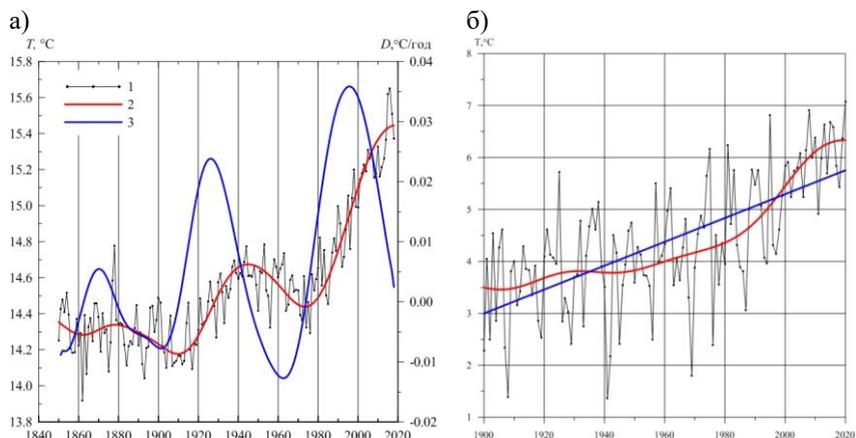


Рис. 1. Многолетний ход средней годовой температуры на территории СП (а) и Казани (б). 1 – исходный ряд, 2 – НЧК с периодом более 30 лет, 3 – изменение НЧК (для СП), линейный тренд (для Казани)

По данным обработки метеонаблюдений в МО г. Казани на рисунке 1б представлена межгодовая изменчивость СГТВ в период 1900-2019 гг., из которого, согласно кривой НЧК, видно, что за 120 лет температура повысилась примерно на $2,7^{\circ}\text{C}$. Отметим, что с 1828 г. (время малого ледникового периода) по настоящее время СГТВ в Казани повысилась почти на 4°C , при этом вклад глобального фактора в изменчивость зимней температуры составил 37%, а летней $\sim 23\%$. Это естественно, так как в зимний период приход солнечной радиации минимален.

Следует также отметить, что в начале XXI в. на территории Приволжского федерального округа (ПФО) произошел значительный скачок СГТВ на $1,2^{\circ}\text{C}$, при этом в два раза уменьшилась межгодовая изменчи-

вость ТВ, а минимальное значение СГТВ резко повысилось с 0,55 до 3,58°C [7]. Кроме того, согласно анализа данных длиннорядных станций, в западной части ПФО (станции Казань, Пенза, Саратов) активный процесс потепления климата начался несколько раньше (в 1965-1970 гг.) чем в восточной (станции Пермь, Уфа, Оренбург), где он растянулся с 1965 по 1980 гг.

С использованием данных 1251 метеостанций, расположенных на территории РФ из фонда ВНИИГМИ-МЦД за 1976-2019 гг., были построены карты трендов ТВ и атмосферных осадков для центральных месяцев сезонов и годовых значений, что позволило выделить тенденции изменения климата за 44-летний период. Здесь приводятся карты среднегодовых трендов основных климатических показателей (рис. 2, 3).

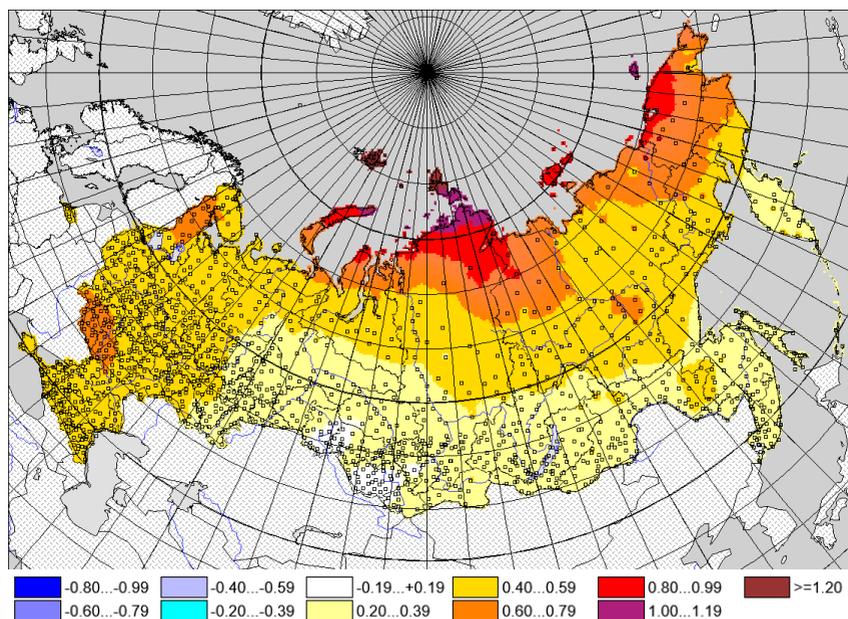


Рис. 2. Тренды среднегодовой температуры (°C/10лет) 1976-2019

Как видно из рисунка 2., тренды ТВ не выявили значительных территориальных контрастов в изменениях климата. Практически вся территория России охвачена умеренным потеплением. Наиболее интенсивно оно происходит на арктическом побережье Азиатской части России и арктических островах. В частности, в районе полуострова Таймыр коэффициент наклона линейного тренда (КНЛТ) достигает максимума ~ 1,2°C/10 лет. В центральной и северной частях Сибири потепление более выражено, чем на Европейской части России (ЕЧР), где выделяется

Карелия и юго-запад Центрального федерального округа со значением КНЛТ $\approx 0,60-0,79^{\circ}\text{C}/10$ лет.

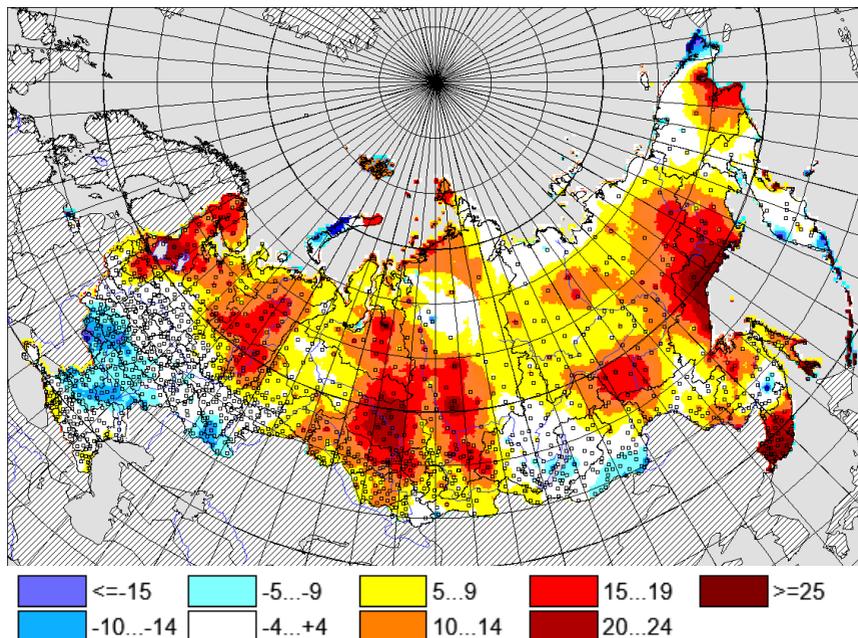


Рис. 3. Тренды среднегодовых сумм осадков (мм/10лет) 1976-2019

Тренды, построенные по годовым значениям сумм осадков (рис. 3), свидетельствуют об увеличении осадков на большей части России. Так, на побережье Охотского моря КНЛТ > 25 мм/10 лет. Понижение сумм осадков наблюдается в центре и на юге ЕЧР, Северном Кавказе, где КНЛТ порядка -10 -14 мм/год. Наибольшие очаги с уменьшением осадков отмечаются на о. Новая Земля, юге Средней Сибири, северо-востоке Чукотки.

Таким образом, практически на всей территории России в период 1976-2019 гг. происходило потепление климата, при этом на большей части России, особенно в ее азиатской части, отмечается увеличение годовых сумм осадков.

С целью оценки влияния атмосферной циркуляции (АЦ) на термический режим рассчитывались парные коэффициенты корреляции между температурой воздуха 95 станций ЕЧР в период 1976-2019 гг. и индексами АЦ. Рассматривались 4-е наиболее известных индекса АЦ – Арктическая осцилляция (АО), Северо-атлантическое колебание (NAO), Циркуляционная мода Восточная Атлантика – Западная Россия (ВАЗР) и индекс SCAND. В результате выяснилось, что циркуляционные моды АО и NAO

наиболее эффективно влияют на температуру воздуха запада ЕЧР в зимний период (коэффициент корреляции r достигает значений 0,6; 0,7), что приводит к потеплению. Колебания ВАР способствует понижению ТВ в летний период на востоке ЕЧР (связь отрицательная, $r = -0,7$), скандинавский блокирующий антициклон (индекс SCAND) в большей степени влияет зимой на юго-восточную часть территории ЕЧР ($r = -0,6$), что приводит к понижению ТВ. В дальнейшем планируется провести подобное исследование на азиатской территории России и с привлечением других циркуляционных индексов, в частности, индекса ТДК (тихоокеанское десятилетнее колебание), привязанных к конкретным географическим районам.

Статья подготовлена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 20-55-00014).

Информационные источники

1. Барцев, С. И. Новый взгляд на динамику климата Земли / С. И. Барцев, П. В. Белолипецкий, А. Г. Дегерменджи [и др.] // Вестник РАН. – 2016. – № 86 (3). – С. 244-253.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / научные руководители В. М. Катцов и С. М. Семенов ; Росгидромет. – М., 2014. – 1008 с.
3. Гладильщикова, А. А. Специальный доклад межправительственной группы экспертов по изменению климата «Глобальное потепление на 1,5°C» / А. А. Гладильщикова, Т. М. Дмитриева, С. М. Семенов // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2018. – № 4. – С. 5-18.
4. Мохов, И. И. Погодно-климатические аномалии в Российских регионах и их связь с глобальными изменениями климата / И. И. Мохов, В. А. Семенов // Метеорология и гидрология. – 2016. – № 2. – С. 16-28.
5. Оценка макроэкономических последствий изменения климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу / под ред. В. М. Катцова, Б. Н. Порфирьева. – М.: Изд. «Д'ART: Главная физическая обсерватория», 2011. – 252 с.
6. Переведенцев, Ю. П. Современные изменения климата и их последствия / Ю. П. Переведенцев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География и геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 98-102.
7. Переведенцев, Ю. П. Опасные гидрометеорологические явления на территории Приволжского федерального округа / Ю. П. Переведенцев, А. В. Шумихина, К. М. Шанталинский, В. В. Гурьянов // Метеорология и гидрология. – 2019. – № 12. – С. 20-30.
8. Титкова, Т. Б. Региональные особенности изменения зимних экстремальных температур и осадков на территории России в 1970-2015 гг. / Т. Б. Титкова, Е. А. Черенуова, В. А. Селянов // Лед и снег. – 2018. – Т. 58, № 4. – С. 485-497.

9. Jones, P. D. et al. Surface air temperature and its variations over the last 150 years / P. D. Jones, et al. // *Rev. Geophys.* – 1999. – Vol. 37. – P. 173-199.
10. IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / eds. T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner et al. – Cambridge ; United Kingdom and New York ; NY, USA : Cambridge University Press, 2013. – 1535 p.

Печагина Дарья Сергеевна,

студент, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина,
г. Тамбов, Россия; PDSsmile@yandex.ru

Дудник Сергей Николаевич,

начальник Тамбовского центра по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды, г. Тамбов, Россия

Кузьмин Кирилл Алексеевич,

магистрант, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина,
г. Тамбов, Россия; ka_kuzmin@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАТ УСТОЙЧИВОГО ПЕРЕХОДА ТЕМПЕРАТУР ЧЕРЕЗ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРЕДЕЛЫ В УВАРОВСКОМ РАЙОНЕ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: даты перехода температур; температура воздуха; динамика изменений; климат; климатические пределы.

АННОТАЦИЯ. Целью данного исследования является определение момента времени, когда наступает устойчивый переход температуры воздуха через исследуемое пороговое значение.

Daria S. Pechagina,

Student, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russia

Sergei N. Dudnik,

Head of the Tambov Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Tambov, Russia

Kirill A. Kuzmin,

Master's Degree Student, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russia

DETERMINATION OF STABLE TEMPERATURE TRANSITION DATES THROUGH THE CLIMATIC LIMITS IN THE UVAROVSKY DISTRICT

KEYWORDS: dates of temperature transition; air temperature; dynamics of changes; climate; climatic limits.

ABSTRACT. The purpose of this study is to determine the moment of time when a stable transition of air temperature occurs through the studied threshold value.

Знание особенностей устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через различные градации весной и осенью необходимо, так как они определяют наступление этих сезонов в природе. От перехода температуры воздуха через 0°C весной зависят сход снежного покрова, просыхание почвы, вскрытие рек [3; 4]. С переходом через +5°C начинается вегетация озимых и холодоустойчивых культур [5]. Осенью

переход средней суточной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ указывает на смену летнего сезона на осенний, а переход через 0°C – на прекращение вегетации растений, появление первых заморозков, окончание полевых работ. Используются синоптики, агрометеорологи, гидрологи Гидрометцентра России и специалисты других организаций [1; 2].

Данные о переходе температур через пределы были взяты на метеостанции Обловка (Уваровский район). Учет перехода температур через пределы велся в весенний и осенний период.

В процессе работы были вычислены весенние и осенние даты переходов средней суточной температуры воздуха через конкретные пределы (0°C , $+5^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$) и были сформированы табличные данные за период 1930-2018 гг. Даты переходов, осредненные по тридцатилетиям, представлены на рисунках 1 и 2.

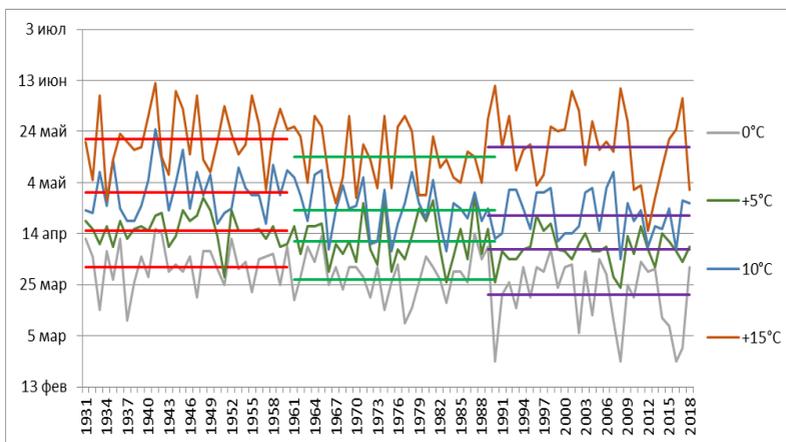


Рис. 1. Динамика изменения устойчивого перехода температур через 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$ в осенние весенние месяцы за период с 1930-2018 гг.

Из рисунка 1 видно, что средней датой устойчивого перехода температуры через 0°C в весенний период является 27 марта. При этом самая ранняя дата перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C в сторону повышения наблюдалась 23 февраля 2016 года, а самая поздняя 16 апреля 1941 года. Здесь мы можем заметить постепенное смещение дат на более ранний период. В таблице 1 представлены осредненные по 30-летиям весенние даты устойчивого перехода через 0°C и $+5^{\circ}\text{C}$.

Для $+5^{\circ}\text{C}$ средней датой устойчивого перехода температуры стало 11 апреля. Здесь мы так же можем заметить на более ранние сроки. Самой ранней датой устойчивого перехода средней суточной температурой воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения наблюдалась 24 марта 2008 года, а самая поздняя 29 апреля 1987 года.

Также на рисунке 1 представлены графики, показывающие тенденцию изменения устойчивого перехода температуры через значения $+10^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$ весной в период с 1930-2018 гг. Как мы можем заметить, даты устойчивого перехода температур сместились незначительно. Средней датой перехода через $+10^{\circ}\text{C}$ является 25 апреля. Самой ранней датой устойчивого перехода средней суточной температурой воздуха через $+15^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения наблюдалась 15 апреля 2012 года, а самая поздняя 12 июня 1941 года.

Для $+15^{\circ}\text{C}$ средней датой перехода является 18 мая. Как и в случае с переходом через $+10^{\circ}\text{C}$ даты перехода сдвинулись не значительно $\pm 5^{\circ}\text{C}$ дней от среднего значения за весь рассматриваемый период. Осредненные по 30-летиям весенние даты устойчивого перехода через $+10^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$ представлены в таблице.

Таблица 1

Осредненные по 30-летиям даты устойчивого перехода
через 0°C и $+5^{\circ}\text{C}$; $+10^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$

Интервал времени	Даты устойчивого перехода через 0°C	Даты устойчивого перехода через $+5^{\circ}\text{C}$
1931-1960	1 апреля ± 7 дней	15 апреля ± 5 дней
1961-1990	27 марта ± 11 дней	11 апреля ± 10 дней
1988-2018	21 марта ± 8 дней	8 апреля ± 8 дней
Интервал времени	Даты устойчивого перехода через $+10^{\circ}\text{C}$	Даты устойчивого перехода через $+15^{\circ}\text{C}$
1931-1960	30 апреля ± 10 дней	21 мая ± 12 дней
1961-1990	23 апреля ± 8 дней	14 мая ± 11 дней
1988-2018	21 апреля ± 7 дней	18 мая ± 14 дней

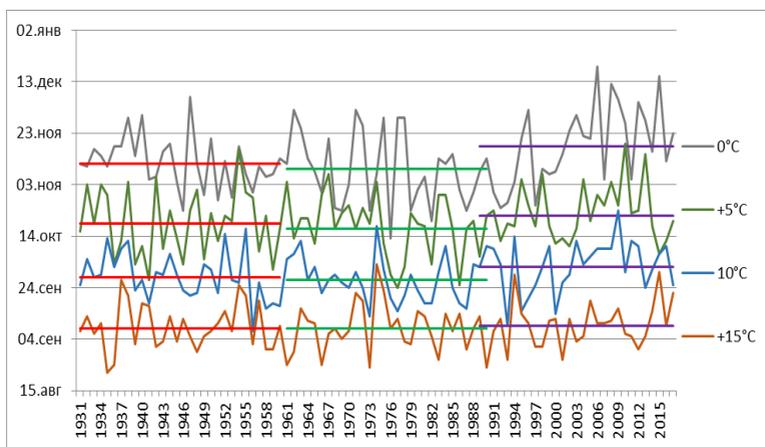


Рис. 2. Динамика изменения устойчивого перехода температур через 0, +5; $+10^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$ в осенние месяцы за период с 1930-2018 гг.

На рисунке 2 представлен график динамики изменения устойчивого перехода температур через пределы $+15^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$ в осенний период. Средней датой перехода температуры через $+15^{\circ}\text{C}$ в период с 1930-2018 стало 8 сентября. Здесь же можно сказать, что 29 сентября является датой устойчивого перехода для $+10^{\circ}\text{C}$. При этом самая ранняя дата перехода средней суточной температуры воздуха через $+15^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения наблюдалась 22 августа 1935 года, а самая поздняя 3 октября 1974 года. А для $+10^{\circ}\text{C}$ самой ранней датой будет являться 7 сентября 1956 года, а самая поздняя 24 октября 2009 года. В таблице 2 представлены осредненные по 30-летиям осенние даты устойчивого перехода через $+15^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$.

Также на рисунке 2 представлен график перехода температур через 0°C и $+5^{\circ}\text{C}$ в сторону понижения в осенний период. Средней датой устойчивого перехода через 0°C является 12 ноября, а для $+5^{\circ}\text{C}$ этой датой является 20 октября. При этом самая ранняя дата перехода средней суточной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения наблюдалась 24 сентября 1977 года, а самая поздняя 19 ноября 2010 года. А для 0°C самой ранней датой будет являться 13 октября 1976 года, а самая поздняя 19 декабря 2006 года.

Таблица 2

Осредненные по 30-летиям осенние даты устойчивого перехода через $+10^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$

Интервал времени	Даты устойчивого перехода через $+15^{\circ}\text{C}$	Даты устойчивого перехода через $+10^{\circ}\text{C}$
1931-1960	8 сентября ± 10 дней	28 сентября ± 9 дней
1961-1990	8 сентября ± 8 дней	27 сентября ± 7 дней
1988-2018	9 сентября ± 11 дней	2 октября ± 10 дней
Интервал времени	Даты устойчивого перехода через $+5^{\circ}\text{C}$	Даты устойчивого перехода через 0°C
1931-1960	18 октября ± 10 дней	11 ноября ± 9 дней
1961-1990	17 октября ± 8 дней	4 ноября ± 7 дней
1988-2018	22 октября ± 11 дней	17 ноября ± 10 дней

Исходя из представленных графиков, можно заметить, что даты устойчивых температур по данной метеостанции сдвинулись на более ранние сроки.

Информационные источники

1. Садоков, В. П. Особенности дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$ осенью на Европейской территории России и юго-западной части Западной Сибири / В. П. Садоков, В. Ф. Козельцева, Н. Н. Кузнецова // Труды Гидрометцентра России. – 2013. – Вып. 350. – С. 228-241.

2. Садоков, В. П. Определение весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$, их прогноз и оценка / В. П. Садоков, В. Ф. Козельцева, Н. Н. Кузнецова // Труды Гидрометцентра России. – 2012. – Вып. 348. – С. 162-172.
3. Педь, Д. А. Об определении дат устойчивого перехода температуры воздуха через определенные значения / Д. А. Педь // Метеорология и гидрология. – 1951. – № 10. – С. 38-39.
4. Козельцева, В. Ф. К проблеме прогноза дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C , 5°C / В. Ф. Козельцева // Труды ЦИП.
5. Дудник, С. Н. Климатические региональные и сезонные изменения на территории Тамбовской области / С. Н. Дудник, М. Е. Буковский, Н. А. Галушкина // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2013. – № 3 (47). – С. 141-149.

Попова Валерия Васильевна,

кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт географии Российской Академии наук, г. Москва, Россия; valeria_popova@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В КРУПНЫХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ НА ЗАПАДЕ РОССИИ: РЕГИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА И СВЯЗЬ С ГЛОБАЛЬНЫМИ ТЕНДЕНЦИЯМИ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: речные бассейны; реки; твердые осадки; жидкие осадки; климат; климатические изменения; изменения климата; тренды; крупномасштабная атмосферная циркуляция.

АННОТАЦИЯ. Выполнен анализ регионального и временного распределения современных трендов значимых для формирования речного стока метеопараметров в бассейнах Северной Двины, Волги и Оби. Показано, что глобальные изменения климата с середины XX столетия и их региональные проявления отражаются в колебаниях основных климатических факторов годового стока, как следствие, определяют его тенденции в течение нескольких последних десятилетий.

Valeria V. Popova,

Candidate of Geography, Leading Researcher, Institute of Geography Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

CURRENT CLIMATE CHANGES OVER THE LARGE RIVER BASINS IN WESTERN RUSSIA: REGIONAL STRUCTURE AND RELATION TO GLOBAL TRENDS

KEYWORDS: river basins; rivers; solid precipitation; liquid precipitation; climate; climate change; climate change; trends; large scale atmospheric circulation.

ABSTRACT. The analysis of the regional and temporal distribution of the current trends of the most significant meteorological parameters for the river runoff in the basins of the Northern Dvina, Volga and Ob is carried out. It is shown that global climate changes since the mid-twentieth century and their regional manifestations are reflected in the fluctuations of the main climatic factors of the annual river runoff and, as a result, determine its trends over the past few decades.

Увеличение влагосодержания атмосферы и рост осадков является закономерным следствием современного глобального потепления, берущего начало с начала 1970-х гг. Несмотря на глобальный характер изменений приземной температуры и осадков, их региональное распределение весьма неоднородно, особенно в отношении осадков [1]. Эта неоднородность связана с крупномасштабной атмосферной циркуляцией, которая определяет аномалии осадков и температуры и отражается в полях многолетних средних значений за более продолжительные периоды. С начала 1970-х до середины 1990-х годов происходит существенный рост роли Североатлантического колебания (NAO), с которым связано усиление

ние зонального переноса не только над ЕТР, но и на северо-западе Сибири вплоть до бассейна Енисея. С середины 1990-х годов картина меняется – резко увеличивается влияние скандинавского антициклона (Scand) с активизацией арктических вторжений на ЕТР и Западную Сибирь (в положительной фазе) [4].

Смена режима крупномасштабной циркуляции является основным фактором значимых для формирования крупномасштабного речного стока изменений. В ходе средней температуры зимы на севере Евразии эти периоды отличаются резким ростом с начала с 1970-х годов и его замедлением со второй половины 1990-х годов, получившим в зарубежной литературе название «warming hiatus», или «пауза в потеплении». Обобщение пространственных и временных вариаций климатических характеристик приводит к выводу о значительных изменениях, которые для западной части территории России за последние 30-40 лет в целом характеризуются увеличением температурного фона зимы и лета и ростом осадков на большей части территории. С этими же циркуляционными факторами связан режим зимней аккумуляции снега на территории России, и в первую очередь на ЕТР и в Западной Сибири [3; 4]. Очевидно, такие изменения приводят к существенным трансформациям режима тепло- влагообеспеченности крупных речных бассейнов. Цель данного исследования состоит в анализе пространственного и временного распределения климатических тенденций в крупных речных бассейнах на западе России и оценке их вклада в изменения крупномасштабного речного стока в условиях современного глобального потепления.

Оценки вклада климатических факторов в изменчивость годового стока Северной Двины, Волги и Оби. Рассматриваемые речные бассейны, как и большинство рек на севере Евразии, относятся к рекам снегового питания. Зимняя аккумуляция снега и его весеннее таяние обеспечивает от 60% (Северная Двина) до 70-90% (Волга и Обь) изменчивости годового стока. Разработанные в процессе выполнения 1-го и 2-го этапов проекта регрессионные модели годового стока (табл. 1) показывают, что изменчивостью твердых осадков или водного эквивалента снега (ВЭС) объясняется основная доля, до 46%, общей изменчивости годового стока рассматриваемых рек (в замыкающем створе) и его линейные изменения, в частности, тренды годового стока в период быстрого роста зимней температуры с начала 1970-х до середины 1990-х.

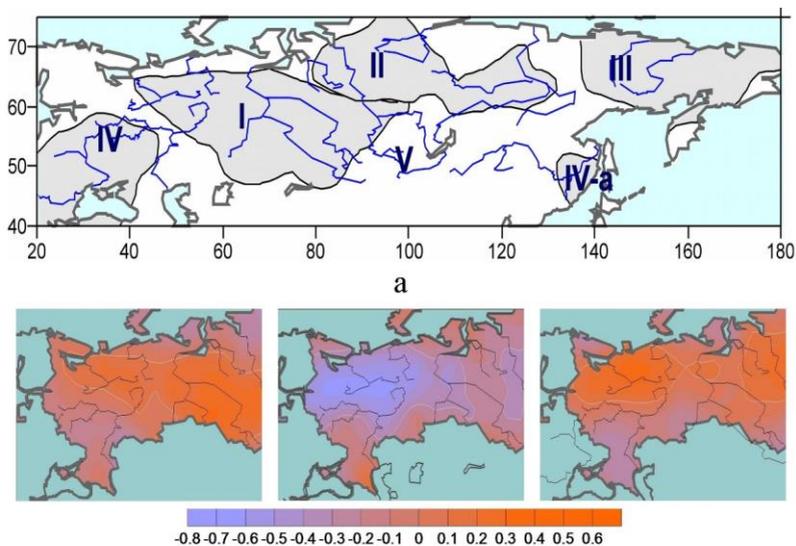
Таблица 1

Параметры множественной регрессионной зависимости годового стока рек Северная Двина, Волга и Обь от климатических факторов

Климатические параметры	Параметры множественной регрессии						
	Коэффициент регрессии B	Погрешность	Коэффициент корреляции R (накопленный)	Доля объясненной изменчивости R^2 % (накопленная и индивидуальная)	Критерий Стьюдента t	Уровень значимости p	
Северная Двина (1966-2015)							
$P_{тв}$	0,71	0,15	0,65	42	42	4,78	0,00
$P_{ж}$	0,13	0,03	0,78	61	19	3,82	0,00
$T_{л}(\tau = -1)$	-0,52	2,28	0,84	71	10	3,19	0,03
Волга (1966-2012)							
$P_{тв}$	0,47	0,08	0,63	40	40	5,59	0,00
$P_{ж}$	0,23	0,05	0,75	56	16	4,58	0,00
$P_{ж}(\tau = -1)$	0,17	0,05	0,81	66	10	3,19	0,00
$T_{л}(\tau = -1)$	-0,52	2,32	0,87	77	11	2,15	0,04
Обь (1966-2008)							
$P_{тв}$	1,86	0,38	0,68	46	46	4,86	0,00
$P_{ж}$	0,45	0,15	0,77	59	13	3,04	0,00
$P_{ж}(\tau = -1)$	0,29	0,14	0,80	64	5	2,08	0,04

Примечание. $P_{тв}$ – твердые осадки; $P_{ж}$, $P_{ж}(\tau = -1)$ – жидкие осадки текущего и предшествующего года; $T_{л}(\tau = -1)$ – средняя температура лета предшествующего года.

Региональная структура колебаний твердых осадков и их связь с крупномасштабной атмосферной циркуляцией. Таким образом, наиболее значимыми для формирования стока являются изменения твердых осадков. На рисунке 1а представлено районирование по однородности колебаний твердых осадков, выполненное с применением анализа эмпирических ортогональных функций по данным стационарных наблюдений из архива ВНИИГМИ за 1966-2015 гг. Большая часть водосбора Оби, Северной Двины и основная стокообразующая часть бассейна Волги – водосбор Камы входят в единый район (I), характеризующийся связанными межгодовыми колебаниями твердых осадков и отличающийся их наибольшей изменчивостью.



б

в

г

Условные обозначения:

1) I-IV – номера районов; 2) светло-серая линия (б, в, г) очерчивает области статистически значимых коэффициентов корреляции ($p < 0,05$)

Рис. 1. Районы однородных колебаний сумм твердых осадков, а, и корреляция сумм зимних осадков (декабрь-март) с модами крупномасштабной атмосферной циркуляции EA, б, Scand, в, NAO, г, 1966-2015 гг.

(по данным станционных наблюдений из архива ВНИИГМИ, <http://www.meteo.ru> и Northern Hemisphere Teleconnection Patterns, <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>). Светло-серая линия (б, в, г) очерчивает области статистически значимых коэффициентов корреляции ($p < 0,05$)

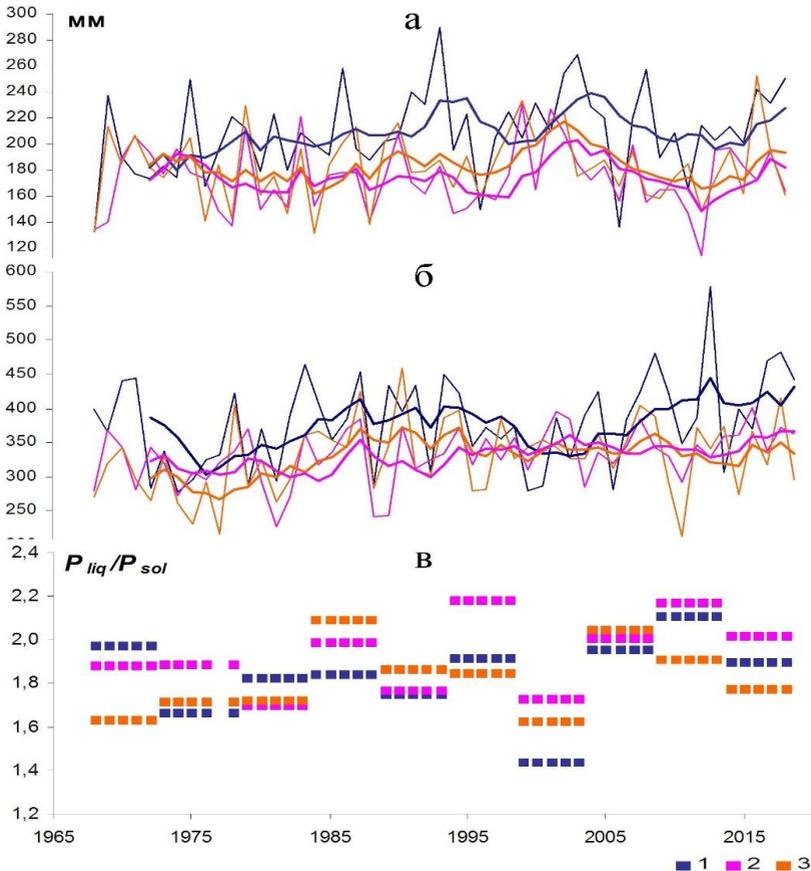
Циркуляционные факторы изменчивости осадков в районе I, согласно выполненным регрессионным оценкам, связаны с центрами действия атмосферы (ЦДА) из архива Northern Hemisphere Teleconnection Patterns (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>): East Atlantic (Восточноатлантический, EA) – 30% изменчивости, Scandinavian (Скандинавский, Scand) – 17% и North Atlantic Oscillation (Североатлантическое колебание, NAO) – 10%. В прилегающем с юго-запада районе IV (с переходной зоной), который охватывает западную часть водосборов Северной Двины и Волги, наибольшая доля изменчивости, 25%, объясняется колебаниями Scand.

Представленные на Рис. 1 б, в, г коэффициенты корреляции между суммами зимних осадков (декабрь-март) и модами крупномасштабной атмосферной циркуляции EA, Scand, и NAO. Наиболее интенсивные и

масштабные аномалии зимних осадков связаны с модой ЕА; она отражает циркуляционные условия выхода южных циклонов, с которыми зимой в умеренных широтах связаны обильные снегопады. Самая тесная корреляция, до 0,6-0,7, наблюдается на водосборе Оби, корреляция от 0,4-0,6 прослеживается и в верховьях Камы и на большей части водосбора Северной Двины. Связанные со Скандинавским антициклоном (Scand) арктические вторжения формируют дефицит осадков в бассейнах Северной Двины и Волги (корреляция до -0,8) и затрагивают среднюю часть Обь-Иртышского бассейна.

Изменения осадков и их фазового состава в бассейнах Северной Двины, Волги и Оби. Многолетние изменения сумм твердых осадков отражают колебания указанных ЦДА (рис. 2 а, б), демонстрируя возросшую с середины 1970-х гг. изменчивость, как в высокочастотной области, так и в области квазидесятилетних периодичностей. Изменения осадков, выпадающих в виде снега, в бассейнах Волги и Оби тесно связаны, коэффициент корреляции 0,63; статистически значимая, но менее тесная связь, 0,37, прослеживается между бассейнами Волги и Северной Двины. Характерным для хода твердых осадков в рассматриваемых бассейнов является их интенсивный рост с начала 1980-х гг. (с перерывом в середине 1990-х) и сокращение с начала 2000-х гг. Эти особенности соответствуют закономерностям изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции и аккумуляции снега в период современного потепления, с учетом фазы быстрого роста зимней температуры с начала 1970-х гг. и паузы в потеплении с середины 1990-х – начале 2000-х [4]. Непрерывный тренд твердых осадков, около 7мм/10 лет, наблюдается только в бассейне Северной Двины, его вклад в общую изменчивость составляет 9%.

Рост годовых сумм жидких осадков отмечается во всех трех бассейнах, наиболее высокие его темпы, 13 мм/10 лет, наблюдаются в бассейне Северной Двины, в бассейне Волги и Оби – около 10 мм/10 лет. Наибольший вклад тренда в общую изменчивость жидких осадков, 14%, отмечается в бассейне Оби. Межгодовые колебания жидких осадков связаны в бассейнах Оби и Волги, коэффициент корреляции 0,50, а также в бассейнах Северной Двины и Волги (0, 44).



Условные обозначения: 1) Северная Двина; 2) Обь; 3) Волга
 Рис. 2. Изменения годовых сумм твердых P_{sol} , а, и жидких P_{liq} , б, осадков (годовые и 5-летние скользящие средние), а также их соотношения P_{liq}/P_{sol} (в среднем за 5 лет) в бассейнах Северной Двины, Оби и Волги в 1966-2017 гг. (по данным стационарных наблюдений из архива ВНИИГМИ <http://www.meteo.ru>)

В соответствии с рассмотренными изменениями меняется соотношение жидких и твердых осадков в годовой сумме (рис. 2 в) – в бассейнах Волги и Оби оно возрастает примерно на 5% за 10 лет, в бассейне Северной Двины тренд не выявляется. Вместе с тем, выделяются периоды аномально высокого/низкого вклада жидких осадков – наиболее низкий вклад жидких осадков для всех водосборов отмечался в конце 1990-х-начале 2000-х гг.; наиболее высокий: в бассейне Северной Двины –

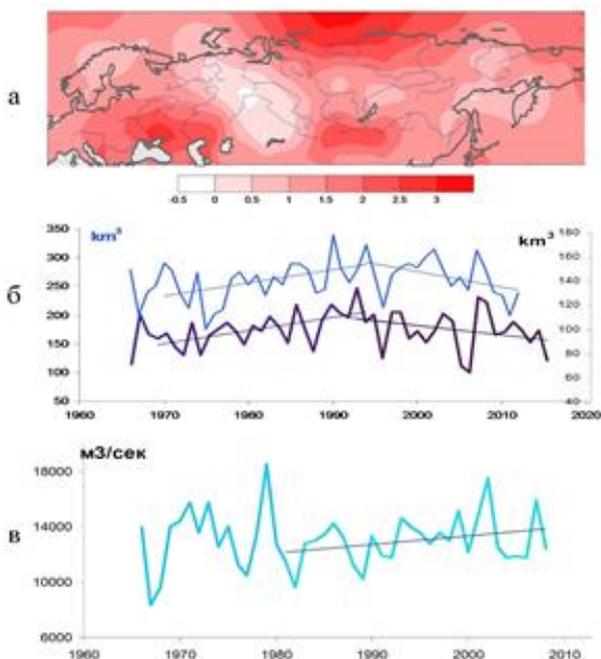
после 2005 г., в Бассейне Оби – в конце 1990-х., в бассейне Волги – в конце 1980-х гг.

Изменение продолжительности залегания снежного покрова за счет осеннего потепления [4], наряду с его более ранним разрушением, является фактором роста осадков в жидкой фазе, за счет твердой, в бассейнах Оби и Волги с начала 2000-х гг. Если в бассейне Оби в течение зимы сохраняется отрицательная температура, частые оттепели в юго-западной части бассейна Волги приводят к изменению структуры стока [5]. В период зимнего потепления 1975-1995 гг. вклад жидких осадков в изменчивость годового стока (включая влияние осадков предшествующего года) становится доминирующим, достигая 64%, а вклад твердых осадков снижается до 11%. Увеличением вклада жидких осадков предшествующего года (наряду с температурой зимних месяцев) главным образом определяется изменчивость зимнего стока и снижение экстремально высоких объемов весеннего стока.

Тренды летней температуры и их проявление в изменениях годового стока. Повышение летней температуры и увеличение потока прямой солнечной радиации являются основными факторами испарения с поверхности речного бассейна, т. е. расходной составляющей водного баланса. Пространственное распределение температурного тренда в среднем за три летних месяца с середины 1980-х гг. (рис. 3а) отражает возрастающую роль блокирующих антициклонов в формировании летнего погодного режима, связанное с ослаблением зональной циркуляции с конца 1980-х – начала 1990-х гг. [4]. С этого периода на севере Евразии отмечается интенсивный рост летней температуры – темпы роста и значительный, 40-50%, вклад в изменчивость летней температуры делает его воздействие на природную среду более ощутимым по сравнению с ростом зимней температуры. Юго-западная и центральная часть бассейна Волги и западная часть водосбора Северной Двины находятся в области роста температуры 1,0-2,5°C/30лет, ближе к Уралу темпы летнего потепления ниже, около 0,5-1,0°C/30лет. Бассейн Оби, как видно из рисунка 3, существенно отличается слабым, на уровне статистической значимости, ростом температуры. По-видимому, вследствие этого, в регрессионном анализе влияние летней температуры на годовой сток в бассейне Оби не выявляется (табл. 1).

Вклад летней температуры (как фактора испарения) в изменчивости годового стока Северной Двины и Волги оценивается 10-11% (табл. 1), но надо учитывать, что отчасти он входит в долю изменчивости, объясняемой жидкими осадками, поскольку засушливые годы, как правило, отражаются колебаниях годовых суммах жидких осадков. По-видимому, резкий рост летних температур не компенсируется увеличением осадков теплого периода и, наряду с сокращением твердых осадков и зимней аккумуляции снега, послужил фактором сокращения годового

стока Волги и Северной Двины с середины 1990-х гг. после его существенного подъема с начала 1970-х (рис. 3 б).



Условные обозначения: 1) Северная Двина; 2) Обь; 3) Волга;
4) прямыми линиями показаны линейные тренды

Рис. 3. Изменения годового стока, а, Волги (Волгоград), 1966-2012 гг., Северной Двины (Усть-Пинега), 1966-2015 гг., б, Оби (Салехард), 1966-2008 гг., и, в, тренды температуры, °С/30лет приземного воздуха в среднем за июнь-август, за 1986-2015 гг. (по данным из архивов CRUTEM4.6.0.0 <https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/crutem4/data>)

Важным дополнительным фактором, усиливающим влияние летней температуры и испарение, могло быть увеличение потока прямой солнечной радиации, существенный рост которой, 2-4 Вт/м² за 10 лет, наблюдается на большей части водосборов Волги и Северной Двины [1]. В бассейне Оби, где воздействие летнего потепления, судя по распределению температурных трендов (рис. 3а), значительно снижено, относительный рост годового стока с начала 1980-х гг. сохраняется до 2008 г., несмотря на маловодье 2003-2006 гг. (рис. 3в).

Заключение. Глобальные изменения климата с середины XX столетия и их региональные проявления отражаются в колебаниях основных климатических факторов стока Северной Двины, Волги и Оби и, как

следствие, определяют его тенденции в течение нескольких последних десятилетий. Ослабление зональной циркуляции с 1990-х создает условия для активизации межширотного обмена, связанным с арктическими вторжениями и закачиванию воздуха субтропических широт на север. Если первое проявляется на ЕТР и в Западной Сибири в отрицательных аномалиях температуры и сокращении осадков холодного периода, второе способствует резкому росту летней температуры, увеличивая испарение с водосборов Северной Двины и Волги. Рост летних температур на водосборах этих рек не компенсируется увеличением осадков теплого периода и, наряду с сокращением твердых осадков и зимней аккумуляции снега, является основным фактором сокращения годового стока Волги и Северной Двины с середины 1990-х гг., после его существенного подъема с начала 1970-х. Возросшая с середины 1990-х гг. межгодовая изменчивость повышает риски маловодий в бассейнах Северной Двины и Волги. В бассейне Оби, где воздействие летнего потепления значительно снижено из-за относительно слабых темпов потепления (в пределах водосбора); относительный рост стока с начала 1980-х гг. сохраняется до 2008.

Полученные регрессионные модели стока Северной Двины, Волги и Оби хорошо отражают вклад основных климатических характеристик в изменчивость речного стока, включая осадки в жидкой и твердой фазах и летние температуры. Решающий вклад осадков, выпадающих в виде снега, в формирование тенденций годового стока сохраняется, хотя на примере анализ годового и весеннего стока Волги [5] показано, что в период зимнего потепления 1975-1995 гг. вклад жидких осадков в изменчивость годового стока (включая влияние осадков предшествующего года) становится доминирующим, а вклад твердых осадков снижается.

Полученные результаты важны для оценок возможных изменений стока Северной Двины, Волги и Оби с точки зрения влияния глобальных изменений климата (с учетом его региональных и временных особенностей) и крупномасштабной атмосферной циркуляции, определяющей пространственную и временную структуру значимых для формирования речного стока климатических аномалий. В частности, показано, что ослабление зональной циркуляции и сохранение темпов летнего потепления в бассейнах Северной Двины и Волги вопреки существующим прогнозам стока уже в ближайшее время может существенно повысить риски маловодий на этих реках.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ в рамках научного проекта № 20-51-00001.

Информационные источники

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. I. Изменения климата. – М. : Росгидромет, 2014.
2. Попова, В. В. Современные изменения климата на севере Евразии как проявление вариаций крупномасштабной атмосферной циркуляции / В. В. Попова // *Фундаментальная и прикладная климатология*. – 2018. – № 1. – С. 84-112. – DOI: 10.21513/2410-8758-2018-1-84-112.
3. Попова, В. В. Региональные особенности современных изменений зимней аккумуляции снега на севере Евразии по данным наблюдений, реанализа и спутниковых измерений / В. В. Попова, П. А. Морозова, Т. Б. Титкова, В. А. Семенов, Е. А. Черенкова, А. В. Ширяева, Л. М. Китаев // *Лед и снег*. – 2015. – № 4 (130). – С. 73-86.
4. Попова, В. В. Изменения характеристик снежного покрова на территории России в 1950-2013 годах: региональные особенности и связь с глобальным потеплением / В. В. Попова, А. В. Ширяева, П. А. Морозова // *Криосфера Земли*. – 2018. – № 4. – С. 65-75.
5. Попова, В. В. Климатические факторы изменчивости стока Волги во второй половине XX – начале XXI вв. / В. В. Попова, Е. Д. Бабина, А. Г. Георгиади // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. – 2019. – № (4). – С. 63-72. – <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019463-72>.

Тюрин Валерий Николаевич,

кандидат биологических наук, Сургутский государственный университет,
г. Сургут, Россия; tyurin_vn@mail.ru

Муркина Полина Дмитриевна,

студент, Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия;
polina.murkina9@gmail.com

Масловская Ольга Владимировна,

студент, Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия;
olya.maslovskaya21@gmail.com

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПОВЕРХНОСТНЫХ И ГРУНТОВЫХ ВОД В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЙМЫ ОБИ (ПО НАБЛЮДЕНИЯМ С ПРОФИЛЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ СУРГУТА)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пойма Оби; реки; уровень грунтовых вод; грунтовые воды; высота затопления.

АННОТАЦИЯ. Приводятся сведения об уровнях поверхностных и грунтовых вод в пойме Оби в окрестностях Сургута. Работы, проведенные с мая по ноябрь 2019 г. на экологическом профиле, заложенном в центральном участке обской поймы, являются частью комплексных экологических исследований. Гидрологические замеры выполнены на шести учетных площадках (УП). Они отразили закономерное синхронное поднятие на УП поверхностных и грунтовых вод под действием половодья и асинхронную динамику грунтовых вод в весенний и осенний периоды времени, обусловленные неравномерным распределением талых и дождевых вод по профилю.

Valery N. Tyurin,

Candidate of Biology, Surgut State University, Surgut, Russia

Polina D. Murkina,

Student, Surgut State University, Surgut, Russia

Olga V. Maslovskaya,

Student, Surgut State University, Surgut, Russia

SEASONAL DYNAMICS OF SURFACE AND GROUND WATERS IN CENTRAL PART OF OB RIVER FLOODPLAIN (OBSERVATIONS FROM THE PROFILE IN SURGUT CITY SURROUNDING)

KEYWORDS: the Ob floodplain; rivers; ground water level; groundwater; flooding height.

ABSTRACT. Here is information on surface and ground water levels in the Ob floodplain of Surgut city surroundings. The work carried out from May to November 2019 on an ecological profile laid down in the central section of the Ob floodplain. It is a part

of comprehensive environmental study. Hydrological measurements were organized at six accounting plots. They have been reflected the synchronous rise of surface and ground water on accounting plots under influence of high water, as well as the asynchronous dynamics of ground water in the spring and autumn time periods due to the uneven distribution of snow and rain water along the profile.

Введение. В поймах рек структура ландшафтов и их компонентов в значительной мере определяется гидрологическим фактором, для которого характерна выраженная сезонность. Измерения уровней поверхностных и грунтовых вод позволяют прояснить специфику функционирования природных объектов в контрастных гидрологических условиях. В настоящей работе представлены сведения о сезонной динамике поверхностных и грунтовых вод, полученные с мая по ноябрь 2019 г. на экологическом профиле, заложенном в центральной части поймы Оби в 7 км западнее Сургута. Они входят в состав более обширных исследований компонентов природной среды.

Гидрологические наблюдения как часть комплексных исследований. Организации гидрологических наблюдений на профиле предшествовали исследования растительного покрова в пойме Оби, начатые в 1999 г. в окрестностях Сургута [1; 2]. В этот год в районе будущего профиля близ пос. Барсово было заложено три стационарных пробных площадки (СПП) в контрастных условиях: СПП 6.99 – на вершине периодически затапливаемой гривы, занятой настоящим разнотравно-злаковым лугом, СПП 9.99 – на склоне гривы с крупнозлаковым (двуклосточниковым) лугом, СПП 8.99 – в нижней части склона вблизи сора с осоковой растительностью [3].

В дальнейшем проводимые на трех площадках исследования сопровождались наблюдением за динамикой затопления растительных сообществ для оценки влияния на них полых вод. Сопоставление результатов наблюдений с Сургутским гидропостом позволило оценить высоту и продолжительность, а также частоту затопления площадок. Также удалось выявить особенности прироста их надземной фитомассы (НФМ) в меняющихся гидрологических условиях.

Представленные ниже результаты, входящие в состав гидрологических и геоботанических исследований, направлены на оценку сезонной динамики экосистем.

Методика измерений и наблюдений за уровнем поверхностных и грунтовых вод в сезоне. В 2014 г., при посещении специалистами Открытого университета Великобритании участка исследований в рамках проекта по изучению пойменных лугов в различных климатических условиях [4], на СПП 6.99, СПП 9.99, СПП 8.99 было предложено обустройство трех скважин для оценки сезонных изменений поверхностных и грунтовых вод. В них были помещены дайверы – приборы автоматиче-

ской фиксации положения поверхностных и грунтовых вод. Параллельно в бесснежный сезон с определенной регулярностью предполагалось проводить визуальные измерения.

В 2016 г. через три указанных выше площадки проложен 135-метровый экологический профиль с заложенными на нем каждые 2 м учетными площадками (УП). В конце 2017 г. на УП10 и УП30 были пробурены еще две скважины, закрывающие в общей сложности весь набор отмеченных на профиле растительных сообществ. Дополнительно наблюдения велись на УП45, где из-за нахождения воды у поверхности размещение скважины не потребовалось.

В 2018 г. не удалось в полной мере провести комплекс намеченных исследований по наблюдению за уровнем поверхностных и грунтовых вод в сезоне. 2019 г. оказался более удачным – измерения в скважинах проводились непрерывно со средней периодичностью раз в 5 дней.

Для сопоставления данных по скважинам и определения их положения относительно друг друга и относительно гидропоста, в 2017 г. выполнена нивелировка профиля, а также геодезическая привязка к глобальным координатам. На профиле за условный ноль принята отметка на УП40 (СПП 8.99), где осенью вода стабильно стоит у поверхности (табл. 1). Для проверки и корректировки данных были также привлечены измерения с дайверов.

Таблица 1

Характеристика учетных площадок и режим их затопления в 2019 г.

Стационарная пробная площадка (СПП)	6.99		9.99		8.99	
Учетная площадка (УП)	УП0	УП10	УП20	УП30	УП39	УП45
Расстояние от УП0, м	0	20	40	60	76	90
Высота над Сургутским гидропостом, см	712	662	622	552	520	504
Высота над озером в сор у УП40, см	190	140	100	30	-2	-18
Уровень воды максимальный, см	-123	-72	-3	71	103	128
Дата начала затопления польми водами	не затопливалась			15.5	13.5	13.5
Дата освобождения от полей вод	не затопливалась			13.7	18.7	18.7
Кол-во дней с водой на поверхности выше 50 см	0	0	0	27	49	56
Затопление польми водами, дни	0	0	0	57	66	68
Кол-во дней с водой на поверхности	0	0	0	57	100	200
Кол-во дней с УГВ выше 50 см	0	0	41	132	208	213
Сообщество	ртр	двук	двук	ос	ос	ос
НФМ травостоя, г/кв. м (по трем смежным УП)	269	297	648	562	504	446

Сокращения: ртр – разнотравное, двук – двукисточничковое, ос – осоковое, УГВ – уровень грунтовых вод, НФМ – надземная фитомасса.

Особенности половодья 2019 г. Сезон 2019 г. был маловодным – максимальный уровень относительно Сургутского гидропоста составил 621 см, что на 60 см ниже среднего уровня за 20 последние лет. Подъем воды в весенний период происходил с некоторой задержкой. Вода с Оби в сор у профиля начала заходить в промежутке между 13 и 14 мая, обу-

словливая начало затопления прилегающих осоковых сообществ. Пик половодья наблюдался 16-17 июня. Спад воды происходил довольно медленно и ускорился лишь в середине июля. К 18 июля уровень в прилегающем к профилю озере стабилизировался, отражая окончание воздействия полых вод.

Результаты измерений 2019 г. Полученные в 2019 г. данные отражают ряд особенностей динамики поверхностных и грунтовых вод от вершины гривы (УП0) к понижению (УП45).

Для УП0 (СПП 6.99) с первых чисел мая (после схода снега) наблюдалось падение уровня грунтовых вод (УГВ) с 275 см до 300 см и глубже (рис. 1). Минимальная глубина фиксировалась в середине мая. С конца второй декады мая вода начала подниматься со средней скоростью 7 см в сутки. С 6 июня наметилось замедление подъема УГВ и к середине июня произошла их стабилизация на глубине 123-130 см. С 17 июля наблюдалось планомерное падение уровня грунтовых вод вплоть до 21 сентября (304 см). После этого наметился подъем УГВ, однако он вскоре прекратился у отметки 268 см. С 1 октября падение УГВ возобновилось. В целом изменение УГВ в летний период соответствовало динамике половодья. При этом в течение всего вегетационного периода грунтовые воды находились вне досягаемости корневых систем травянистых растений. Таким образом, в 2019 г. травяной ярус обеспечивался только талыми водами и атмосферной влагой, обусловив низкий годовой прирост НФМ – 269 г/кв. м.

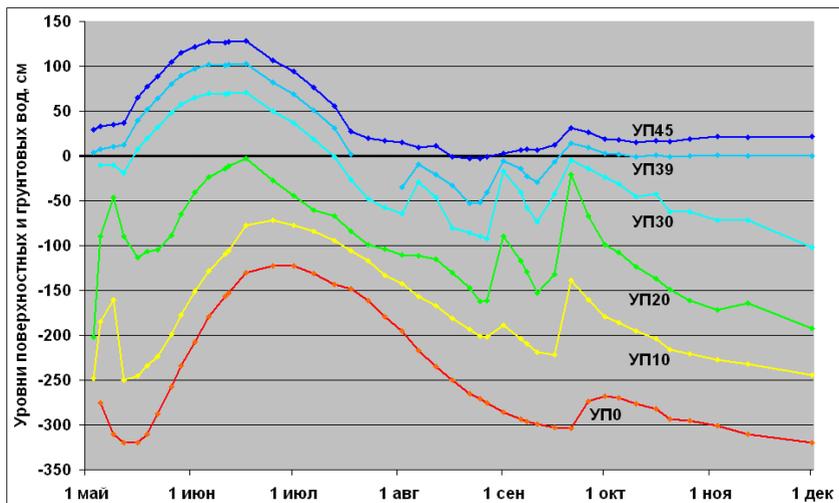


Рис. 1. Уровни воды на учетных площадках в 2019 г.

Динамика поверхностных и грунтовых вод на УП10, находящейся на 50 см ниже описанной выше площадки, в общих чертах оказалась сходной. Однако здесь в весенний и осенний периоды отмечены более заметные колебания УГВ. В первой декаде мая на УП10 наблюдался заметный подъем УГВ, очевидно обусловленный скатыванием верховодки с вершины гривы. С 9 по 12 мая произошло резкое его падение – со 160 до 250 см, вероятно обусловленное просачиванием влаги в нижние горизонты при оттаивании почвы. После этого УГВ до конца августа менялся с той же закономерностью что и на УП0. Максимальное поднятие УГВ на площадке было зафиксировано 25 июня – 72 см. Глубокое залегание грунтовых вод в вегетационный период также существенно не повлияло на прирост НФМ, который составил 297 г/кв.м. В сентябре дважды фиксировалось поднятие УГВ, обусловленное вероятнее всего атмосферными осадками. Осенний пик УГВ зафиксирован 21 сентября (139 см), после чего он только понижался вплоть до конца наблюдений и составил 1 декабря 244 см.

На УП20 (СПП 9.99), приуроченной к центральной части склона и занятой рослым двукисточниковым сообществом, подъем грунтовых вод к поверхности при воздействии полых вод благоприятно сказался на приросте НФМ, которая составила 648 г/м² (в 2,2-2,4 раз выше чем на УП10 и УП0). В целом динамика УГВ была сходна с УП10, однако размах их колебаний весной и осенью был выше. В первой декаде мая наблюдался резкий скачок УГВ – с 202 до 46 см и затем их спад к середине мая до 113 см. Скачки обусловлены таянием снега и последующим оттаиванием почвы. Дальнейшее поднятие и падение УГВ в летний сезон диктовалось воздействием полых вод. 17 июня вода находилась у поверхности на глубине 3 см, после чего наблюдалось снижение УГВ вплоть до 25 августа (163 см). В сентябре происходили заметные подъемы УГВ до максимальной отметки 21 см. После осеннего пика с 25 сентября по 5 октября прослеживалось существенное падение УГВ – до 99 см (7 см в сутки). В дальнейшем падение УГВ замедлилось. Минимальный УГВ в конце периода наблюдений зафиксирован 1 декабря – 192 см.

УП30, находящаяся на границе сообществ осоки острой и осоки водяной, оказалась в 2019 г. в зоне затопления ее полыми водами. В отличие от выше описанных площадок, грунтовые воды в весенний период находились на стабильном положении – с 5 по 12 мая их уровень менялся от 10 до 19 см. Площадка начала затопливаться по нашим расчетам 15 мая. Максимальные уровни затопления (69-71 см) фиксировались с 6 по 17 июня, с дальнейшим спадом со скоростью около 3 см в сутки к середине июля. После освобождения поверхности от воды 13 июля, продолжилось падение УГВ. Минимальная их отметка летом зафиксирована 27 августа – 92 см. Со 2 августа по 21 сентября фиксировалось три поднятия УГВ (пики 7 августа, 1 сентября и 21 сентября). После этого УГВ

стал плавно понижаться и достиг минимума 1 декабря (102 см). До середины августа УГВ держался на глубине в основном 50-60 см, обеспечивая растения влагой. Высокое значение прироста НФМ (562 г/м^2) подтверждает благоприятные условия развития растительного покрова.

Для УП39 (СПП 8.99), находящейся в сообществе осоки водяной, затопление в половодье достигало 103 см, обуславливая некоторую задержку в развитии травостоя и понижение прироста НФМ (504 г/м^2). С весны площадка была затоплена тальми водами, при этом их уровень с 3 по 12 мая постепенно повышался (с 4 до 12 см). Резкий его подъем начался после захода в сор воды с Оби. К 16 мая уровень достиг 40 см (прирост 7 см в сутки). Затем до конца мая происходил более плавный подъем воды – 3-4 см в сутки. В первой половине июня уровень стабилизировался на отметках 97-103 см, после чего началось его снижение со скоростью 3 см в сутки. 19 июля поверхность освободилась от воды, однако УГВ до конца лета не падал ниже 53 см. К 19 сентября площадка оказалась вновь затоплена, но уровень воды не превышал 14 см. С 5 октября до 1 декабря вода оставалась у поверхности.

На УП45 вода практически весь бесснежный период оставалась выше уровня дневной поверхности. В первой декаде мая ее уровень был стабильным – 29-35 см. В дальнейшем динамика затопления УП45 совпадала с режимом половодья. Максимальный уровень воды на площадке составил 128 см. С 17 июня по 18 июля наблюдалось заметное снижение уровня воды. Позднее уровень воды снижался со скоростью 1 см в сутки. С 17 по 27 августа вода находилась у поверхности, с дальнейшим постепенным поднятием ее до максимума в 31 см (21 сентября). С 1 октября уровень воды на поверхности стабилизировался на отметках 15-22 см. Высокий уровень воды в первой половине лета отрицательно сказался на приросте НФМ, который составил 446 г/м^2 . С большой вероятностью можно утверждать, что в этот период развитие травостоя было затруднено.

Выводы:

1. В целом для шести исследованных учетных площадок (УП), расположенных на профиле от вершины гривы к понижению, в летний период наблюдалось синхронное изменение уровней поверхностных и грунтовых вод и коррелировалось с динамикой затопления поймы.

2. Весной отмечены асинхронные изменения УГВ, обусловленные неравномерным распределением талых вод и оттаиванием почв. Наибольшие их колебания проявляются в верхней и средней частях склона. Стабильное положение поверхностных и грунтовых вод на УП в весенний период вблизи сора обусловлено устойчивым уровнем воды в расположенном здесь озере.

3. В осенний период наиболее стабильный уровень поверхностных и грунтовых вод также наблюдался непосредственно у сора. Сильные

колебания грунтовых вод в центральной части склона вызваны, по всей вероятности, атмосферными осадками.

***Благодарности.** Выражаем признательность сотрудникам Открытого университета Великобритании (D. Gowing, И. В. Татаренко и др.) за идею организации сезонных гидрологических наблюдений в пойме Оби и методическую помощь при обустройстве скважин, а также за передачу в пользование дайверов. Также благодарим преподавателей (С. Н. Русак, Г. М. Кукуричкина, А. Н. Булдина) и студентов СурГУ (М. Чернышеву, Н. Федорову, М. Бабицыну, Э. Валиахметову) за помощь в обустройстве профиля.*

Информационные источники

1. Таран, Г. С. Очерк растительности поймы Оби у города Сургута / Г. С. Таран, В. Н. Тюрин // Биологические ресурсы и природопользование : сборник научных трудов. Вып. 9. – Сургут : Дефис, 2006. – С. 3-54.
2. Тюрин, В. Н. Травяные сообщества поймы Оби и оценка их продукционного потенциала / В. Н. Тюрин // Биологические ресурсы и природопользование : сборник научных трудов. Вып. 5. – Сургут : Дефис, 2002. – С. 3-23.
3. Тюрин, В. Н. Организация наблюдений за распределением надземной фитомассы в градиенте поемности (профиль в пойме Оби у пос. Барсово, окрестности Сургута) / В. Н. Тюрин // Пойменные и дельтовые биоценозы голарктики: биологическое многообразие, экология и эволюция : сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Астрахань, 2019. – С. 159-166.
4. Tatarenko, I. Resilience of floodplain productivity to environmental change / I. Tatarenko, D. Gowing, I. Ermakova, V. Tyurin, L. Shepeleva, E. Neskryabina, N. Koroleva, N. Savinikh, T. Parinova, T. Gordeeva, N. Dajneko, M. Merkusheva, K. Schukina, G. Shushpannikova, E. Pizhikova, E. Kopeina // Abstracts of 58th Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science: Understanding broad-scale vegetation patterns. – Brno, 2015. – P. 372.

Хапу Араччиге Аеш Рукмал,

аспирант, Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия; rukmalayesh@gmail.com

Витковская Светлана Евгентовна,

доктор биологических наук, профессор, Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия; s.vitkovskaya@mail.ru

Рамбуквелла Чулани,

доктор философии, профессор, Университет Перадении, Шри-Ланка; ram-bukc@gmail.com

ДИНАМИКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В НАГОРЬЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ШРИ-ЛАНКИ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нагорья; климат; многолетняя динамика; метеорология; метеорологические показатели.

АННОТАЦИЯ. На основе анализа данных метеорологических наблюдений в Нагорьях Центральной Шри-Ланки в период 1866-2017 гг. установлено, что температура атмосферного воздуха на большей части тестируемой территории достоверно возрастала со скоростью 0,0098-0,01°C/год. Прослеживалась слабая тенденция снижения среднегодового количества осадков. Динамика указанных показателей существенно зависела от высоты над уровнем моря.

Ayesh Rukmal Hapu Arachchige,

Postgraduate Student, Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russia

Svetlana E. Vitkovskaya,

Doctor of Biology, Professor, Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russia

Chulani Rambukwella,

Ph. D., Professor, University of Peradeniya, Sri Lanka

DYNAMICS OF METEOROLOGICAL INDICATORS IN CENTRAL HIGHLANDS OF SRI LANKA

KEYWORDS: highlands; climate; long-term dynamics; meteorology; meteorological indicators.

ABSTRACT. Based on the analysis of meteorological observation data in the Highlands of Central Sri Lanka in the period 1866-2017. It was found that the temperature of atmospheric air in most of the tested territory significantly increased at a rate of 0,0098-0,01°C/year. There was a slight downward trend in the average annual precipitation. The dynamics of these indicators significantly depended on the altitude above sea level.

Воздействие изменения климата затрагивает все компоненты экосистем, включая флору и фауну. Для такой небольшой островной страны, как Шри-Ланка, последствия климатических изменений могут быть очень серьезны, особенно для сельского хозяйства, продовольственной безопасности, водных и прибрежных ресурсов, биоразнообразия и здоровья человека [6]. Биоразнообразие Шри-Ланки имеет большое значение, как на региональном, так и глобальном уровне, поскольку характеризуется самой высокой плотностью цветущих растений, амфибий, рептилий и млекопитающих. На современном этапе изменение климата (глобальное потепление) является одной из основных угроз биоразнообразию в стране. В Шри-Ланке наблюдается сокращение распространения и численности видов, особенно эндемиков, что может привести даже к их исчезновению [6]. Анализ региональных изменений климата чрезвычайно важен, поскольку именно такие изменения могут оказывать значительное влияние на экономику и социальную сферу [1; 2]. К основным факторам, влияющим на изменение климата, относятся антропогенные (изменение землепользования, вырубка и деградация лесов, сжигание ископаемого топлива и промышленное производство) и естественные (изменения солнечной радиации и вулканическая активность) [5; 6].

Исследования [3; 7-9] свидетельствуют о снижении количества осадков и усилении тенденций экстремальных температур в Шри-Ланке. Нагорья Центральной Шри-Ланки представляют собой влажные горные леса на высоте более 1000 м над уровнем моря и включают центральный горный массив и горный хребет Наклс. На данной территории расположены следующие особо охраняемые природные территории: заповедный лес; Пик Уайлдернесс и Национальный парк Хортон-Плейнс, которые с 2010 года признаны объектом всемирного наследия ЮНЕСКО.

С целью изучения тенденций изменения климата на территории Надгорий Центральной Шри-Ланки, анализировали динамику среднемесячной температуры атмосферного воздуха и количества осадков в период 1866-2017 гг. на основе данных четырех метеорологических станций, расположенных в пределах Нагорий Центральной Шри-Ланки: Канди, Нуvara Элия, Бадудла и Дияталава, высота расположения над уровнем моря, которых составляет 477, 1880, 670, 1248 м, соответственно.

Динамика среднегодовой температуры атмосферного воздуха на высоте 670-1880 м. над уровнем моря хорошо аппроксимировалась линейной моделью (рис. 1):

$$T(t) = T_0 + bt,$$

где $T(t)$ средняя температура на момент времени t , T_0 – минимальная температура, b – скорость увеличения среднегодовой температуры, $^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Параметры модели представлены в таблице 1.

Установлено, что температура атмосферного воздуха на большей части тестируемой территории достоверно возростала со скоростью 0,0098-0,01⁰С/год. Коэффициенты вариации, характеризующие неоднородность среднегодовой температуры изменялись в узком диапазоне 1,4-3,5% (табл. 2).

Среднегодовая температура (М) и максимальная ее величина (Мах) линейно закономерно снижались с возрастанием высоты над уровнем моря ($r = -0,998$).

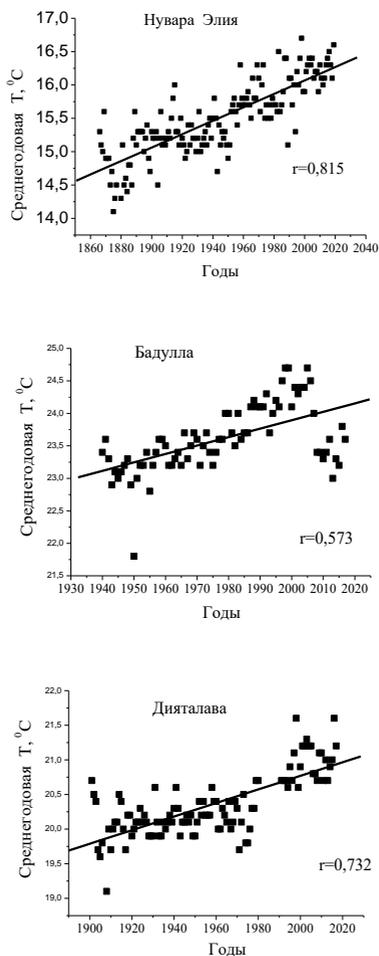


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры атмосферного воздуха в Нагорьях Центральной Шри-Ланки в зависимости от высоты над уровнем моря: 1880 м (Нувара Элия), 670 (Бадулла), 1248, (Дияталава)

Таблица 1
 Параметры линейной модели, характеризующие динамику среднегодовой температуры воздуха в Нагорьях Центральной Шри-Ланки

Метеостанция	r	b , °C/год
Канди (1870-1982)	-0,027	-
Нуvara Элия (1866-2019)	0,815	$0,01 \pm 5,8 * 10^{-4}$
Бадулла (1940-2017)	0,573	$0,012 \pm 0,002$
Дияталава (1901-2017)	0,732	$0,0098 \pm 8,9 * 10^{-4}$

Прослеживалась слабая тенденция снижения среднегодового количества осадков (табл. 3). Это подтверждают данные, полученные за последние 30 лет [4], согласно которым, в центральном горном регионе Шри-Ланке наблюдается тенденция снижения годового количества осадков. На некоторых метеорологических станциях были выявлены статистически значимые тенденции (как увеличения, так и уменьшения количества осадков), в сезон юго-западных муссонов (май – сентябрь).

Таблица 2
 Параметры, характеризующие неоднородность среднегодовой температуры атмосферного воздуха в Нагорьях Центральной Шри-Ланки

Параметр	Канди 1870-1982	Нуvara Элия 1866-2019	Бадулла 1940-2017	Дияталава 1901-2017
T(Min)	23	14	22	19
T(Max)	26	16	25	22
T(M)*	25	15	24	20
$\pm \delta$	0,36	0,54	0,51	0,47
V, %	1,4	3,5	2,2	2,3

*Среднее значение

Таблица 3
 Параметры линейной модели, характеризующие динамику среднегодового количества осадков

Метеостанция	r	b , мм/год
Канди (1866-2017)	-0,263	$-2,1 \pm 0,63$
Нуvara Элия (1866-2017)	-0,432	$-4,12 \pm 0,70$
Бадулла (1881-2017)	-0,120	$-1,2 \pm 0,9$
Дияталава (1901-2017)	0,272	$4,21 \pm 1,39$

Коэффициент вариации ($v\%$), характеризующий неоднородность количества осадков в рассматриваемый период, изменялся в пределах 17-30 (табл. 4).

Таблица 4

Параметры, характеризующие неоднородность
суммарного годового количества осадков

Параметр	Канди 1866-2017	Нуvara Элия 1866-2017	Бадулла 1881-2017	Дияталава 1901-2017
Min	1300	1138	1035	812
Max	3102	3448	3841	4340
M	2008	2109	1807	1750
$\pm\delta$	352	420	401	527
V, %	17	20	22	30

Максимальной неоднородностью характеризовалось количество осадков на высоте 1248 м. над уровнем моря (Дияталава), минимальной – на высоте 477м (Канди). Максимальное годовое количество осадков варьировалось в пределах 3102-4340 мм. Зависимости указанного показателя от высоты над уровнем моря не выявлено. Наблюдали возрастание годового количества осадков с высотой: коэффициент корреляции (r) по линейной модели составил 0,362 (корреляционная связь существенна).

Информационные источники

1. Ипполитов, И. И. Структура и динамика метеорологических полей на азиатской территории России в период интенсивного глобального потепления 1975-2005 гг. / И. И. Ипполитов, М. В. Кабанов, С. В. Логинов, Е. В. Харюткина // *Journal of Siberian Federal University*. – 2008. – *Biology* 4. – P. 323-344.
2. Мелешко, В. П. Насколько наблюдаемое потепление климата России согласуется с расчетами по объединенным моделям общей циркуляции атмосферы и океана? / В. П. Милешко, В. М. Мирвис, В. А. Говоркова // *Метеорология и гидрология*. – 2007. – № 10. – С. 5-19.
3. De Costa, W. A. J. M. Climate change in Sri Lanka: myth or reality? Evidence from long-term meteorological data / W. A. J. M. De Costa // *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*. – 2008. – № 36 (Special Issue). – P. 63-88.
4. Herath, S. Monitoring rainfall trends to predict adverse impacts – A case study from Sri Lanka (1964-1993) / S. Herath, U. Ratnayake // *Global Environ. Change*. – 2004. – № 14. – P. 71-79.
5. IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / eds. T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley. – Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA : Cambridge University Press, 2013. – 1535 p.

6. Kottawa-Arachchi, J. D. Climate change impacts on biodiversity and ecosystems in Sri Lanka: A review / J. D. Kottawa-Arachchi, M. A. Wijeratne // *Nature Conservation Research. Заповедная наука.* – 2017. – № 2 (3). – P. 2-22.
7. MOE. Sri Lanka's second national communication on climate change. – Sri Lanka : Ministry of Environment ; Climate Change Secretariat, 2011. – 160 p.
8. Wijeratne, M. A. Analysis of rainfall and temperature in tea growing agro-ecological regions and assessment of vulnerability of tea plantations in Sri Lanka to climate change / M. A. Wijeratne, L. Chandrapala // *Sri Lanka Journal of Tea Science.* – 2013. – № 78 (1/2). – P. 42-45.
9. Zubair, L. The El Niño event of 2015/16 in Sri Lanka Predictions, Preparedness, Communication and Impacts / L. Zubair, Z. Yahiya, P. Agalawatte, R. Lokuhetti // *NeelaHaritha: The Climate Change Magazine of Sri Lanka Inaugurate.* – 2016. – P. 40-46.

Чернова Мария Александровна,

научный сотрудник лаборатории мониторинга агроклиматического и водно-ресурсного потенциалов территорий, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, г. Тамбов, Россия; chernovamariusya@mail.ru

Буковский Михаил Евгеньевич,

кандидат географических наук, доцент, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина; г. Тамбов, Россия; mikezzz@mail.ru

Дудник Вера Валентиновна,

ведущий метеоролог, Тамбовский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», г. Тамбов, Россия; tgmc@mail.ru

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕТНЕГО СТОКА РЕК ВОЛЖСКОГО БАСЕЙНА НА ТЕРРИТОРИИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 65 ЛЕТ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: волжский бассейн; водообеспеченность; летний сток рек; реки; половодье.

АННОТАЦИЯ. В статье рассматривается режим стока четырех рек Волжского бассейна – Цна, Большой Ломовис, Челновая, Кариан – на территории Тамбовской области. Авторами были проведены расчеты увеличения стока рек в период летней межени за последние 65 лет. Это позволило выявить, что на реках волжского бассейна на территории Тамбовской области существует тенденция к изменению стока в разрезе гидрологических периодов.

Maria A. Chernova,

Researcher of the Laboratory for Monitoring the Agroclimatic and Water Resources Potential of Territories, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russia

Mikhail E. Bukovskiy,

Candidate of Geography, Associate Professor, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russia

Vera V. Dudnik,

Leading Meteorologist, Tambov Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring – a branch of the Federal State Budgetary Institution “Central Chernozem Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring”, Tambov, Russia

ASSESSMENT OF CHANGES IN THE SUMMER FLOW OF RIVERS IN THE VOLGA BASIN IN THE TAMBOV REGION OVER 65 YEARS

KEYWORDS: Volga basin; water availability; summer river flow; rivers; flood.

ABSTRACT. The article considers the flow regime of four rivers of the Volga basin – Tsna, Bolshoy Lomovis, Chelnovaya, Karian – on the territory of the Tambov region. The authors have calculated the increase in river flow during the summer low water period over the past 65 years. This allowed us to reveal that on the rivers of the Volga basin in the territory of the Tambov region there is a tendency to change the flow in the context of hydrological periods.

Не секрет, что реки играют важную эксплуатационную роль в жизни людей. Реки Тамбовской области, часто имеют неравномерный характер стока в течение года, отличаются высоким весенним половодьем, низкой летней и зимней меженью и слегка повышенным стоком в осенний период.

Информация о гидрологическом режиме рек играет важную роль при строительстве мостов, плотин, безопасном пропуске весеннего половодья. Информация о поверхностном стоке важна для сельских, лесных, рыбных хозяйств, организации мест отдыха, спортивного туризма [1]. Тамбовский край – аграрный регион, поэтому информация о стоке и, следовательно, о водообеспеченности, является крайне актуальной для данной местности [2].

В течение нескольких лет нами производилась оцифровка необходимых для проведения исследований данных из журналов гидрологических наблюдений. Всего было оцифровано более 22500 значений.

Для данной статьи нами были обработаны и проанализированы первичные данные гидрологических журналов ежедневных уровней и расходов воды рек волжского бассейна на территории Тамбовской области за период с 1955 по 2019 гг. Работа велась на базе Тамбовского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала ФГБУ «Центрально-Чернозёмное УГМС».

Для тамбовских рек впервые за 65 лет были даны описания гидрологического режима рек и проанализирована динамика стока воды за период в 65 лет. В результате исследований было установлено изменение распределения стока поверхностных водотоков по сравнению с оценкой, проводившейся в 70-х годах прошлого века.

Тамбовская область в достаточной степени обеспечена ресурсами поверхностного стока [3]. По данным литературных источников, опирающихся на Гидрологическую изученность территории СССР [4], сток воды за половодье в реках донского бассейна составляет 75-90% от годового [5].

На современном этапе исследования уже установлено, что за последние полвека лет на территории Тамбовской области произошло значительное перераспределение стока поверхностных водотоков в пределах

донского бассейна по сезонам года [6] по сравнению с оценкой, проводившейся в 70-х годах прошлого века [4].

Гидрологические исследования рек, относящихся к бассейну реки Волги на территории Тамбовской области, ведутся и в настоящее время.

Представленные в статье результаты помогают увидеть динамику и выявить тенденции изменения стока воды в реках на территории Тамбовской области за гидрологические периоды.

В настоящей работе для сравнительного анализа выбраны два 22-летних промежутка – с 1955 года по 1976 год и с 1999 года по 2019 год. Выбор границ первого промежутка обусловлен тем, что на одном из гидропостов ежедневные наблюдения за уровнями и расходами начинаются с 1955 года. В 1966 году вышел в свет том о реках волжского бассейна «Ресурсов поверхностных вод СССР» [4]. Плюс ко всему с середины 70-х годов, на территории области стала проводиться масштабная гидромелиорация. Второй промежуток является современным, по количеству лет аналогичен первому.

Результаты распределения годового стока изученных рек по гидрологическим периодам представлены на рисунке 1.

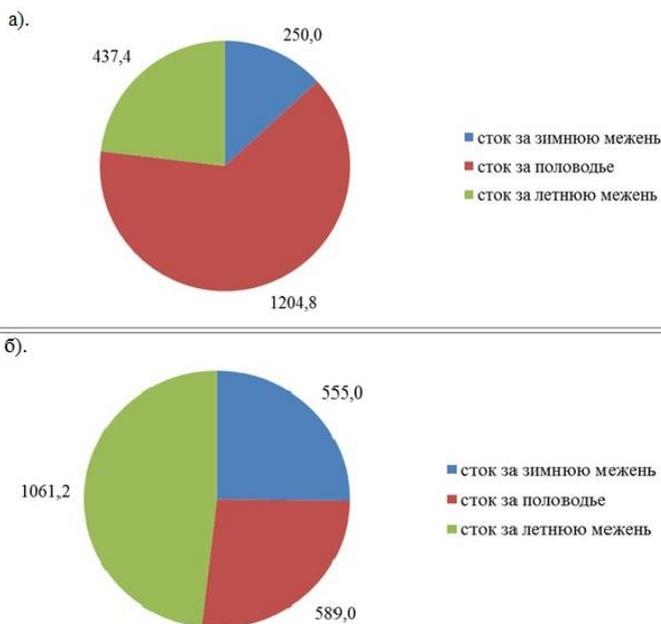


Рис. 1. Суммарный сток рек Цна, Большой Ломовис, Челновая, Кариан с территории Тамбовской области, осреднённый за период а) 1955-1976 гг., млн м³; б) 1999-2019 гг., млн м³

Сравнивая диаграммы на рисунке можно отметить, что распределение суммарного стока за период с 1999 по 2019 гг., по сравнению с промежутком 1955-1976 гг., заметно изменилось: так стоки зимней и летней межени увеличились чуть больше, чем вдвое, а вот сток за половодье сократился почти на столько же от данных первого периода.

На графиках, отображенных на рисунке 2, представлены изменения годового стока рек Цна, Большой Ломовис, Челновая, Кариан с территории Тамбовской области. Судя по графику, можно резюмировать, что суммарный годовой сток рек за период с 1955 по 2019 гг. (в случаях с Челновой и Цной на гидропосту «Кузмино-Гать» – по 2015 год) отличался значительной межгодовой изменчивостью, но при этом существенно не изменился.

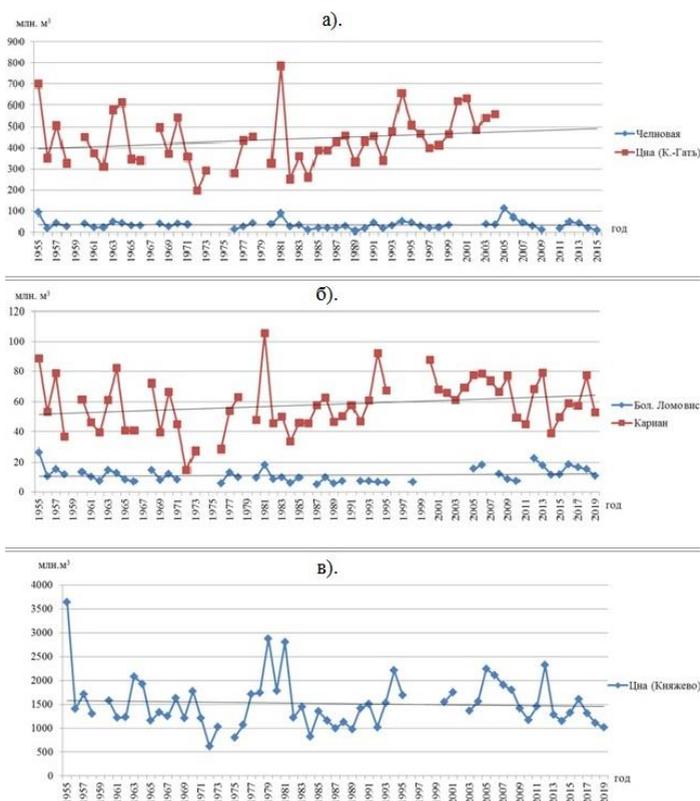


Рис. 2. Годовой сток рек а) Челновая и Цна (гидропост «Кузмино-Гать») за период с 1955 по 2019 гг.; б) Большой Ломовис и Кариан за период с 1960 по 2016 гг.; в) Цны (гидропост «Княжево») за период с 1955 по 2019 гг.

В пользу постоянства годового стока в течение последних 65-ти лет говорит и низкая достоверность трендов, которые также представлены на графиках рисунка (табл. 1).

Таблица 1

Достоверность трендов годового стока

Название реки	Величина достоверности аппроксимации
Челновая	$R^2 = 0,0349$
Цна (К.-Гать)	$R^2 = 0,0031$
Цна (Княжево)	$R^2 = 0,0053$
Кариан	$R^2 = 0,0498$
Большой Ломовис	$R^2 = 0,0104$

На рисунке 3 обозначены данные, свидетельствующие о бесспорном увеличении стока летней межени современного периода по сравнению с 60-70-ми годами прошлого века во всех изученных реках волжско-го бассейна на территории Тамбовской области.

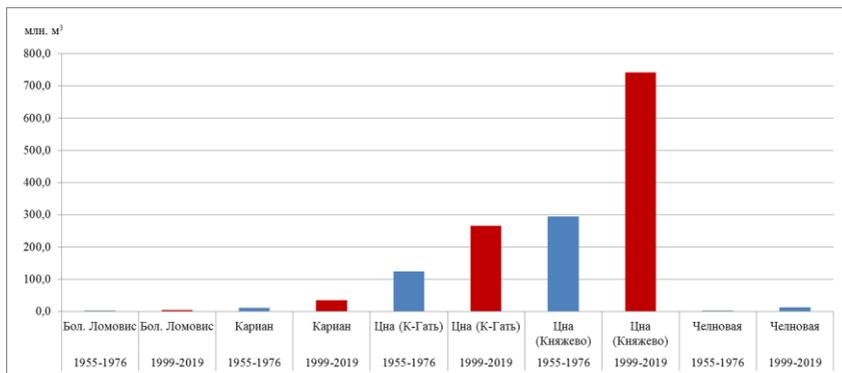


Рис. 3. Суммарный сток летней межени рек Цна, Большой Ломовис, Челновая, Кариан, осредненный за период за два 22-летних периода (1955-1976 гг., 1999-2019 гг.)

Разница между величинами современного стока и величинами, посчитанными в прошлом веке и до настоящего времени используемыми в качестве справочных, для рек Цна, Большой Ломовис, Челновая, Кариан представлена в таблице 2.

Суммарный сток летней межени на всех рассматриваемых реках волжского бассейна на территории Тамбовской области за период 1999-2019 гг. увеличился в каждом случае как минимум в 2 раза по сравнению с временным периодом 1955-1976 гг.

В результате проведенных выше исследований удалось выяснить, что на реках волжского бассейна на территории Тамбовской области существует тенденция к изменению стока в разрезе гидрологических пери-

одов. Нами была выявлена динамика распределения стока водотоков поверхностных источников по сравнению с оценкой, проведённой в 60-70-х годах прошлого века.

Таблица 2

Разница суммарного стока летней межени рек Цна, Большой Ломовис, Челновая, Кариан в разрезе двух 22-летних периодов

Название реки	Сток летней межени 1955-1976 гг., млн м ³	Сток летней межени 1999-2019 гг., млн м ³	Разница, млн м ³
Большой Ломовис	2,4	5,5	3,1
Челновая	3,2	13,4	10,2
Кариан	12,1	34,8	22,7
Цна (К.-Гать)	125,2	266,0	140,8
Цна (Княжево)	294,5	741,5	447,0
Всего:	437,4	1061,2	623,8

Так на рассматриваемых нами в данной статье реках волжского бассейна на территории Тамбовской области отмечено явное уменьшение стока, проходящего в половодье, за счёт роста стока воды в периоды летней и зимней межени.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы: назрела потребность обновления справочных сведений по поверхностному стоку, расчётов водообеспеченности территорий, оценки ресурсов поверхностного стока в период наиболее активного использования поверхностных водотоков на территории Тамбовской области, т. е. в летний период.

Актуальная информация, приобретённая в процессе рассмотрения гидрологических характеристик поверхностных водотоков и оценке водообеспеченности сельских населённых пунктов области, даст возможность значительно повысить достоверность расчетов обеспеченности водными ресурсами для нужд аграрной сферы и населения.

Исследование выполнено при поддержке Русского географического общества в рамках научного проекта № 05/2020-Р.

Информационные источники

1. Инженерная экология и экологический менеджмент / под ред. Н. И. Иванова, И. М. Фадиной. – М. : Логос, 2003. – 528 с.
2. Воронцов, А. И. Охрана природы / А. И. Воронцов, Н. З. Харитонов. – М. : Высшая школа, 1971. – 360 с.
3. Соколов, А. А. Гидрография СССР / А. А. Соколов. – Л.: Гидрометеоздат, 1952. – 287 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 10. Верхне-Волжский район. Книга 1. – Л. : Гидрометеоздат, 1973. – 472 с.

5. Дудник, Н. И. Реки Тамбовской области : каталог / Н. И. Дудник. – Тамбов, 1991. – 30 с.
6. Буковский, М. Е. Оценка изменения летнего стока рек донского бассейна на территории Тамбовской области за последние полвека / М. Е. Буковский, М. А. Чернова // Экология речных бассейнов : Труды 9-й Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. проф. Т. А. Трифоновой ; Владим. гос. ун-т. им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир, 2018. – С. 33-39.

Черных Дмитрий Владимирович,

доктор географических наук, главный научный сотрудник, Институт водных и экологических проблем СО РАН; профессор, Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия; chernykh@mail.ru

Лубенец Лилия Федоровна,

кандидат географических наук, научный сотрудник, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия; lilia_lubenets@mail.ru

**ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ
ГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ ОЦЕНКИ
СВЯЗАННЫХ С ВОДОЙ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ
(НА ПРИМЕРЕ ТИГИРЕКСКОГО ЗАПОВЕДНИКА)**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экосистемные услуги; гидрологические функции; горные ландшафты; охраняемые территории; заповедники; гидрология.

АННОТАЦИЯ. Для превентивной оценки связанных с водой экосистемных услуг применен алгоритм, в основе которого лежит классификация геосистем в зависимости от особенностей преобразования поступающей в них влаги. Такая классификация позволяет в первом приближении охарактеризовать гидрологические функции геосистем. В качестве модельного объекта выступила часть территории Тигирекского заповедника (Северо-Западный Алтай). Более половины площади занимают ландшафты с преобладанием транзитной функции, что свидетельствует о высоком стокоформирующем потенциале территории. Одновременно с этим в Тигирекской котловине сосредоточены геосистемы с преобладанием регулятивной функции.

Dmitry V. Chernykh,

Doctor of Geography), Chief Researcher, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences; Professor, Altai State University, Barnaul, Russia

Lilia F. Lubenets,

Candidate of Geography, Researcher, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia

**DESCRIPTION OF HYDROLOGICAL FUNCTIONS
OF MOUNTAIN LANDSCAPES AS A BASIS FOR ASSESSING
WATER-RELATED ECOSYSTEM SERVICES
(BY THE EXAMPLE OF THE TIGIREK NATURE RESERVE)**

KEYWORDS: ecosystem services; hydrological functions; mountain landscapes; protected areas; reserves; hydrology.

ABSTRACT. An algorithm based on geosystems classification depending on features of related moisture transformation is used for preventive assessing water-related ecosystem services. Such a classification enables to characterize hydrological functions of

geosystems in the first approximation. The territory of the Tigirek Nature Reserve (North-Western Altai) is partially used as a model object. Most of its area is occupied by landscapes with a predominantly transit function that is evidence of a high stream-flow formation potential of the territory. At the same time, geosystems with a mainly regulatory function are concentrated in the Tigirek basin as well.

Экосистемные услуги (ЭС), связанные с водой, играют важную роль в жизни общества. Наряду с обеспечивающими (питьевая вода, водные биологические ресурсы и т. д.), среди них по своему значению выделяются регулирующие услуги – регулирование стока, которое предотвращает экстремальные ситуации путем хранения и перераспределения воды, и регулирование эрозии [4].

Непосредственно связанные с водой ЭУ могут быть определены с помощью таких показателей, как биомасса, содержание влаги в почве, разгрузка грунтовых вод, пополнение запасов грунтовых вод, потеря гумуса почвы, объем наносов и т. д. [5].

Для количественной оценки ЭУ, связанных с водой, широко применяется моделирование. В то же время не все экосистемные услуги можно надежно смоделировать. Точность моделей зависит от качества и количества входящих данных и их пространственно-временного разрешения. Так, в регионах с высокой сезонной и межгодовой изменчивостью климата и гидрологического режима, например, в районах с продолжительным зимним периодом, среднегодовые значения значимых показателей не могут отражать сезонную изменчивость.

Принимая во внимание эти часто игнорируемые пространственно-временные аспекты, а также то, что связанные с водой ЭУ в значительной мере определяются ландшафтной структурой [3], для оценки и картирования связанных с водой ЭУ мы применили алгоритм, основанный на анализе ландшафтно-гидрологической организации территории. В основе алгоритма лежит классификация геосистем в зависимости от особенностей преобразования поступающей в них с атмосферными осадками или из других геосистем влаги [1]. Такая классификация позволяет обозначить приоритетные функциональные характеристики местоположения и в первом приближении охарактеризовать гидрологические функции геосистем.

Гидрологическая функция геосистемы определяется комбинацией двух приоритетных функциональных характеристик местоположения, одна из которых принимается за основную, вторая – за дополнительную (табл. 1).

Таблица 1

Приоритетные функциональные характеристики местоположения

Местоположения		Дополнительная функциональная характеристика местоположения (a-d)			
		Автономная	Транзитная	Регулятивная	Аккумулятивная
Основная функциональная характеристика местоположения (A-D)	Автономная	Aa	Ab	Ac	Ad
	Транзитная	Ba	Bb	Bc	Bd
	Регулятивная	Ca	Cb	Cc	Cd
	Аккумулятивная	Da	Db	Dc	Dd

Автономная функция подразумевает отсутствие импорта воды из других ландшафтов. Транзитной функции соответствует осуществление передачи воды от одного ландшафта к другому без существенных внутренних трансформаций. В результате регулятивной функции обеспечивается перераспределение и выравнивание стока в сезонном разрезе; уменьшение поверхностной составляющей стока, усиление питания подземных вод. Аккумулятивная функция подразумевает отсутствие экспорта воды в другие ландшафты и использование ее, преимущественно, на собственное функционирование. Из 16 возможных комбинаций этих функций реально могут реализоваться 13.

Оценка гидрологических функций геосистем проведена для части территории Тигирекского заповедника (северо-западный Алтай). В основу оценки положена ландшафтная карта Ханхаринского и Тигирекского участков заповедника вместе с охранной зоной [2]. В качестве основных единиц ландшафтного картографирования выступали простые и сложные урочища, понимаемые как сочетания генетически и пространственно взаимосвязанных, однородных по литологии, режимам увлажнения и миграции вещества фаций в пределах части или целой мезоформы рельефа. Всего для рассматриваемой территории было выделено 67 видов урочищ (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2

Функциональная характеристика местоположений на территории Тигирекского заповедника

№	Местоположение	Площадь, км ²	Доля от площади заповедника, %
1	Транзитно-автономные (Ab)	21,35	10,1
2	Регулятивно-автономные (Ac)	0	0
3	Автономно-транзитные (Ba)	32,49	15,4

Продолжение таблицы 2

№	Местоположение	Площадь, км ²	Доля от площади заповедника, %
4	Транзитные (Bb)	92,06	43,6
5	Регулятивно-транзитные (Bc)	0,57	0,3
6	Аккумулятивно-транзитные (Bd)	8,36	4,0
7	Автономно-регулятивные (Ca)	0	0
8	Транзитно-регулятивные (Cb)	15,19	7,2
9	Регулятивные (Cc)	0	0
10	Аккумулятивно-регулятивные (Cd)	9,58	4,5
11	Транзитно-аккумулятивные (Db)	29,59	14,0
12	Регулятивно-аккумулятивные (Dc)	1,84	0,9
13	Аккумулятивные (Dd)	0	0

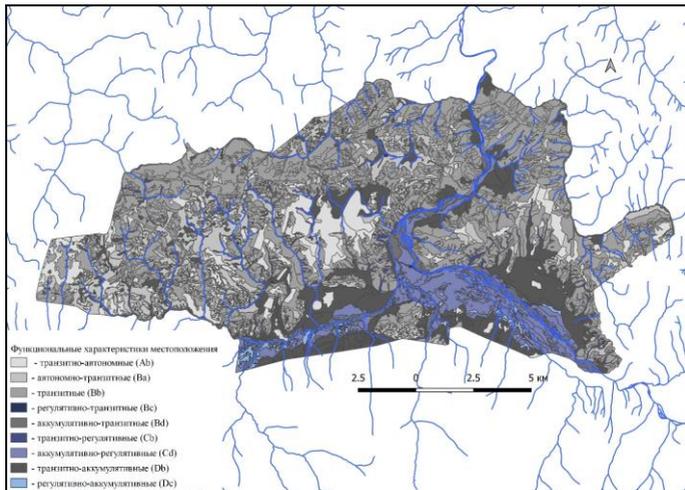


Рис. 1. Гидрологические функции геосистем (топо-гидрологический фон) Ханхаринского, Тигирекского участков и охранной зоны Тигирекского заповедника

Более половины площади рассматриваемой части заповедника (63,3%) занимают ландшафты с преобладанием транзитной функции местоположений (Табл.): автономно-транзитные (Ва) (15,4% от общей площади) – пологие ($L < 10^\circ$), редко покатые ($L 10-20^\circ$) склоны, террасовидные слабонаклонные площадки на вершинах и ступенчатых склонах; собственно транзитные (Вb) (43,6%) – склоны от покатых до обрывистых ($L > 10^\circ$); регулятивно-транзитные (Вс) (0,3%) – поймы проток малых рек, сезонно обсыхающие протоки, плоские места в понижениях; аккумулятивно-транзитные (Вd) (4,0%) – долины малых рек пойменные с фрагментами надпойменных террас, поверхности низкой, высокой и основной пойм средних рек. Такая ситуация, вкпе со значительным количеством атмосферных осадков, предопределяет высокий потенциал территории с точки зрения формирования стока. Важно то, что данная территория расположена в верховьях р. Иня, а формирующийся здесь сток поступает в районы, где количество атмосферных осадков значительно меньше (степные и лесостепные предгорья Алтая).

Одновременно с этим, высокий стокоформирующий потенциал территории, обусловленный значительным количеством осадков и преобладанием транзитной функции ландшафтов, предопределяет высокую активность склоновых процессов, быстрый и значительный подъем уровней воды в реках во время весеннего половодья и летних паводков. В таких условиях основным фактором, сдерживающим транзит воды со склонов, является естественная растительность, сохранившаяся благодаря жесткому охранному режиму заповедника.

Еще одной важной особенностью ландшафтно-гидрологической организации территории является то, что в долинах рр. Ини и Большого Тигирека сосредоточены геосистемы с преобладанием регулятивной функции (11,7% от общей площади картографирования). Представленные здесь плоские и слабо наклонные древнеаллювиальные террасированные поверхности, нередко заболоченные, играют важную роль во внутригодовом регулировании стока.

Работы выполнены в рамках государственного задания (№ 121031500222-5) при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты № 19-55-18001_Болг_а.

Информационные источники

1. Черных, Д. В. Алгоритм ландшафтно-гидрологических исследований в бассейнах малых и средних рек степной и лесостепной зон в условиях дефицита гидрометеорологической информации / Д. В. Черных, Д. В. Золотов, Р. Ю. Бирюков, Д. К. Першин // Вестник алтайской науки. – 2014. – № 4. – С. 173-177.

2. Черных, Д. В. Ландшафтная структура Ханхаринского, Тигирекского участков и охранной зоны Государственного природного заповедника «Тигирекский» / Д. В. Черных, Д. В. Золотов // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. – 2015. Вып. 37, № 2. – С. 16-28.
3. Brauman, K. A. The nature and value of ecosystem services: An overview highlighting hydrologic services / K. A. Brauman, G. C. Daily, T. K. Duarte, H. A. Mooney // *Annu Rev Environ Resour.* – 2007. – № 32. – P. 67-98.
4. Kandziora, M. Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators – a theoretical matrix exercise / M. Kandziora, B. Burkhard, F. Müller // *Ecol. Indic.* – 2013. – № 28. – P. 54-78.
5. Schmalz, B. Water-related ecosystem services – The Kielstau Basin case study / B. Schmalz, M. Kandziora, N. Chetverikova, F. Müller, N. Fohrer // *Ecosystem Services and River Basin Ecohydrology* / eds. L. Chicharo, F. Müller, N. Fohrer. – Springer, 2015. – P. 215-232. – ISBN 978-94-017-9845-7.

Шишкин Георгий Игоревич,

студент 2 курса магистратуры Института экологии и природопользования, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

ПОТЕНЦИАЛ САМООЧИЩЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА Г. КАЗАНИ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стратификация атмосферы; профилимерные измерения; температурная инверсия; воздушный бассейн; самоочищение воздуха.

АННОТАЦИЯ. В работе произведена оценка стратификации атмосферы, выявлены условия распределения изотермических и инверсионных слоев в нижнем слое атмосферы по данным температурного профилимера МТР-5 на метеорологической станции Казань-университет.

Georgy I. Shishkin,

2nd year Master's Degree Student of Institute of Ecology and Nature Management, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

SELF-CLEANING POTENTIAL KAZAN AIR BASIN

KEYWORDS: stratification of the atmosphere; profiling measurements; temperature inversion; air pool; self-purification of air.

ABSTRACT. The assessment of the stratification of the atmosphere was carried out in the work, the conditions for the distribution of isothermal and inversion layers in the lower layer of the atmosphere were revealed according to the data of the temperature profiler MTP-5 at the meteorological station Kazan-University.

Введение. Загрязнение атмосферного воздуха в наши дни является одним из основополагающих факторов негативного воздействия на здоровье населения практически во всех крупных городах России. При этом количество городов с населением, постоянно находящимся «в зоне риска» неуклонно растет. Основной загрязняющий вклад, конечно же, приходится на промышленность и автомобильный транспорт. Среднегодовые показатели загрязнения воздуха зачастую превышают допустимые санитарно-гигиенические нормы и ПДК. С начала XXI века ежегодно происходит прирост объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников на 2% в год.

Выделим основные факторы, определяющие изменчивость загрязненности городского воздуха. Это колебания количества выбросов и метеорологические условия, находящиеся в сложной зависимости с содержанием вредных примесей в атмосфере.

Большинство исследователей сходятся на необходимости использования в анализе этой зависимости не просто отдельных метеорологиче-

ских элементов, а целого комплекса характеристик, соответствующих определенной метеорологической ситуации [1; 2; 3; 4].

На данный момент служба Росгидромета имеет в своем распоряжении качественные математические модели по определению потенциала загрязнения и самоочистения атмосферного воздуха. Основная сложность заключается в наполнении этих моделей оперативными данными. Поэтому наибольшее распространение получили различные методики, использующие доступную метеорологическую информацию и удачно применяемые для любой территории.

Методы исследования и обсуждение. Автором использован банк данных профилемерных наблюдений метеорологической обсерватории КФУ за 2015 год. Ряды исходных данных представлены в виде серии последовательных данных (ежедневных) с временным разрешением 10 минут. Пространственное разрешение (по высоте) – 50 метров.

Обработка и обобщение исходных данных проводилась с использованием авторских программ в среде программирования VBA, визуализация данных проводилась с использованием ГИС Golden Software Surfer.

Профилемер МТР-5 установлен на высоте 18 м на метеорологической вышке в условиях плотной городской застройки. Анализ данных прибора невозможно проводить без учёта скорости переноса в нижнем слое атмосферы. Скорость такого переноса заимствовалась из архива данных приземных метеорологических наблюдений на станции Казань-университет в непосредственной близости к месту установки метеорологического профилемера.

Используя профилемер МТР-5, мы можем получать подробные, непрерывные данные о температуре воздуха пограничного слоя атмосферы и наглядно отображать термическую структуру данного слоя с учетом ее временной динамики. Это даёт нам возможность оценить статистические характеристики изотермических и инверсионных слоев.

Прибор МТР-5 неприхотлив и позволяет проводить измерения почти в любых погодных условиях. В рассматриваемый период сбоев в работе измерительного комплекса, связанных с отключениями электричества или же иными неблагоприятными явлениями погоды не наблюдалось.

Автором проведена обработка, обобщение и визуализация исходных данных. Анализ построенных диаграмм позволяет получить представление о высотно-временном распределении температуры воздуха. В качестве наглядного примера были взяты центральные месяцы зимнего и летнего сезонов. Так, максимально контрастным является распределение температуры воздуха в летний период, когда роль подстилающей поверхности максимальна и наблюдается максимальный размах как по времени, так и по высоте (рис. 1.а, рис 1.б).

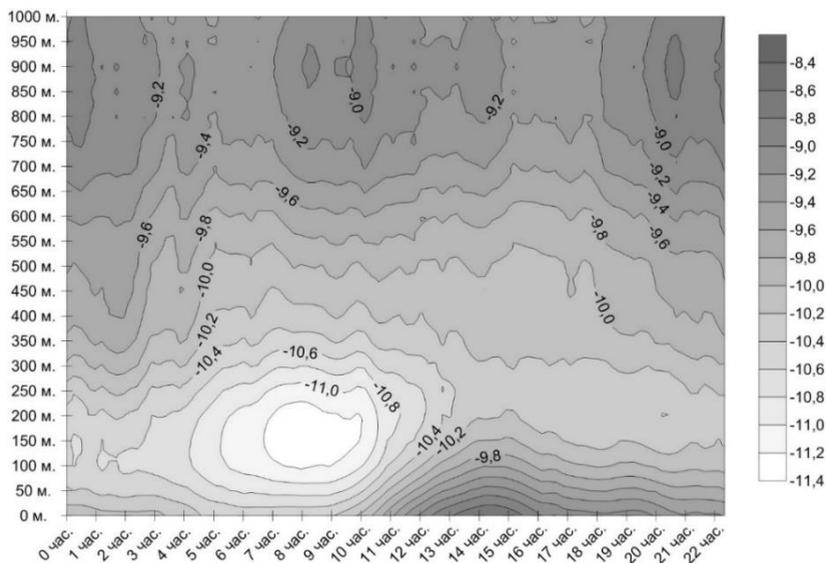


Рис. 1.а. Среднемесячное распределение температуры с высотой. Январь (осредненное за период с 1.01.2015 по 31.01.15)

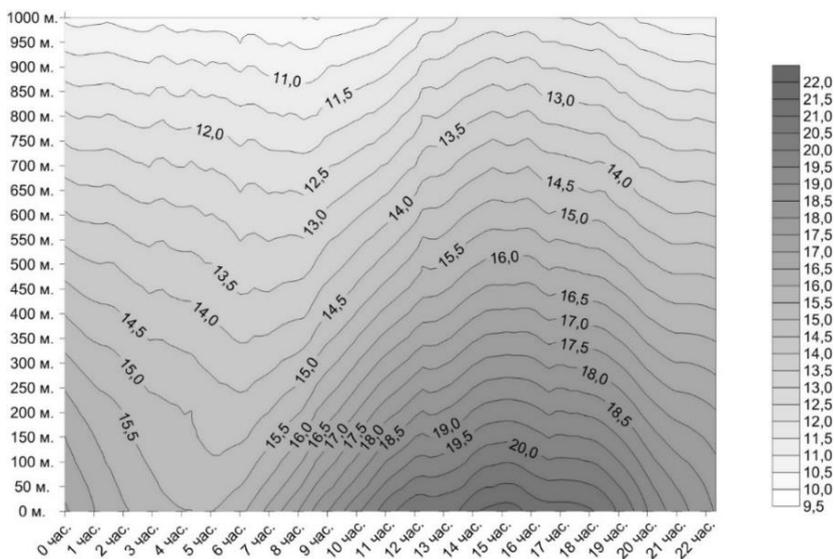


Рис. 1.б. Среднемесячное распределение температуры с высотой. Июль (осредненное за период с 1.07.2015 по 31.07.15)

В ходе работы выполнено сравнение вертикальных градиентов температуры в приземном слое в различные сезоны года. Выявленные существенные расхождения между ними указывают на различия термической структуры в условиях города. Исходя из данных таблиц 1-4, максимальная повторяемость инверсий наблюдается в зимнее время года в толще атмосферы 300-900 м, достигая своего максимума (63,3% сроков измерения) в слое 600-700 м. Отмечается также выраженный минимум у земной поверхности (слой 0-100 м).

Таблица 1
Повторяемость (%) вертикальных градиентов $dT^{\circ}C/100m$. Январь
(получены на основе рядов данных с 01.01.2015 по 31.01.2015)

Градации $dT^{\circ}C/100m$	Слой (м)									
	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000
($-\infty$;-5]										
(-5;-4]										
(-4;-3]										
(-3;-2]	0,1	0,8								
(-2;-1]	36,3	16,8	19,4	22,2	19,6	12,2				
(-1;0,5]	44,0	37,0	21,6	14,9	14,4	16,4	16,2	0,5	0,7	
(-0,5;0]	9,1	15,6	10,7	11,5	13,8	16,1	20,5	36,8	42,1	69,4
(0;0,5]	4,5	8,8	9,3	9,0	13,4	13,6	21,5	38,8	48,6	30,6
(0,5;1]	2,1	6,2	9,3	9,9	12,2	15,3	22,4	22,0	8,4	
(1;2]	3,5	9,0	15,7	19,0	24,2	24,9	19,4	2,0	0,2	
(2;3]	0,4	3,8	10,0	12,2	2,5	1,6	0,0			
(3;4]		1,7	3,6	1,4						
(4;5]		0,4	0,5							
(5;+ ∞)										

Летнее распределение повторяемости инверсий в приземном слое атмосферы отличается от зимнего. Согласно данным таблицы 2, общая повторяемость инверсий в слоях 0-1000 м не превышает 10% и имеет выраженный максимум у земной поверхности (слой 0-200 м).

Таблица 2
Повторяемость (%) вертикальных градиентов $dT^{\circ}C/100m$. Июль
(получены на основе рядов данных с 01.07.2015 по 31.07.2015)

Градации $dT^{\circ}C/100m$	Слой (м)									
	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000
($-\infty$;-5]										
(-5;-4]										
(-4;-3]										

Продолжение таблицы 2

Градации dT°C/100м	Слой (м)									
	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000
(-3;-2]	0,1									
(-2;-1]	45,0	46,3	40,5	36,9	30,4	23,7	10,3	2,2	11,3	20,0
(-1;-0,5]	34,2	29,3	37,8	43,5	46,8	53,2	72,1	93,1	87,6	79,7
(-0,5;0]	12,4	15,6	19,2	18,6	19,5	20,5	17,3	4,7	1,1	0,3
(0;0,5]	4,7	6,4	2,5	1,0	3,2	2,5	0,4			
(0,5;1]	2,4	2,4	0,0		0,1	0,1				
(1;2]	0,9	0,1								
(2;3]	0,3									
(3;4]										
(4;5]										
(5;+∞)										

При среднегодовом рассмотрении (табл. 3), повторяемость сроков с инверсионным распределением температуры не превышает 25%, максимум приходится на слой (600-700 м).

Таблица 3

Повторяемость (%) вертикальных градиентов dT°C/100м. Ср. год.
(получены на основе рядов данных с 01.01.2015 по 31.12.2015)

Градации dT°C/100м	Слой (м)									
	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000
(-∞;-5]	0,004									
(-5;-4]	0,002	0,002			0,002					
(-4;-3]			0,006	0,002	0,004	0,006				0,002
(-3;-2]	0,067	0,088	0,032	0,213	0,038	0,011	0,008	0,002	0,002	0,002
(-2;-1]	32,325	30,247	30,744	29,625	25,788	19,916	6,145	1,374	6,455	10,552
(-1;-0,5]	39,083	34,307	30,831	30,491	31,684	34,815	42,508	43,295	38,280	31,391
(-0,5;0]	14,559	16,524	18,912	20,599	23,314	23,908	27,603	34,410	40,348	53,849
(0;0,5]	5,063	6,651	8,225	8,522	10,367	11,294	14,467	16,960	13,978	4,199
(0,5;1]	3,128	4,422	4,064	4,541	4,551	5,594	6,239	3,780	0,921	0,006
(1;2]	3,735	4,916	4,616	4,363	3,988	4,248	3,021	0,179	0,015	
(2;3]	1,423	1,701	1,876	1,526	0,261	0,204	0,008			
(3;4]	0,457	0,748	0,616	0,118	0,002	0,002				
(4;5]	0,088	0,289	0,078							
(5;+∞)	0,068	0,105			0,002	0,002	0,002			

На основе данных с 5-минутным разрешением по времени и 50 м шагом по высоте было посчитано количество случаев инверсий в каждом 50-метровом слое за сутки. Далее это количество было умножено на шаг

по времени (5 минут) и отсюда получены данные о средней продолжительности инверсии для центральных месяцев зимнего и летнего сезонов года (рис. 2.а, рис. 2.б).

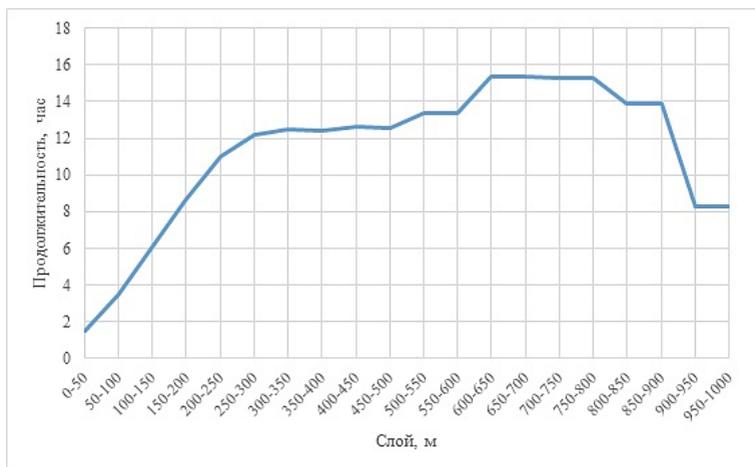


Рис. 2.а. Средняя продолжительность инверсии в слоях атмосферы. Январь

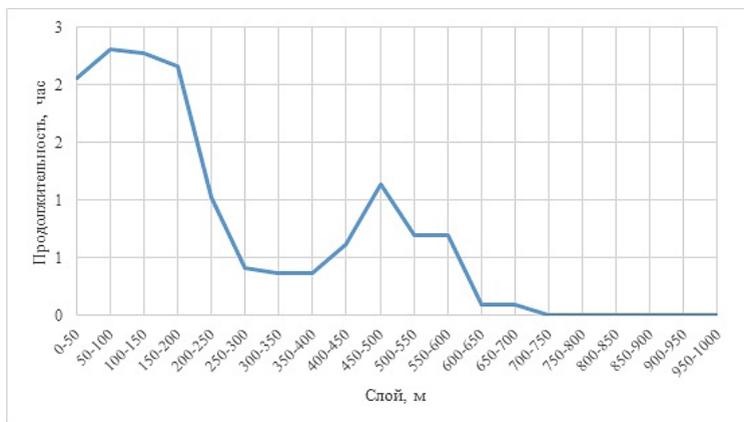


Рис. 2.б. Средняя продолжительность инверсии в слоях атмосферы. Июль

Согласно построенным графикам, продолжительность инверсии в среднем растет с высотой в холодный период года и падает в теплый период. Величина средней продолжительности инверсии изменялась в январе от 1,5 до 15,5 часов, в июле от 0,1 до 2,6 часов. Средняя продолжительность явления в январе составила примерно 9 часов, летом порядка 1,5 часов. Таким образом, максимальное значение характеристики про-

должительности отмечено в январе месяце. Это говорит о том, что зимний сезон особенно неблагоприятен для рассеивания примесей является в атмосфера города.

Существует еще одна важная характеристика температурных инверсий. Анализ вертикальных профилей температуры за исследуемый период с временным разрешением 5 минут, позволил оценить временное распределение мощности инверсионного слоя (рис. 3).

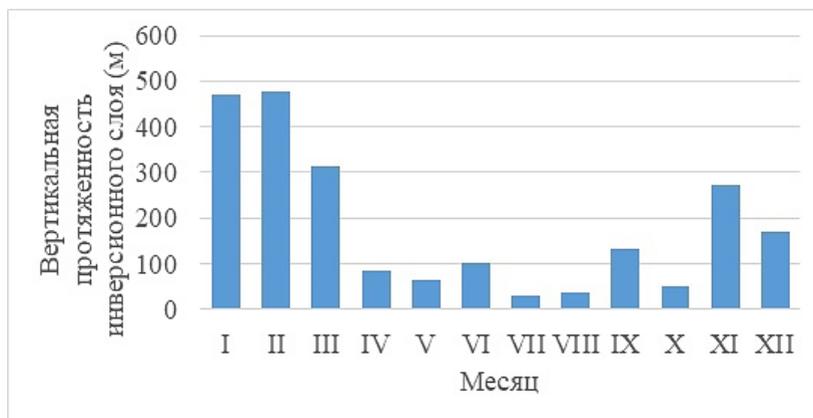


Рис. 3. Средняя вертикальная протяженность инверсионного слоя

Таким образом, средняя мощность инверсионного слоя в нижнем слое атмосферы максимальна в холодный период года (что препятствует рассеянию примесей) и минимальна в теплый период (что способствует рассеянию примесей).

Выводы. В ходе исследования были рассмотрены особенности стратификации приземного слоя атмосферы, а также распределения изотермических и инверсионных слоев. Получены следующие результаты:

- проведен сравнительный анализ диаграмм высотно-временного распределения температуры воздуха в холодный и теплый периоды года. При этом в теплый период размах как по времени, так и по высоте оказался максимален;
- проведен сравнительный анализ повторяемости вертикальных градиентов температуры в приземном слое атмосферы в различные сезоны года, а также её среднегодового распределения;
- выявлено, что продолжительность инверсии в среднем растет с высотой в холодный период года и падает в теплый период;
- на основе оценки средней продолжительности инверсии был сделан вывод о том, что холодный период года неблагоприятен для рассеивания примесей в атмосфере города, а условия тёплого периода напротив, способствуют рассеиванию;

• выявлено, что средняя мощность инверсии в нижнем слое атмосферы максимальна в холодный период года и минимальна в теплый период, что коррелирует с вышеприведенными выводами.

Информационные источники

1. Безуглая, Э. Ю. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере : справ. Пособие / Э. Ю. Безуглая. – Л. : Гидрометеиздат, 1983. – 228 с.
2. Переведенцев, Ю. П. Качество атмосферного воздуха в центре г. Казани / Ю. П. Переведенцев, Ю. Г. Хабутдинов, Н. В. Исмагилов, А. А. Николаев // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2014. – № 1. – С. 122-130.
3. Селегей, Т. С. Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы Сибирского экономического района / Т. С. Селегей // Труды Зап. Сиб. НИИ. – 1989 – № 86. – С. 84-89.
4. Селегей, Т. С. Потенциал рассеивающей способности атмосферы / Т. С. Селегей, И. П. Юрченко // География и природные ресурсы. – 1990. – № 2. – С. 132-137.

Секция 3

«Фенологическая сеть РГО: актуальные и перспективные направления деятельности; региональные аспекты фенологического мониторинга биоты»

УДК 574.472:581.543

DOI: 10.26170/KFG-2021-18

Большаков Владимир Николаевич,

доктор биологических наук, профессор, академик, Институт экологии растений и животных УрО РАН; vladimir.bolshakov@ipae.uran.ru

Курхинен Юрий Павлович,

доктор биологических наук, профессор, Университет Хельсинки, Финляндия; Институт леса, Карельский научный центр Российской академии наук, г. Петрозаводск, Россия; juri.kurhinen@helsinki.fi

Янцер Оксана Васильевна,

кандидат географических наук, доцент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; yantser@bk.ru

Оваскайнен Отсо,

доктор философии, Университет Хельсинки, Финляндия

К ДЕСЯТИЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ПРОЕКТА «ЛЕТОПИСЬ ПРИРОДЫ ЕВРАЗИИ»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: летопись природы; экосистемы; фенологические наблюдения; фенология; тайга; таежные леса; международные проекты.

АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрена история реализации проекта «Eurasian Chronicle of Nature – Large Scale Analysis of Changing Ecosystems» («Летопись природы Евразии: крупномасштабный анализ изменяющихся экосистем»). Приведены основные достижения, публикации, направления и перспективы развития совместных исследований и уникального опыта экологического мониторинга – ведению «Летописи природы» в заповедниках России и сопредельных стран.

Vladimir N. Bolshakov,

Doctor of Biology, Professor, Academician, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Yuri P. Kurkhinen,

Doctor of Biology, Professor, University of Helsinki, Finland; Forest Institute, Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

Oksana V. Yantser,

Candidate of Geography, Associate Professor, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

Otso Ovaskainen,

PhD, University of Helsinki, Finland

**TO THE TEN YEARS ANNIVERSARY OF RESEARCHING
THE BIOLOGICAL DIVERSITY OF TAIGA FORESTS
IN THE FRAMEWORK OF THE INTERNATIONAL PROJECT
“CHRONICLES OF THE NATURE OF EURASIA”**

KEYWORDS: chronicle of nature; ecosystems; phenological observations; phenology; taiga; taiga forests; international projects.

ABSTRACT. The article describes the history of the implementation of the “Eurasian Chronicle of Nature – Large Scale Analysis of Changing Ecosystems” project. The main achievements, publications, directions and prospects for the development of joint research and a unique experience of environmental monitoring – the maintenance of the “Chronicle of Nature” in the reserves of Russia and neighboring countries.

Введение. В период с начала 1980 годов были успешно реализованы несколько научных российско-финляндских проектов, преимущественно в области экологии животных. Результатом явились серьезные публикации (Linden et al. 2000, Kurhinen et al. 2009, 2011, Ивантер и др. 2009, Курхинен и др. 2006, 2009, Данилов и др. 2010 и др.). При этом в работах в «нулевые» годы уже основное внимание уделялось именно анализу видового разнообразия отдельных таксономических групп животных (млекопитающие). Установлено, что при математическом анализе антропогенных изменений видового разнообразия вполне пригодны материалы массовых учетов животных (зимний маршрутный учет, учет мелких млекопитающих на ловушко-линиях) и использование простых индексов разнообразия (например, индекс видового богатства, Курхинен и др. 2006). Несомненный успех в данном сотрудничестве побудил нас пойти дальше: перейти к исследованию биологического разнообразия экосистем на крупных территориях тайги Евразии, тем более что в последнее время исследователи биологического разнообразия экосистем столкнулись с новым вызовами. Довольно актуальными сейчас являются проблемы изучения последствий глобальных изменений климата на биоразнообразии экосистем бореальных лесов, которые в последние десятилетия к тому же подвергаются еще и интенсивному хозяйственному освоению. Как разделить это влияние и изучить эти два процесса раздельно, хотя бы на примере отдельных компонентов таежных экосистем? Задача это весьма сложная, поскольку эти два глобальных процесса воздействия идут одновременно. В связи с этим особое значение могут иметь материалы «Летописей природы» заповедных территорий, ведь

рубки леса и антропогенные пожары не влияют на экосистемы, по крайней мере, крупных ООПТ.

История реализации проекта. С 2011 г. группа исследователей приступила к разработке международного проекта. Его первоначальное название – «Linking environmental change to biodiversity change: long-term and large-scale data on European boreal forest diversity» (ЕВFB, «Связь изменений среды обитания с изменениями биоразнообразия: многолетние крупномасштабные данные о биологическом разнообразии бореальных лесов Европы»). С самого начала проект имел задачу – создание Базы данных массовых учетов животных (млекопитающие, птицы, беспозвоночные), учетов динамики обилия и разнообразия сосудистых растений и грибов, статистики охоты, динамики показателей метеофакторов, структуры лесного покрова и фенологических данных. Предполагалось, что в Базе данных будут отражены экологические изменения, которые произошли в экосистемах бореальных лесов за последние 40-50 лет (в том числе с учетом мониторинга антропогенной динамики структуры лесов, происходящей на фоне климатических изменений). Начиная с 2012 г. тематика проекта приняла четкий курс на работу с «Летописями природы» – источниками важных данных о многолетней динамике природных экосистем. В рамках проекта были разработаны унифицированные шаблоны таблиц, по которым сотрудники организаций, участвующих в проекте, оцифровывали разделы Летописей и передавали электронные таблицы в общую базу данных. В первую очередь были подготовлены массивы данных по следующим разделам Летописи природы: фенологический календарь (данные о сроках наступления метеоявлений и различных феноявлений в жизни растений, грибов и животных), численность млекопитающих (мелкие мышевидные и промысловые), численность птиц, урожайность ягод и травянистой растительности на постоянных пробных площадях. Наиболее востребованы сегодня фенологические данные, которые позволяют вести научные исследования по актуальному направлению – изучение воздействия изменения климата на природные экосистемы и изменения взаимодействия человека и природы в связи с климатическими факторами. Первые общие публикации показали, насколько важны данные фенологии «Летописей природы» для научного анализа последствий для природных объектов глобального изменения климата. В этой работе на отдельных видах показано, что за последние 40-50 лет изменения в сезонной жизни биоты ООПТ происходят, и довольно существенные. Первые семинары проекта с широким участием заповедников европейской части России состоялись на базе Природного парка «Оленьи ручьи» (стартовый семинар, Свердловская область, 2011), научно-исследовательской станции «Мекриярви» (2012, Финляндия), Национального парка «Водлозерский» в Петрозаводске (2013 г.). В последнем семинаре участвовали преимущественно представители

ООПТ европейской части России (государственные заповедники: Кивач, Печоро-Ильчский, Пинежский, Дарвинский, Костомукшский, Кандалакшский, Брянский лес, Нижне-Свирский, Полистовский, Пасвик; национальные парки: «Мещера», «Себежский», «Смоленское Поозерье», «Кенозерский»). Однако помимо заповедников и национальных парков, в работе проекта активно участвуют подразделения Российской академии наук: Карельский научный центр РАН, Уральское отделение РАН, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, а также Петрозаводский и Тюменский государственные университеты. Уже к началу 2014 г. к проекту присоединилось значительное количество участников из Сибирского региона: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, государственные заповедники Столбы, Малая Сосьва и другие. В октябре 2015 г. Алтайский государственный заповедник совместно с Университетом Хельсинки и Ассоциацией заповедников и национальных парков Алтае-Саянского региона провел очередной научный семинар, организованный на Телецком озере (пос. Артыбаш), его участниками были и представители ООПТ. В 2016 г. проект был реорганизован с новым названием – «Eurasian Chronicle of Nature – Large Scale Analysis of Changing Ecosystems» («Летопись природы Евразии: крупномасштабный анализ изменяющихся экосистем»). Поэтому семинар, организованный в октябре 2016 г. ФГБУ «Заповедное Прибайкалье» совместно с Университетом Хельсинки и другими коллегами из России, прошел уже под новым названием: «Летопись природы Евразии: крупномасштабный анализ изменяющихся экосистем». С 2017 г., когда участников проекта принимал ФГБУ «Приокско-Тerrasный государственный заповедник» в Подмоскowie, он реализуется при участии ФГБУ «Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела» Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. В 2018 г. семинар-совещание состоялось с 29 октября по 2 ноября в Национальном парке «Кенозерский» (Архангельская область) и последние встречи собрали уже от 80 до 100 участников. На последнем этапе к участию в проекте присоединились сотрудники лесостепных ООПТ (государственные заповедники «Приволжская лесостепь», «Воронежский», «Центрально-Черноземный», «Белогорье» и Хвалынский национальный парк).

Некоторые результаты. В настоящее время в качестве партнеров в проекте более 500 исследователей из 180 научных организаций и особо охраняемых природных территорий (ООПТ) России, Финляндии, Белоруссии, Швеции, Узбекистана, Казахстана, Киргизстана, Грузии, США, Эстонии и Латвии. Примечательно, что интерес к сотрудничеству в рамках проекта не снижается – в 2017-2018 гг. к числу участников проекта в среднем ежемесячно присоединяется новая организация. Ход реализации проекта осуществляется путем чередования камеральной обработки данных и разработки научных гипотез с ежегодными семинарами. При этом четко со-

блюдается авторское право партнеров на представленные материалы. Программа семинаров формируется преимущественно по четкой схеме и включала как правило – подведение итогов прошлого года (лет), включая изменение состава участников, количества и качества публикаций, а также обсуждение перспектив развития проекта на ближайшие годы.

К числу наиболее важных результатов научных проектов относят прежде всего совместные научные публикации. В их числе следует привести работы в рейтинговых изданиях по анализу фенологического ответа на изменение климата (Ovaskainen et al. 2013, Delgado et al. 2018, 2020), работы в области экологии животных (Ивантер, Курхинен 2017, Turkia et al. 2017, Bombieri et al. 2019, Gashev et al. 2020), а также статьи методического плана (Мамонтов и др. 2015, Курхинен и др. 2016). В ближайшее время планируется анализ изменений видового разнообразия отдельных таксономических групп на фоне климатических изменений.

В заключение следует отметить, что помимо задачи формирования базы данных в рамках Сети сотрудничества планируется, используя массовый материал по учетам животных и растений, а также новейшие математические методы, провести анализ состояния биологического разнообразия евроазиатской тайги как единого природно-территориального комплекса, с учетом географических и региональных особенностей и на фоне происходящих климатических изменений. Решение этой проблемы напрямую связано с результатами многолетней работы по ведению «Летописи природы» в заповедниках России и сопредельных стран, которую можно назвать уникальным опытом экологического мониторинга.

Информационные источники

1. Данилов, П. И. Фауна наземных позвоночных. Тетеревиные птицы / П. И. Данилов, В. В. Белкин, Ю. П. Курхинен // Мониторинг и сохранение биоразнообразия таежных экосистем Европейского Севера России / ред. П. И. Данилов. – 2010. – С. 125-139.
2. Ивантер, Э. В. Новый метод учета численности летяги (PTEROMYS VOLANS, RODENTIA, PTEROMYIDAE), его апробация и первые результаты / Э. В. Ивантер, Ю. П. Курхинен, Е. В. Кулебякина, И. К. Хански, Е. С. Задирака // Зоологический журнал. – 2009. – Т. 88, № 11. – С. 1396-1401.
3. Ивантер, Э. В. Изменения в населении мышевидных грызунов Восточной Фенноскандии под влиянием антропогенной трансформации таежных экосистем / Э. В. Ивантер, Ю. П. Курхинен // Зоологический журнал. – 2017. – Т. 96, № 4. – С. 458-476.
4. Курхинен, Ю. П. Млекопитающие Восточной Фенноскандии в условиях антропогенной трансформации таежных ландшафтов / Ю. П. Курхинен, П. И. Данилов, Э. В. Ивантер ; отв. ред. Э. В. Ивантер ; Ин-т леса КарНЦ РАН. – М. : Наука, 2006. – 208 с.

5. Курхинен Ю. Особенности и значение таежных коридоров в Восточной Фенноскандии / Ю. Курхинен, А. Громцев, П. Данилов, А. Крышень, Х. Линден, Т. Линдхольм // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Вып. 5. – С. 16-23.
6. Kurhinen, J. Patterns of black grouse, *Tetraoetrix* distribution in northwestern Russia at the turn of the millennium / J. Kurhinen, P. Danilov, A. Gromtsev, P. Helle, H. Lindèn // Collection of papers from the 4th International Black Grouse Conference. *Folia Zoologica*. – 2009. – № 58 (2). – P. 168-172.
7. Курхинен, Ю. П. Международный научный семинар «Летопись природы – создание общей базы данных для научного анализа и совместного планирования научных публикаций» / Ю. П. Курхинен, А. Ю. Буйволова, И. И. Сапельникова, Е. В. Варгот // *Nature Conservation Research*. Заповедная наука. – 2016. – № 1 (1). – С. 109-110.
8. Мамонтов, В. Н. Первые результаты радиотелеметрии летяги (*Pteromys Volans* L.) на юго-западе Архангельской области / В. Н. Мамонтов, Ю. П. Курхинен, И. К. Хански // Труды КарНЦ РАН. Сер. Биогеография. – 2015. – № 4. – С. 94-102. – DOI: 10.17076/bg13.
9. Bombieri, B. Brown bear attacks on humans: a worldwide perspective / B. Bombieri et al. – Текст : электронный // *Scientific Reports*. – 2019. – Vol. 9, Article number: 8573. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-44341-w>.
10. Delgado, M. The seasonal sensitivity of brown bear denning phenology in response to climatic variability / M. Delgado et al. // *Frontiers in Zoology*. – 2018. – № 15. – P. 41.
11. Delgado, M. Differences in spatial versus temporal reaction norms for spring and autumn phenological events / M. Delgado et al. // *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. – 2020. – <https://doi.org/10.1073/pnas.2002713117>.
12. Gashev, S. A diagnostic complex of features used to identify of voles *Microtus* (Rodentia, Cricetidae) in their sympatric areas / S. Gashev, F. Belyaeva, N. Sorokina, E. Bykova, J. Kurhinen // *Acta Theriologica Sinica*. – 2020. – № 40 (2). – P. 111-118. – DOI: 10.16829/j.slxb.150386.
13. Kurhinen, J, E. Distribution of the Siberian flying squirrel (*Pteromys Volans* L.) in taiga is thymuses between Baltic and White Searegions / J. Kurhinen, E. Kulebjakina, E. Zadiraka, V. Mamontov, E. Muravskaya, I. Hanski // *Acta Zoologica Lituanica*. – 2011. – Vol 21, № 4. – P. 306-310.
14. Linden, H. Large-scale corridors to connect the taiga fauna to Fennoscandia / H. Linden, P. Danilov, A. Gromtsev, P. Helle, E. Ivanter, J. Kurhinen // *Wildlife Biology*. – 2000. – № 6. – P. 179-188.
15. Ovaskainen, O. Community-level phenological response to climate change / O. Ovaskainen, S. Skorokhodova, M. Yakovleva, A. Sukhov, A. Kutenkov,

- N. Kutenkova, A. Shcherbakov, E. Meyke, M. Delgado // PNAS August 13. – 2013. – № 110 (33). – P. 13434-13439.
16. Roslin, T. Phenological shifts of abiotic events, producers and consumers across a continent / T. Roslin et al. // Nature climate change. – 2021. – DOI: 10.1038/s41558-020-00967-7.
17. Turkia, T. Red squirrels decline in abundance in the boreal forests of Finland and NW Russia / T. Turkia, V. Selonen, P. Danilov, J. Kurhinen, O. Ovaskainen, J. Rintala, J. E. Brommer // *Ecography*. – 2017. – № 40. – P. 001-009, 2017. – DOI: 10.1111/ecog.03093.

Гончаров Евгений Алексеевич,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, Россия; GoncharovEA@volgatech.net

Булыгина Наталья Алексеевна,

Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, Россия; BulyginaNA@volgatech.net

Маркова Ольга Александровна,

Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, Россия

**ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ
МАРИЙ ЭЛ: ИСТОРИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фенология; фенологические наблюдения; фенологическая сеть; календари природы; летопись природы.

АННОТАЦИЯ. В статье рассматривается история фенологических наблюдений в республике Марий Эл с конца XIX века и до сегодняшнего дня. Представлен обзор ранее разработанных и применяемых программ наблюдений за фенологическими явлениями. Описана история формирования Марийской фенологической комиссии в составе фенологической сети Географического общества. В статье упоминаются сведения о личностях, внесших значительный вклад в развитие фенологии.

Evgeniy.A. Goncharov,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

Natalya A. Bulygina,

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

Olga A. Markova,

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

**PHENOLOGICAL OBSERVATIONS IN THE REPUBLIC
OF MARIY EL: HISTORICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS**

KEYWORDS: phenology; phenological observations; phenological network; nature calendars; chronicle of nature.

ABSTRACT. The article examines the history of phenological observations in the Republic of Mari El from the end of the 19th century to the present day. An overview of previously developed and used programs for observing phenological phenomena is presented. The history of the formation of the Mari phenological commission as part of the phenological network of the Geographical Society is described. The article mentions information about individuals who have made a significant contribution to the development of phenology.

В России начало ведения фенологических наблюдений было положено в первой половине XVIII века. Исторически важную роль в их организации (с середины XIX века) сыграло Русское географическое общество (РГО). Первую программу для наблюдений в Восточной Европе в 1848 году для натуралистов-любителей создает Русское географическое общество (отдел статистики, П. И. Кеппен, В. С. Порошин).

Фенологические наблюдения в Республике Марий Эл имеют 155-летнюю историю и связаны с деятельностью: метеостанций (с 1852 года в г. Козьмодемьянске, с 1885 года в п. Новый Торъял, с 1899 года в п. Нартас, с 1926 года в г. Йошкар-Оле, с 1935 года в п. Морки); Марийского научно-краеведческого музея (сейчас – Национальный музей Республики Марий Эл им. Т. Евсеева); Ботанического сада ПЛТИ (сейчас – БСИ ПГТУ – с 1940 г.).

Первые известные зоофенологические наблюдения, проведенные в с. Макаровском (ныне п. Сернур) Е. С. Гусевым, относятся к 1851 году, и были опубликованы в «Сельской летописи» (1854). В 1852-1858 гг. в г. Козьмодемьянск вел метеорологические и орнитофенологические наблюдения Г. Я. Визгин (дневники содержат сведения о прилете грачей, скворцов, первой песни жаворонка). На основе его данных и более поздних наблюдений корреспондентов были опубликованы материалы по фенологическим наблюдениям за представителями животного мира. В этом же городе с 1860 года метеорологическими и фенологическими наблюдениями занимался корреспондент Главной физической обсерватории В. П. Громов. В его материалах имеются сведения по 23 видам животных. С 1885 года по 1916 год Казанское губернское земство издавало ежегодно обзоры «Казанская губерния в сельскохозяйственном отношении». Этот издательский орган сумел привлечь огромное число добровольных корреспондентов. Отдельные корреспонденты за добросовестное ведение наблюдений и высылку сведений в течение длительного времени награждались специальными медалями. Так, в 1914 году крестьянин деревни Сосновки Царевококшайского уезда Г. И. Плотников был награжден именным знаком «За заслуги, оказанные сельскому хозяйству». В архивах академии наук могли сохраниться фенологические сведения корреспондентов за период 1895-1916 гг. из одиннадцати населенных пунктов бывших Вятской, Казанской, Нижегородской губерний, вошедших в состав республики [1].

Более систематические фенологические наблюдения начались с 1924 года и связаны с созданием кружка «Любители природы» при городской школе. Фенологическая работа велась по единой программе центрального бюро краеведения. Результаты наблюдений вошли в издаваемый кружком при Казанском государственном университете бюллетень «Весна 1924» и «Весна 1925». Специальные зоофенологические исследо-

вания впервые были начаты в 1932 году А. А. Першаковым в окрестностях города Йошкар-Ола, однако до нас дошли лишь отрывочные сведения по фенологии уценных животных.

К началу XX века фенологические наблюдения по всей стране велись добровольными корреспондентами-фенологами, местными краеведческими организациями. Так, в рабочем плане отдела природы за 1939 год Марийского научно-краеведческого музея значатся фенологические наблюдения над сезонными явлениями природы, фотосъемка природных объектов, а также сбор и подготовка к экспонированию собранного материала. В период Великой Отечественной войны фенологические работы в республике почти не велись. Этот пробел восполняют материалы П. Д. Макарова (д. Большой Шокшем), который вел наблюдения с 1937 по 1968 годы.

В 50-х годах на территории СССР были сформированы на добровольных началах фенологические комиссии при отделениях Географического общества, работающих в различных областях. Целью их создания являлась координация работы местных фенологов, обеспечение их стандартными программами наблюдений, созданными для регионов, сбор и хранение архива фенологических наблюдений и использование многолетних данных для создания фенологических характеристик определенных зон и географических провинций. Марийская АССР не осталась в стороне и осенью 1959 года на базе Марийского научно-краеведческого музея начинает работу Марийская фенологическая комиссия, которой долгие годы руководит Николай Васильевич Иванов.

В 60-х годах XX века была начата работа по созданию комплексных фенологических характеристик природных зон и районов России. Результатом этой работы явилась публикация Географическим обществом СССР Фенологического ежегодника европейской территории СССР за 1961 год. Фенологические наблюдения в сборнике представлены для трех сезонов – весна, лето, осень. В сборник вошли сведения, представленные Д. Л. Ахмановым на основе фенонаблюдений по с. Казанское Сернурского района Марийской АССР.

Решением Президиума Географического общества СССР от 9 марта 1965 года (протокол № 16) Марийская фенологическая комиссия была включена в состав фенологической сети Географического общества СССР. Н. В. Иванов (годы жизни 1921-2012) – ученый-краевед, таксидермист, руководитель отдела природы Марийского научно-краеведческого музея и Марийской фенологической комиссии, член Географического и Ботанического обществ СССР. За время работы в музее Николай Васильевич являлся организатором и участником многочисленных экспедиций, вел научно-исследовательскую и собирательскую работу по исследованию природы марийского края. Местную фенологическую базу под фенологические

наблюдения подвел он. С 1963 по 1971 гг. занимаясь преподавательской деятельностью в Педагогическом институте им. Н.К. Крупской, а позднее с 1972 по 1993 гг. в Марийском государственном университете им был разработан спецкурс по фенологии. Все материалы наблюдений местных корреспондентов объединялись фенологической комиссией во главе с ним в единый документ и в виде фенологической сводки отправлялись в Географическое общество. В первый год существования комиссии велась активная работа по расширению сети корреспондентов путем рассылки программ наблюдений через общество охотников, государственную инспекцию охотничьего хозяйства, гидрометслужбу и Министерство просвещения республики. Программы, составленные Марийской фенологической комиссией, были разработаны для каждого сезона года и включали до 60 явлений, наблюдаемых в природе.

Количество отмечаемых явлений было разным по сезонам и в отдельные годы. Например, в бланке весенних наблюдений предлагалось отмечать до 5 явлений, включая начало и массовое проявление у 24 видов деревьев и кустарников. И становится понятным, что выполнить всю программу невозможно или крайне сложно одному человеку. Однако, существовала и сокращенная форма программы наблюдений для лесной зоны Европейской территории СССР, которая включала перечень всего 29 весенних явлений. Эту анкету мог заполнить непрофессиональный наблюдатель природы и бесплатно отослать на адрес Марийского научно-краеведческого музея и Марийской фенологической комиссии.

Число корреспондентов фенологической сети республики в лучшие годы достигало 145 человек, а пунктов наблюдений 102 (1967-1972 гг.). Основу сети составляли учителя, школьники, егеря, сотрудники метеостанций. Фенологический архив пополнялся также материалами, поступающими от государственных учреждений – заповедника, детских коллективов сельских школ под руководством учителей биологии и географии, другими организациями и даже семьями. Ежегодно отмечаемые даты фенологических событий оформлялись в табличном виде в многолетние погодичные ряды наблюдений, вошедшие в последующем в Календарь природы Марий Эл [1]. В основе этой книги лежат многолетние (до 45 лет) наблюдения метеорологических станций и наблюдателей республики до 2000 года включительно. Также результаты наблюдений вошли в издание: Сезонная жизнь природы Русской равнины. Календари природы Нечерноземной зоны РСФСР за 1960-1972 гг.

С 1988 г. число наблюдателей стало неуклонно снижаться и к 2006 году сошло практически на нет. Основной причиной стала отмена бесплатной почтовой пересылки фенологической корреспонденции (анкет). Программа наблюдений оставалась прежней, но количество наблюдателей снизилось. Очевидна и тенденция сокращения пунктов наблюдений.

Если в 1967 году количество пунктов наблюдений было 102, а корреспондентов-фенологов 143, то в 1997 году количество пунктов сократилось до 9 и наблюдателей осталось 10 человек. Корреспондентский «костяк» составляли энтузиасты своего дела, поистине любители природы родного края. В таблице приведена информация за разные годы о пунктах наблюдений и корреспондентах фенологических наблюдений (табл. 1).

Таблица 1

Фенологи республики Марий Эл [1]

Район, пункт наблюдения	Годы	Фамилия, имя, отчество
Ново-Торъяльский район		
д. Масканур	1965-1978	Егошина В.С.
Сернурский район		
д. Василенки	1960-1976	Кож-Важ Г.Р.
с. Казанское	1965-1995	Тымбаев И.Д., Шарнина Н.Н.
д. Кожласола	1960-1989	Иванов И.В.
пос. Сернур	1960-1985	Иванов И.В., Липатников Н.Т.
д. Большой Шокшем	1937-1967	Макаров П.Д.
д. Большая Ко клала	1965-1980	Яналов С.Д.
Мари-Турекский район		
с. Наргас	1930-1970	Сотрудники метеостанции
с. Хлебникове	1961-1980	Соловьев И.С.
п. Мариец	1965-1989	Сабитова М.А.
Моркинский район		
д. Досметкино	1964-1986	Сычева В.П.
д. Семи-Сола	1963-1989	Климентьев А.К., Сидоркина Л.М.
пос. Морки	1935-1970	Сотрудники метеостанции
Советский район		
д. Маска-Родо	1966-1980	Таньгин А.С.
пос. Советский	1965-1984	Глухарев Н.Д.
Медведевский район		
с. Семеновка	1966-1983	Потемкина Е.Н., Потемкина Т.И.
д. Азяково	1969-1990	Иванов Я.И.
д. Чигашево	1962-1986	Колчин И.Д., Бакунина Л.И.
д. Цибикнур	1957-1986	Виноградов А.Ф.
д. Кожино	1957-1986	Васильев А.И.
Звениговский район		
д. Тапгнур	1960-1991	Романов П.В.
п. Суслонгер	1965-1990	Малыганова О. А.
Горномарийский район		
д. Красный май	1965-1975	Кудряшов Л.А.
г. Козьмодемьянск	1924-1980	Бычков А.Я., Николаев Я.Ф. и др.

Продолжение таблицы 1

Район, пункт наблюдения	Годы	Фамилия, имя, отчество
Килемарский район		
д. Актаюж	1958-1974	Пахмутов А.М.
Юринский район	1930-1970	Сотрудники метеоцентра
с. Васильевское	1964-1980	Тезикова Г.П., Степаньчева В.Ф.
пос. Юрино	1924-1970	Першаков А.А., Болдырев В.И.
г. Йошкар-Ола	1953-2000	Иванов Н.В.
	1930-1970	Сотрудники метеоцентра

Фенологические наблюдения корреспондентов содержат короткие и отрывочные сведения, связанные с периодом жизни одного человека в отличие от добровольных обществ, коллективов, заповедников, ботанических садов, где продолжительность рядов наблюдений исчисляется десятилетиями. С момента создания особо охраняемых территорий в республике, в первую очередь заповедника (1993 г.), наблюдениям за сезонными изменениями в природе отводили важное место. Фенологические наблюдения обязательно присутствуют в структуре годового отчета работы ФГБУ «Государственный заповедник «Большая Кокшага» – «Летопись природы» [3]. Для заповедника характерно, в первую очередь, наблюдение за фенологией природных ландшафтов вне населенных пунктов. Сотрудники ведут наблюдения за растениями, животными, природными явлениями, абиотическими объектами по постоянным маршрутам и «случайным образом» (что встретилось во время прохождения того или иного маршрута). На территории заповедника есть метеостанция и результаты наблюдений за погодой и ее изменений входят в обязательный раздел «Погода» в составе Летописи природы. Особую важность представляет ведение «Календаря природы». В нем отражен ход различных фенологических явлений по сезонам года. К основным из них у растений относят: начало вегетации, цветение, созревание плодов, листопад и др. Для животных отмечают пробуждение и последнюю встречу перед зимним сном для видов с сезонной активностью (медведь, барсук, бурндук и другие); сроки прилета и отлета для птиц, улетающих в дальние края; даты появления детенышей у копытных – лося и кабана, сроки линьки и некоторые другие явления. Глава «Календарь природы» в ежегодной Летописи состоит из обзора фенологических явлений по сезонам с характеристикой сроков их наступления и хронологической таблицы, включающей около 200 явлений: наблюдений за погодой, состоянием снежного и ледового покрова, зоологические, наблюдения за прилетом и отлетом птиц, за фенологическими явлениями в жизни животных; фито-фенологические наблюдения за сезонной динамикой растений.

На территории города Йошкар-Ола фенологические наблюдения осуществляются на базе Ботанического сада Поволжского государственного технологического университета (организован в 1939 г.). С момента его создания сотрудниками ведутся фенологические наблюдения за всеми коллекционными растениями в культуре. Существует большое количество методик наблюдений как за сезонным развитием отдельных видов растений, так и за ходом сезонного развития растительного сообщества в целом. После опубликования «Методики фенологических наблюдений в ботанических садах СССР» 1975 г. наблюдения базируются на методике и фиксируются для каждого образца, находящегося на коллекционном питомнике. Методика различна для лиственных и хвойных пород, хотя некоторые фенофазы для них общие. Для лиственных растений фиксируются: начало разветвления почек, цветения, окончание цветения, продолжительность цветения, начало созревания плодов, массовый листопад, продолжительность вегетации. Объектами фенонаблюдений являются различные виды и сорта таких растений как боярышник, черемуха и др. У хвойных растений отмечают периоды видимого роста побегов, вызревания хвои, окончание роста побегов, одревеснение и других фаз развития. Отслеживания влияния температурного фактора на уровень изменчивости фенодат производится по данным метеопоста БСИ с 1968 г. Программа метеонаблюдений включает установление дат перехода среднесуточных температур через 0, 5, 1 °С; определение продолжительности теплого периода, сумма активных температур и др. [2].

И в ботаническом саду, и в заповеднике, и на метеостанциях в качестве методической базы используются адаптированные к задачам учреждений программы наблюдений. Базы данных наблюдений за сезонными явлениями «дикой» флоры и фауны республики весьма разрознены, не имеют постоянной основы и требуют унификации методических аспектов, выработки стандартных программ фенонаблюдений, актуализации методических подходов на региональном уровне. Существуют серьезные проблемы по координации исследований, согласованию методических вопросов ведения наблюдений, обработке данных, работе со специалистами, консультантами.

Сегодня для увеличения числа наблюдателей и систематизации полученных результатов Русским географическим обществом осуществляется проект по возрождению сети фенологических наблюдений. На сайте РГО «Фенологическая сеть» представлены методики ведения наблюдений за явлениями в природе. Фенонаблюдения ведутся участниками добровольной сети РГО и размещаются на сайте, а также специалистами научно-исследовательских и учебных заведений, ботанического сада, метеостанции. Но в связи с разрозненными данными необходимо создание единого координирующего центра в республике.

В настоящее время достигнуто соглашение о возобновлении деятельности Марийской фенологической комиссии на базе Национального музея Республики Марий Эл им. Т. Евсеева с участием специалистов Отдела природы музея, Отделения РГО в Республике Марий Эл и приглашением представителей Государственного природного заповедника «Большая Кокшага», Ботанического сада-института ПГТУ, Марийского ЦГМС, Министерства природных ресурсов, экологии и охраны окружающей среды РМЭ, Детского эколого-биологического центра РМЭ.

Для возрождения фенологической сети необходимо решить следующие задачи:

1. Обработка архивных материалов.
2. Создание на единой методической базе (в т. ч. с обязательным включением пунктов предыдущих длительных наблюдений) сети пунктов наблюдения с учетом ландшафтного разнообразия территории.
3. Активное вовлечение в деятельность учителей географии и биологии, структур дополнительного образования детей.
4. Проведение методических семинаров, конкурсов и конференций школьников для формирования навыков эколого-географических исследований и экологического воспитания.

Информационные источники

1. Иванов, Н. В. Календарь природы Марий Эл / Н. В. Иванов. – Йошкар-Ола, 2012. – 40 с.
2. Лазарева, С. М. Использование методик обработки данных фенологических наблюдений (на примере представителей семейства Pinaceae lindl) / С. М. Лазарева // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. – 2011. – Т. 4, № 2.
3. Летопись природы ФГБУ «Государственный заповедник «Большая Кокшага» за 2019 г. Кн. 26. – Йошкар-Ола, 2020. – 272 с. – URL: <https://b-kokshaga.ru/science/chronicle>. – Текст : электронный.

Гурьевских Ольга Юрьевна,

кандидат географических наук, доцент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; gurevskikh@mail.ru

МЕТОДИКА ЛАНДШАФТНОГО ОБОСНОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ФЕНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ УРАЛА

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фенологическая сеть; фенология; фенологические наблюдения; географическая репрезентативность; ландшафты; ландшафтоведение.

АННОТАЦИЯ. Статья посвящена вопросам научного обоснования региональной фенологической сети Урала. Методологической основой исследования послужил функционально-динамический подход. Структурный и пространственный анализ фенологической сети по ландшафтными провинциям Урала позволил выявить ее специфику, выраженную в разветвленности, но неравномерности и несоответствии ландшафтному разнообразию. Предложена единица типологической классификации ландшафтов, оптимально отражающая специфику территории и служащая основой для географической привязки региональной фенологической сети. Представлены ключевые критерии географической репрезентативности опорных пунктов фенологической сети: типичности, ландшафтного разнообразия, учета антропогенной дифференциации, определяющие корректность полученных данных. Рассмотрено значение фенологической сети для функционирования системы особо охраняемых природных территорий и для оптимизации мониторинга динамики природных комплексов в аспекте устойчивого развития региона.

Olga Yu. Guryevskikh,

Candidate of Geography, Associate Professor, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

METHODOLOGY FOR LANDSCAPE SUBSTANTIATION THE REGIONAL PHENOLOGICAL NETWORK OF THE URALS

KEYWORDS: phenological network; phenology; phenological observations; geographical representativeness; landscapes; landscape science.

ABSTRACT. The article is devoted to the scientific substantiation of the regional phenological network of the Urals. The methodological basis of the study is the functional-dynamic approach. Structural and spatial analysis of phenological network in landscape provinces of the Urals has allowed to reveal its specificity expressed in branching, but irregularity and inconsistency of landscape diversity. The unit of typological classification of landscapes, optimally reflecting specificity of territory and serving as a basis for geographical binding of a regional phenological network is offered. Key criteria of geographical representativeness of the phenological network reference points, i.e. typicalness, landscape diversity, consideration of anthropogenic differentiation, determining the adequacy of the obtained data, are presented. The article considers the importance of phenological network for functioning of the system of specially protected natural territories and for optimization of monitoring of dynamics of natural complexes in the aspect of sustainable development of the region.

Ландшафтная структура территории формируется в процессе смены состояний природных комплексов в ходе динамического и эволюционного развития. С позиций функционально-динамического подхода мозаичность структуры обусловлена факторами формирования, эмерджентными эффектами и неоднородностью географического контекста. Состояние геосистем рассматривается как пространственно-временная однородность, выделяемая по критериям сохранения состава и соотношения системообразующих элементов и ведущих процессов. Одной из важных характеристик геосистем является сезонная динамика, выражающаяся в ритмической смене непродолжительных состояний в рамках годичного цикла, причиной которых являются внутригодовые изменения теплового и водного режима. В логарифмическом масштабе сезонно-динамические состояния относятся к кратковременным и измеряются периодом в 100 лет [3].

Изучение сезонно-динамических состояний сопряжено с применением методов исследований, основанных на сборе, обработке и анализе существенного массива первичных данных, отобранных по ряду параметров. Сбор информации осуществляется в пределах фенологической сети, которая представляет собой совокупность географически репрезентативных опорных пунктов и ключевых участков, равномерно расположенных в типичных условиях региона. Длительность рядов наблюдений и географическая репрезентативность сети наблюдательных пунктов служит критерием достоверности полученной информации и кондиционности результатов выполняемых исследований. Основой получения данных для изучения сезонной динамики служит Фенологическая сеть Русского географического общества (РГО), которая объединяет инициативных корреспондентов-наблюдателей на территории России и в странах бывшего СССР. Они занимаются сбором первичных данных по единой программе [2]. Данные многолетних фенологических наблюдений добровольной фенологической сети, существовавшей в XX веке – единственный массовый и сопоставимый источник информации о реакции живой природы на изменения климата регионов России, в том числе и для Урала. Результаты многолетних наблюдений фенологической сети хранятся в Архивах РГО, размещенных в Фенологическом центре БИН РАН им. А.Л. Комарова в г. Санкт-Петербурге и представляют информацию по административным единицам Урала и Приуралья за период с 1923 по 2008 гг. Инвентаризация архивных материалов даже при первичном рассмотрении позволяет констатировать недостаточную плотность наблюдательных пунктов, фрагментарность информации по рядам и элементам биоты. Таким образом, несмотря на важность накопленного фактического материала, его недостаточная полнота обусловлена эмпирическим характером формирования сети без специального ландшафтного обоснования.

Теоретической основой ландшафтного обоснования фенологической сети служат функционально-динамический и исторический подходы. Относительная сложность создания географически репрезентативной территориальной модели обусловлена спецификой современной пространственной организации, сложившейся исторически. Фенологическая сеть формируется на основе постоянных или временных пунктов наблюдения, которые имеют привязку либо к местам локализации корреспондентов-наблюдателей в антропогенно-измененных селитебных территориях; либо расположены в пределах особо охраняемых природных территорий, осуществляющих фенологические исследования. При описании сезонной ритмики наибольшую ценность имеют длинные ряды наблюдений, сопоставимые с характерным временем развития геосистем. Подобные ряды фенологических наблюдений накоплены классическим или первичным методом группы регистраторов срока посредством фиксации даты наступления явления на определенной территории [2; 6; 7]. Как правило, длительность исследования зависит от преемственности фенологических исследований, т. е. связана с субъективными факторами. Прекращение деятельности исследователя приводит к окончанию фенологического ряда.

Наиболее полные сведения предоставляют особо охраняемые природные территории, действующие не инициативно, а в соответствии с планом научной работы. Расположенные в типичных природных условиях они отражают ландшафтное разнообразие и функционируют по единой программе наблюдений. К числу наиболее надежных источников фенологических данных относятся заповедники, обязательная научная деятельность которых осуществляется по программе Летописи природы. Накопленный ими фактический материал документального характера содержит информацию о состоянии и динамике природных явлений и процессов, отвечает требованиям достоверности, массовости, репрезентативности и многолетней преемственности.

Реализация требования географической репрезентативности при проектировании фенологической сети достигается посредством целенаправленного ландшафтного обоснования рационального размещения опорных пунктов. Ведущую роль при этом играет ландшафтный принцип, исходным теоретическим положением которого служит необходимость отражения в сети всех характерных природных комплексов определенного типа и таксономического ранга с позиций учета ландшафтного разнообразия [1]. Предпосылкой развертывания фенологической сети является изучение ландшафтной структуры территории; схема физико-географического районирования и ландшафтная карта, отражающая ландшафтное разнообразие региона, используются при этом в качестве объективной основы для выбора опорных пунктов и единиц учета.

Ключевым вопросом в этом плане является выбор географической основы, позволяющей организовать всю региональную фенологическую сеть и в то же время определить местоположения конкретных пунктов наблюдения. На современной стадии исследования для этих целей используются результаты мелкомасштабного физико-географического районирования, на основе которых определяется иерархический ранг геосистемы, отвечающей цели анализа сезонной динамики [2]. Как правило, для таких исследований применяется уровень ландшафтной области или ландшафтной провинции.

Ландшафтная область, включающая природные комплексы одной азональной страны, однородные по зональным и секторным особенностям, характеризуется основными типичными характеристиками гидротермических показателей: планетарным количеством тепла и влаги и их соотношением, т. е. энергетическими предпосылками для протекания физико-географических процессов. По странам изменяются главные черты геологического строения и рельефа и, следовательно, основные вещественные предпосылки для протекания этих процессов. Кроме того, геолого-геоморфологические факторы вносят существенные коррективы в секторно-зональный гидротермический фон, перераспределяя планетарные количества тепла и влаги по формам и элементам рельефа. Особенно велика роль геолого-геоморфологических факторов в горах, где зональность и секторность сильно осложняются высотной поясностью и проявляются в зональных и секторных типах ее структуры [4].

Ландшафтная область, особенно выделяемая в горах, представляет собой достаточно крупное и закономерно разнородное территориальное образование. Например, таежные и лесостепные области Урала включают не только горную полосу, но и предгорья, и Зауральский пенеппен. Поэтому часто в качестве основной физико-географической единицы для анализа сезонной динамики выбирают единицу более низкого ранга – ландшафтную провинцию. Эта геосистема объединяет природные комплексы, сходные по подзональным, секторным и неотектонико-орографическим особенностям. Геолого-геоморфологическая основа провинций характеризуется преобладанием одного морфометрического типа горного или равнинного рельефа, обусловленного общностью неотектонического режима; а в горах сходством структуры высотной поясности. Ландшафтные провинции обособляются в результате пространственного наложения факторов обособления тектогенных краев, подзон и климатических подсекторов.

Пространственный анализ сложившейся фенологической сети Урала на уровне ландшафтных провинций позволяет сделать вывод о нерепрезентативности размещения пунктов наблюдения по территории страны. Опорные пункты имеют разную форму организации – это временные объекты

вблизи мест проживания наблюдателей, либо постоянные пункты на территории государственных природных заповедников. Число опорных наблюдательных пунктов по провинциям изменяется, причем вне связи с типичностью местоположений. Например, в степной ландшафтной области Исетско-Уйская провинция Зауральского пенеблена представлена одним пунктом, расположенным в пойме реки Санарка, что не отражает типичных зональных условий на плакорах. Аналогичная ситуация складывается в Западной предгорно-среднегорной провинции Южного Урала, где также расположен только один пункт наблюдений, однако его надежность выше, благодаря статусу – он размещен на территории заповедника Шульган-Таш. Более разветвленная сеть фенопунктов характерна для Южно-Уральской возвышенной провинции, где представлено 6 пунктов наблюдения во всех генетических типах природных комплексов – 4 плакорных, 1 пойменный и 1 антропогенный. В пределах Урало-Тобольской провинции имеются ряды также 6 пунктов, однако преобладают данные учета в условиях селитебных антропогенных комплексов – 2; зональные и интразональные типы представлены каждый одним пунктом, что также не отражает ландшафтного разнообразия условий данной провинции. В Предуралье проанализированы 11 пунктов наблюдения – 4 в плакорных условиях, 5 в пойменных и 1 в антропогенных.

Существенная величина территории единиц районирования, а главное закономерная разнородность внутренней структуры, не позволяют выполнить детальный анализ факторов, определяющих тренды наступления сезонных явлений внутри провинций. Результаты районирования отражают общие черты – тенденции изменяющихся показателей и не позволяют учесть весь комплекс факторов, влияющих на количественные параметры, характеризующие динамику геосистем.

В качестве основного таксона для планирования фенологической сети и выбора пунктов наблюдения наиболее целесообразно использовать типологический подход вообще и ландшафтное картографирование в частности. Ландшафтная карта позволяет оперативно и детально изучать ландшафтное строение значительных по площади территорий, учитывать его при организации региональной фенологической сети и использовать для выбора точек наблюдения. Результаты ландшафтного картографирования позволяют теоретически определить достаточность объектов, необходимых для учета и отображения ландшафтного разнообразия в пунктах фенологической сети и упрощают решение вопроса о местоположении точек наблюдения внутри ландшафтных единиц. Наименьшим выделом, нуждающимся в выделении эталонных участков для проведения фенологических наблюдений, является обязательный низший таксон типологической классификации – вид ландшафтов. В то же время, следует отметить, что в связи со спецификой истории форми-

рования ландшафтных школ в России и несмотря на уровень развития науки и практики, до сих пор отсутствует общепринятая детальная ландшафтная карта Урала. Разработанные ландшафтные карты административных областей различаются подходами к построению классификаций природных комплексов и содержанием.

Практическая реализация ландшафтного принципа достигается посредством одновременного применения следующих «ключевых» критериев размещения опорных пунктов: типичности, ландшафтного разнообразия, ландшафтной целостности, учета антропогенной дифференциации. На стадии планирования фенологической сети обязательными представляются 3 этапа ландшафтных исследований: инвентаризационный, оценочный и целевой.

Инвентаризационный этап: 1) изучение и анализ ландшафтной структуры, включая структуру антропогенных модификаций ландшафтов – выполняется на основе имеющихся карт физико-географического районирования и ландшафтных карт; 2) сбор, оцифровка и анализ фенологических данных – привязка пунктов наблюдения, установление феноиндикаторов и определение длительности рядов; 3) изучение сложившейся сети опорных пунктов с целью выявления особенностей структурной и пространственной организации; Оценочный этап: 1) оценочный многофакторный анализ на основе результатов ландшафтного картографирования; 2) оценка репрезентативности существующей фенологической сети с целью выявления ландшафтных единиц, не представленных опорными пунктами и нуждающихся в первоочередном их выделении; 3) определение кондиционности данных, исходя из длительности представленных рядов наблюдений и фенопоказателей. Целевой этап: 1) обоснование участков, соответствующих критериям ландшафтного принципа; 2) разработка методики, обеспечивающей регулярность сбора, научного анализа данных и моделирования на основе качественных и количественных показателей.

Результаты инвентаризационного и оценочного исследования фенологической сети в провинциях Урала позволяют выявить ее недостатки и определить направления и пути оптимизации. Отсутствие целенаправленного ландшафтного обоснования приводит к нерациональности пространственной организации. Сформировавшаяся фенологическая сеть не имеет закрепленной организационной структуры, поэтому она неуправляема и иерархически плохо выстроена. Фенологическая сеть Урала не отражает ландшафтного разнообразия, поэтому важные тенденции сезонной динамики, имеющие значение для развития социально-экономической структуры региона, не учитываются в полной мере, что негативно сказывается на ее эффективности.

Одним из способов оптимизации фенологической сети служит встраивание пунктов наблюдений в действующую систему особо охраняе-

мых природных территорий. В настоящее время фенологические исследования проводятся лишь заповедниками, реже национальными парками. Региональные системы особо охраняемых природных территорий, представленные в России огромным числом объектов, обладают высоким научным и организационным потенциалом для проведения ландшафтных фенологических исследований. Иерархическая структура, управляемость, долгосрочная юридическая защита – важные функциональные критерии, характерные для системы ООПТ и недостающие современной фенологической сети. Система ООПТ России включает более 70 категорий охраняемых объектов федерального, регионального и местного значения с разным режимом охраны: природные парки, ландшафтные заказники, лесные парки, памятники природы, охраняемые ландшафты и др. Активизация деятельности региональных ООПТ через выполнение регулярных фенологических исследований по единой программе и методике – важный способ повышения эффективности деятельности и системы ООПТ, и фенологической сети. Расширение функционала природных резерватов при оптимальном сочетании природоохранной и научно-исследовательской функции может служить показателем эффективности деятельности.

Данные архивов РГО могут служить основой для расчета трендов наступления явлений, однако в быстро меняющихся условиях существует необходимость увеличения пунктов феносети путем обоснования их размещения в типичных природных комплексах определенного типа и таксономического ранга в соответствии с ландшафтным разнообразием. С этой целью необходимо выполнение детальных ландшафтных исследований и анализ ландшафтных карт. Количественные методы анализа, например, установление индекса ландшафтного разнообразия, позволят определить разумную достаточность опорных пунктов наблюдения, необходимых для каждой ландшафтной провинции. Организационную функцию управления фенологической сетью на региональном уровне должна выполнять одна структура, которая разрабатывает методологию, методику проведения исследований и анализа тенденций динамики и эволюции природных комплексов. Организации эффективной системы фенологического мониторинга на Урале и в России будет способствовать создание и активизация деятельности региональных фенологических комиссий, играющих организационную роль в региональных отделениях РГО, курирующих поступление информации, выполняющих обработку данных, обладающих возможностью популяризировать фенологические наблюдения и публиковать календари погоды. Координация и упорядочение работы по обработке и анализу данных, включая гидрометеорологическую информацию, позволят осуществлять оценку и прогноз изменений в сезонной ритмике природных комплексов, а также оценку антропогенного воздействия на изменение ритмики сезонных процессов и яв-

лений. При таком подходе современные фенологические исследования ландшафтной структуры смогут способствовать решению фундаментальной проблемы выявления механизмов пространственно-временной организации и динамики ландшафтов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Русского географического общества в рамках договора № 03/2020-Р «Влияние климатических изменений на сезонную динамику ландшафтов Урала».

Информационные источники

1. Гурьевских, О. Ю. Ландшафтное проектирование системы особо охраняемых природных территорий как компонент региональной политики. Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования / О. Ю. Гурьевских // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАН А.Н. Антипова. – 2019. – С. 815-818.
2. Гурьевских, О. Ю. Исследование сезонной динамики ландшафтов Урала в парадигме функционально-динамического подхода: история и современность / О. Ю. Гурьевских, Ю. Р. Иванова, Н. В. Скок, А. М. Юровских // Географический вестник. – 2021. – № 1. – С. 16-30.
3. Исаченко, Г. А. Концепции многолетней динамики ландшафтов и вызовы времени / Г. А. Исаченко // Вопросы географии. Сб. 138: Горизонты ландшафтоведения. – М.: Кодекс, 2014. – С. 215-232.
4. Прокаев, В. И. Физико-географическое районирование : учеб. пособие для студентов пед. ин-тов / В. И. Прокаев. – М. : Просвещение, 1983. – 176 с.
5. Физико-географическое районирование и ландшафты Свердловской области / О. Ю. Гурьевских, В. Г. Капустин, Н. В. Скок, О. В. Янцер ; под ред. О. Ю. Гурьевских. – Екатеринбург, 2016. – 280 с.
6. Янцер, О. В. Фенологические методы исследований в изучении динамики ландшафтов: общий обзор / О. В. Янцер, Н. В. Скок // Вестник Башкирского университета. – 2016. – Т. 21, № 1. – С. 91-100.
7. Landscape Patterns in a Range of Spatio-Temporal Scales, Landscape Series 26 / eds. A. V. Khoroshev, K. N. Dyakonov. – Springer Nature Switzerland AG, 2020. – 439 p. – DOI: 10.1007/978-3-030-31185-8.

Коротких Наталья Николаевна,

ведущий научный сотрудник, БУ ХМАО – Югры Природный парк «Кондинские озера» им. Л.Ф. Сташкевича, г. Советский, ХМАО – Югра, Россия; Korotkich@mail.ru

Васина Александра Леонидовна,

кандидат биологических наук, заместитель директора, Государственный заповедник «Малая Сосьва», г. Советский, ХМАО – Югра, Россия; msosva@gmail.com

РАЗНИЦЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ДАТ ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фенодаты; субсезоны; охраняемые природные территории; климат; климатические даты; фенология; фенологические даты.

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены средние многолетние даты наступления климатических и фенологических явлений двух особо охраняемых природных территорий Северного Зауралья в разрезе фенологических этапов (субсезонов). Выявлены различия в сроках наступления фито- и климатических индикаторов субсезонов.

Natalya N. Korotkikh,

Leading Researcher, Natural Park “Kondinskiy lakes” named after L.F. Stashkevich, Sovetsky, Russia

Alexandra L. Vasina,

Candidate of Biology, Deputy Director, Reserve “Malalaya Sosva”, Sovetsky, Russia

DIFFERENCES IN CLIMATE AND PHENOLOGICAL DATES PROTECTED NATURAL TERRITORIES OF THE NORTHERN TRANSAURAL REGION

KEYWORDS: phenodates; sub-seasons; protected natural areas; climate; climatic dates; phenology; phenological dates.

ABSTRACT. The average long-term dates of the onset of climatic and phenological phenomena of two specially protected natural areas of the Northern Trans-Urals in the context of phenological stages (subseasons) are considered. Differences in the timing of the onset of phyto- and climatic indicators of the subseasons were revealed.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) – заповедник «Малая Сосьва» (далее заповедник) и природный парк «Кондинские озера» (далее природный парк) расположены в Северном Зауралье на территории Западно-Сибирской равнины в Кондо-Сосьвинской среднетаежной провинции Обь-Иртышской физико-географической области, в админи-

стративных границах Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО – Югры) Тюменской области (рис. 1).

Заповедник создан в 1976 г. Его площадь 225,562 тыс. га. Территория заповедника расположена в бассейне р. Малая Сосьва, притока р. Северная Сосьва, впадающего в р. Обь. Координаты крайних точек заповедника: $61^{\circ}45' - 62^{\circ}32'$ с.ш. и $63^{\circ}40' - 64^{\circ}45'$ в.д. Территория заповедника характеризуется, в целом, расчлененным рельефом, значительным врезом речных долин, развитой речной системой.

Природный парк организован в 1998 году. Его площадь 43,9 тыс. га. Территория природного парка занимает левобережье реки Конды в ее верхнем течении. Координаты крайних точек природного парка: $61^{\circ}02' - 60^{\circ}45'$ с.ш. и $63^{\circ}23' - 63^{\circ}47'$ в.д. Рельеф имеет равнинно-увалистый характер, осложнен различными образованиями флювиогляциального происхождения, характеризуется пестротой, многообразием и мелкоконтурностью форм.

Кратчайшее расстояние между рассматриваемыми территориями составляет около 80 км.



Рис. 1. Карта-схема расположения исследуемых территорий

Климат рассматриваемых территорий типично континентальный, достаточно влажный, формирующийся под воздействием одновременно проявления океанических и континентальных воздушных масс, под влиянием интенсивной циклонической деятельности. Для него характерна суровая снежная продолжительная зима, короткое лето, поздние весны и ранние осенние заморозки. Характерны резкие колебания температуры в течение всего года.

По данным метеостанций «Хангокорт» и «Воньеган», средняя годовая температура воздуха территории заповедника за период с 1981 по 2010 гг. составила $-1,3^{\circ}\text{C}$. Безморозный период в воздухе длится 78 дней.

Самый холодный месяц в году – январь ($-20,5^{\circ}\text{C}$), самый теплый – июль ($17,4^{\circ}\text{C}$). Амплитуда средних месячных температур составляет $37,9^{\circ}\text{C}$, абсолютных 88°C , при минимуме $-52,6^{\circ}\text{C}$ и максимуме $35,1^{\circ}\text{C}$. Годовая сумма осадков за 50 лет (1950-1969 гг., 1981-2010 гг.) в среднем составила 544 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в теплый период года (май – октябрь). Снежный покров залегает в среднем 194 дня – более 6 месяцев [5].

По данным метеостанции «Шаим» среднегодовая температура воздуха территории природного парка равна $-0,8^{\circ}\text{C}$. Продолжительность безморозного периода составляет 97-110 дней. Самый холодный месяц январь имеет среднюю температуру -19°C , самым теплым месяцем считается июль ($17,1^{\circ}\text{C}$). По данным с 2000 по 2021 гг. амплитуда средних месячных температур составляет 40°C , абсолютных 83°C , при минимуме $-46,1^{\circ}\text{C}$, и максимуме $37,1^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество исправленных осадков составляет 533 мм. Основное количество осадков выпадает в теплый период года с апреля по октябрь (82%). Средняя дата образования устойчивого снежного покрова приходится на 3 ноября. Снежный покров залегает в среднем 184 дня – более 6 месяцев [4].

Феноклимат (биоклимат) выражает временные соотношения между климатом данного региона и сезонными процессами биотических и абиотических компонентов ландшафта. Форма проявления феноклимата – сезонное развитие природы данной местности. Феноклиматическая периодизация года на ООПТ проводится согласно работе «Биоклиматическая характеристика десятилетия 1951-1960 гг. [1]. Тожественная фенологическая периодизация года может быть дана по сезонному состоянию любого компонента ландшафта, но наиболее наглядный ее феноиндикатор – сезонные изменения в растительном покрове (в группе летне-зеленых видов). Фитофенологические наблюдения – более надежный индикатор сезонных рубежей, чем температурные [6].

В ходе работы проанализированы данные «Календарей природы» заповедника и природного парка за 20-летний период с 2000 по 2019 гг. [3; 4]. Основными фенологическими индикаторами предвегетационных этапов (снежная весна и пестрая весна) являются переходы максимальной температуры воздуха выше 0°C и выше 5°C . Несмотря на то, что средняя дата перехода максимальной температуры воздуха выше 0°C наблюдается на 2 дня раньше для территории заповедника, такие фенологические явления как, начало снеготаяния, появление воронок вокруг стволов деревьев, конец многоснежного периода, наблюдаются раньше на территории природного парка. Так, начало снеготаяния в природном парке – на 3 недели, высота снега менее 30 см – на 12 дней, появление воронок вокруг стволов – на 3 дня раньше.

Голая весна – первый этап нарастающей весенней вегетации, полное разрушение зимнего и начало становления летнего ландшафта. Даты полного схода снежного покрова на рассматриваемых территориях близки (30 апреля – заповедник, 1 мая – природный парк). Переход минимальной температуры воздуха выше 0°C зафиксирован на 2 дня раньше для территории природного парка.

Температурным индикатором зеленой весны является переход минимальной температуры воздуха выше 5°C . Данный переход фиксируется на 2 дня раньше для территории заповедника (19 мая), однако большинство фитоиндикаторов этого субсезона наступают позже на территории заповедника, либо имеют несущественную разницу (2-3 дня).

Переход минимальных температур воздуха выше 10°C наступает на рассматриваемых территориях 5 июня, начинаются этапы максимальной летней вегетации (раннее лето и полное лето).

Проведенный анализ не выявил существенных различий в разнице фенодат фитоиндикаторов раннего лета, разница составила 1-3 дня. Исключение – начало цветения белокрыльника болотного, на территории заповедника зацветание белокрыльника зафиксировано на 5 дней раньше, чем на территории природного парка. Большая часть фенодат полного лета фиксируются позже на территории заповедника, исключением является дата начала цветения иван-чая (в заповеднике его зацветание отмечено на 1 день раньше). Появление первых зрелых ягод голубики, как на территории заповедника, так и на территории природного парка, отмечено 20 июля.

Начиная с осени и до окончания фенологического сезона можно видеть, что практически все сезонные процессы и явления фиксируются раньше на территории заповедника. Исключением являются дата появления первых зрелых ягод рябины (на 7 дней позже) и появление первых зрелых ягод клюквы (на 5 дней позже). Начало пожелтения хвои лиственницы и полная осенняя окраска березы происходят одновременно.

Температурные переходы, характерные для осенних субсезонов, фиксируются в заповеднике на 3-5 дней раньше, средние даты наступления фитоиндикаторов фиксируются раньше от 1 до 18 дней. Наибольшие различия наблюдаются: береза – начало листопада (14 дней), береза – начало опадания семян (18 дней), ольховник кустарниковый – конец листопада (14 дней), рябина – конец листопада (12 дней).

Первый заморозок на почве фиксируется в заповеднике на 9 дней раньше, чем в природном парке, первый мороз в воздухе – на 15 дней раньше.

Окончательным фенологическим аккордом года по фитоиндикаторам является конец листопада лиственницы, который приходится на 17 октября на территории заповедника и на 26 октября на территории

природного парка. Разница фенодат климатических индикаторов начала зимы составляет от 4 до 16 дней.

Таким образом, анализ дат наступления сезонных явлений двух особо охраняемых природных территорий Северного Зауралья позволил сделать следующие выводы. Более поздние фенологические даты весенних субсезонов характерны для территории заповедника. В наступлении фенологических дат летних субсезонов не выявлены существенные различия двух рассматриваемых территорий. Начиная с осени и вплоть до окончания фенологического года практически все сезонные процессы и явления фиксируются раньше на территории заповедника.

Информационные источники

1. Буторина, Т. Н. Биоклиматическая характеристика десятилетия 1951-1960 гг. / Т. Н. Буторина, Е. А. Крутовская // Труды заповедника «Столбы». Вып. 5. – Красноярск, 1966. – С. 72-135.
2. Летописи природы заповедника «Малая Сосьва». Книги 24-43 (2000-2019 гг.). – Архив заповедника «Малая Сосьва».
3. Летописи природы природного парка «Кондинские озера». Книги 1-19 (2000-2019 гг.). – Архив природного парка «Кондинские озера».
4. Природный парк «Кондинские озера» / под ред. В. М. Калинина. – Екатеринбург : ООО «УИПЦ», 2012. – 398 с.
5. Таланова, Г. И. Климат заповедника «Малая Сосьва»: многолетние данные / Г. И. Таланова // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. – 2018. – Т. 9, № 1. – С. 22-45.
6. Филонов, К. П. Летопись природы в заповедниках СССР : методическое пособие / К. П. Филонов, Ю. Д. Нухимовская. – М. : Наука, 1985. – 143 с.

Милютина Екатерина Александровна,
аспирант 2-го курса, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия; katuя17_10@mail.ru

Копжасаров Бакыт Кенжекожаевич,
кандидат биологических наук, заведующий отделом защиты плодово-овощных и бахчевых культур, Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений им. Ж. Жиенбаева; bakyt-zr@mail.ru

Джанбатыров Абунасыр Шарифуллаевич,
докторант, Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

ФЕНОЛОГИЯ ЯБЛОННОЙ ПЛОДОЖОРКИ В СВЯЗИ С ПЛАНИРОВАНИЕМ МЕР БОРЬБЫ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: яблонные плодожорки; прогнозы фенологического развития; фенология; защита яблоневых садов; яблоневые сады; суммы эффективных температур; температуры поверхности земли.

АННОТАЦИЯ. По данным садов Алматинской области было проведено сравнение сумм эффективных температур, соответствующих фактическим фенодатам яблонной плодожорки в 2019 г. с данными биоклиматической модели И. И. Праля. Предложен вариант применения сумм эффективных температур, соответствующих критическим фазам развития яблонной плодожорки в системе планирования мероприятий по защите яблоневых садов. Описана перспектива использования данных по температурам поверхности земли в прогнозах наступления критических фаз развития плодожорки.

Ekaterina A. Milyutina,
Postgraduate Student of 2nd year, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Bakyt K. Kopzhasarov,
Candidate of Biology, Head of Department for the Protection of Fruit and Vegetable and Cucurbits Crops, Kazakh Research Institute for Plant Protection and Quarantine named after Zh. Zhiembayev

Abunasyr Sh. Dzhanbatyrov,
Doctoral Student, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

PHENOLOGY OF CODLING MOTH IN CONNECTION WITH CONTROL MEASURES PLANNING

KEYWORDS: apple moths; forecasts of phenological development; phenology; protection of apple orchards; apple orchards; the sum of effective temperatures; surface temperature.

ABSTRACT. According to the data of orchards of Almaty region, a comparison of the accumulated degree days corresponding to the actual phenodates of the codling moth in 2019 with the data of the bioclimatic model of I. I. Pralya was made. A variant of the application of the accumulated degree days corresponding to the critical phases of the development of the codling moth in the system of planning measures for the protection of apple orchards is proposed. The prospect of using data on land surface temperatures in forecasts of the onset of critical phases of the moth development is described.

Яблонная плодожорка (*Cydia pomonella*, L., 1758) – распространенный сельскохозяйственный вредитель семейства «Листовертки (Tortricidae)», представляющий угрозу семечковым плодам, произрастающим в садах умеренного климатического пояса. Это карпофаг, который повреждает яблоню, грушу, может повреждать плоды абрикоса, сливы и грецкого ореха.

По силе наносимого вреда в садоводстве этот вредитель занимает ведущее место во всех регионах его распространения. Например, на территории юго-восточного Казахстана наличие угрозы потери генофонда дикой яблони из-за слабого учета, контроля и проникновения в страну особо опасных вредных организмов выделяется как отдельная проблема отрасли растениеводства (Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017-2021 годы) [5].

Одним из наиболее эффективных способов противодействия является составление прогнозов фенофаз вредителей. Точные прогнозы позволяют проводить эффективные защитные мероприятия в стадии наибольшей уязвимости вредоносных объектов.

Наиболее значимым фактором, влияющим на динамику развития яблонной плодожорки, считается температура [8]. Для каждой стадии развития плодожорки необходимо определенное значение накопленных сумм эффективных температур (СЭТ). Биоклиматическая модель зависимости фаз динамики численности яблонной плодожорки от накопления СЭТ выше 10°C была предложена И. И. Праля [6]. Однако, значения СЭТ, предложенные в модели не всегда соответствуют фактическим региональным СЭТ наступления фаз развития яблонной плодожорки. Для территории юго-восточного Казахстана модель И. И. Праля возможно работает не точно. Поэтому, актуальным является создание модели, отражающей зависимость стадий развития плодожорки от СЭТ для территории яблоневых садов юго-восточного Казахстана.

На юге Казахстана яблонная плодожорка дает три поколения, в горных регионах – не более двух. Жизненный цикл яблонной плодожорки представляет собой последовательную смену следующих стадий развития (жизненных форм): яйцо, гусеница, куколка, взрослая особь. Яйцекладка первого поколения в условиях Казахстана начинается, когда средняя температура воздуха достигает 16°C [4] – через несколько дней после лета бабочек, то есть после накопления СЭТ 75-120°C по данным Праля [6]. На

практике лет бабочек растянут в зависимости от климатических условий региона и начало лета может характеризоваться другими значениями СЭТ.

Отродившиеся из яиц гусеницы вгрызаются в плоды, где проходят через пять личиночных возрастов, появляясь через месяц, чтобы найти скрытый и сухой участок в коре дерева или за его пределами, в котором можно окуклиться и превратиться в имаго [4]. Появление гусениц первого поколения происходит при сумме эффективных температур 170-190°C, второго – при 680-700°C, а третьего – при 1350-1450°C по данным Праля [6]. В этот период гусеницы наиболее уязвимы для фитосанитарных обработок, в связи с этим, данная стадия является критической стадией развития яблонной плодовой жорки.

Начало появления куколок характеризуется значениями СЭТ 505-540°C для гусениц первого поколения и СЭТ около 1000°C – для второго поколения [1; 2]. Гусеницы первого поколения при достаточном питании, как правило, имеют большую продолжительность окукливания, так как окукливание происходит при более низких температурах. При бездиапаузном развитии у гусениц V возраста наступает фаза предкуколки, для завершения которой необходимо накопление СЭТ 50°C.

Некоторые гусеницы второго поколения окукливаются зимой, а весной появляются как бабочки первого поколения. Если климатические условия, продолжительность дня или наличие пищи неблагоприятны для развития, гусеница впадает в диапаузу и зимует в коконе, а окукливается весной следующего года. Как только температура и влажность снова поднимаются до благоприятного диапазона, активность возобновляется. У личинок первого поколения больший процент гусениц вступает в диапаузу, если они не окукливаются к концу июня или началу июля. Диапауза второго поколения обычно проходит через зиму [6].

Взрослые особи второго поколения появляются весной, с конца апреля до начала мая. Вылет бабочек второго поколения начинается при сумме температур 600°C [6]. Половое созревание самок и процесс их дополнительного питания длится около нескольких дней, после чего наступает период спаривания и начало яйцекладки. Плодовитость одной самки в условиях южного Казахстана составляет около 70 яиц, причем плодовитость самок второго поколения выше, чем плодовитость первого [3].

Наиболее вредоносным является второе поколение яблонной плодовой жорки. Вероятность развития второго поколения определяется сроками завершения питания гусениц первого поколения до начала августа. Этот этап жизненного цикла плодовой жорки характеризуется минимальной суммой эффективных температур 500°C. Следовательно, чем раньше накапливается СЭТ 500°C, тем больше гусениц первого поколения успевают закончить питание и образовать второе поколение. Вторым параметром, определяющим вероятность развития второго поколения яблонной пло-

дожорки – это длительность светового дня (критический фотопериод 90 (КФП₉₀), означающий, что диапаузирovalo 90% гусениц. Для территории юго-восточной части Казахстана КФП₉₀ равен 13-14 ч и для каждой зоны приходится на определенную дату [1]. После этой даты гусеницы первого поколения, которые не успели образовать куколку, переходят в стадию диапаузы. Таким образом, критический фотопериод служит сигнальным фактором для яблонной плодоярки. При этом СЭТ от момента перехода через пороговое значение ФП, должна быть достаточной, чтобы яблонная плодоярка успела пройти весь комплекс необходимых для успешной перезимовки адаптивных реакций.

В исключительно теплые годы может быть произведено частичное третье поколение. Бабочки, представляющие третье поколение, появляются в конце августа или начале сентября при СЭТ 1160-1180°C [6] и откладывают яйца. Личинки, попадающие в плоды, вызывают в некоторых случаях серьезные повреждения, они обычно не завершают развитие до наступления зимних условий или до сбора урожая.

Данные по датам фактического наступления ключевых фенодат яблонной плодоярки в 2019 г. предоставлены Казахским научно-исследовательским институтом защиты и карантина растений им. Ж. Жиенбаева по саду КХ Алатау, расположенном в Карасайском Районе Алматинской области. По метеоанализам садовой метеостанции КХ Алатау на полученные даты были рассчитаны суммы эффективных температур (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость фаз динамики численности яблонной плодоярки от накопления сумм эффективных температур выше 10°C

Фаза развития	СЭТ, необходимая для наступления фаз развития плодоярки (порог +10°C) [6], °C	СЭТ фактического наступления ключевых фенодат яблонной плодоярки в саду КХ Алатау, 2019 г., °C
Появление первого поколения	75-120	118
Подъем численности первого поколения	170-190	151.55
Появление второго поколения	600-620	–
Подъем численности второго поколения	680-700	–
Появление третьего поколения	1160-1180	1022.9
Подъем численности третьего поколения	1350-1450	1116.85

Данные по накопленным значениям СЭТ на фактические даты отрождения гусениц в Алматинских садах сильно отличаются от значений СЭТ по Праля. Так, для сада КХ Алатау фаза появления гусениц первого поколения характеризуется значениями СЭТ 151.55°C, для третьего поколения СЭТ 1116.85°C (табл. 1). Даты фактического наступления фазы отрождения гусениц отличаются от дат накопления соответствующих СЭТ по Праля на 3 дня (по первому поколению) и 18 дней (по третьему поколению). Фазы отрождения гусениц являются критическими фазами развития для яблонной плодовой гусеницы, однако, применение фитосанитарных мер более эффективно осуществлять заранее, в связи с особенностями действия пестицидов, а также с тем, что необходимо обработать урожай до нанесения ему вреда. Так, нас интересуют фазы лета бабочек.

Значения СЭТ лета первого поколения плодовой гусеницы в саду Алатау соответствует значениям СЭТ по модели Праля. Фактическим датам появления особей третьего поколения в саду Алатау соответствует значение СЭТ 1022.9°C (табл. 1). Дата фактического наступления фазы лета бабочек третьего поколения отличается от даты накопления СЭТ 1160°C по Праля на 9 дней. Такое отклонение является довольно существенным при прогнозе дат проведения защитных мероприятий.

Сравнение модели Праля с фактическими данными по фенологическому развитию яблонной плодовой гусеницы в садах юго-восточного Казахстана показало, что модель Праля для территории Казахстана работает не точно. В особенности это касается данных по поздним фазам развития и третьему поколению плодовой гусеницы. В связи с этим, необходима калибровка модели Праля в соответствии с фактическими данными.

С учетом вышеописанных критических значений СЭТ и ФП могут быть составлены карты СЭТ глобального и регионального масштаба, которые могут служить основой для создания прогностических моделей развития и распространения яблонной плодовой гусеницы, в том числе модели распространения числа возможных генераций биообъекта. В рамках проведенного исследования был отработан прототип прогностической системы фенологического развития яблонной плодовой гусеницы в яблоневых садах юго-восточной части Казахстана. Была отработана методика составления карт СЭТ нарастающим итогом для последующего их пересчета в карты фенологических дат – карт дат перехода СЭТ через значения, соответствующие критическим стадиям развития. На рисунке 1 представлена карта дат перехода в 2017 г. через порог СЭТ = 140°C, соответствующий ожидаемой дате начала весеннего лета первого поколения яблонной плодовой гусеницы в садах юго-восточной части Казахстана в 2017 г. [7]. Данные весеннего лета были предоставлены Казахским научно-исследовательским институтом защиты и карантин растений им. Ж. Жиенбаева. В качестве исходных космических растровых данных

были использованы 8-дневные данные MODIS (продукт MOD11A2) [9], но данная методика может быть использована для составления карт фенологических прогнозов в режиме реального времени. Подобные карты могут создаваться и актуализироваться в режиме реального времени по ежесуточным данным MODIS. Таким образом, мониторинг СЭТ позволяет прогнозировать сроки наступления уязвимых стадий развития яблонной плодовой ячмы и рекомендовать оптимальные даты обработки яблоневых лесов пестицидами.

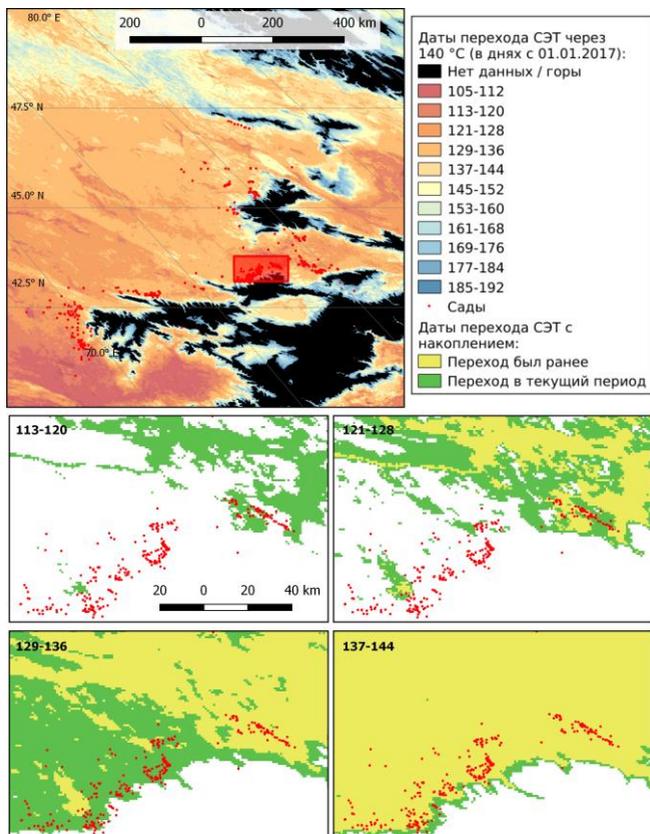


Рис. 1. Даты перехода СЭТ через 140°С (Юлианские дни) в юго-восточном Казахстане и вариант представления 8-дневного прогноза начала лета яблонной плодовой ячмы. Красными точками отмечено нахождение садовых хозяйств [7]

В перспективе, уточнение прогностической модели может быть связано не только с калибровкой модели Праля фактическими фенологи-

ческими данными, но также и спутниковыми данными. Так, наступление ключевых фаз развития объекта может быть увязано непосредственно с температурами поверхности земли (LST), полученными со снимков спутника MODIS. Такой метод позволит получать более точные температурные данные для тех участков, где отсутствуют садовые метеостанции, а также составлять и актуализировать прогнозные данные в режиме реального времени.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 19-05-00610.

Информационные источники

1. Васильев, В. П. Вредители плодовых культур / В. П. Васильев, И. З. Лившиц. – М. : Колос, 1984. – 398 с.
2. Васильев, В. П. Вредители плодовых культур / В. П. Васильев, И. З. Лившиц. – М. : Сельхозгиз, 1958. – 390 с.
3. Златанова, А. А. Некоторые экологические особенности яблонной плодоярки / А. А. Златанова // Защита плодовых и овощных культур. – Алма-Ата, 1978.
4. Исин, М. М. Вредители сада / М. М. Исин. – Алма-Ата : Кайнар, 1987. – 83 с.
5. Министерство Сельского Хозяйства Республики Казахстан. – URL: <https://moa.gov.kz/ru>. – Текст : электронный.
6. Праля, И. И. Защита яблоневого сада / И. И. Праля. – М. : АМА-ПРЕСС, 2013. – 91 с.
7. Afonin, A. Prototype Spatio-temporal Predictive System of pest development of the codling moth, *Cydia pomonella*, in Kazakhstan / A. Afonin, B. Kopzhassarov, E. Milyutina, E. Kazakov, A. Sarbassova, A. Seisenova // Hellenic Plant Protection Journal. – 2020. – Vol. 13, iss.1. – P. 1-12.
8. Audemard, H. Population dynamics of the Codling moth / H. Audemard // Tortricid Pests their Biology, Natural Enemies and Control / ed. by L. P. S. van der Geest, H. H. Evenhuis. – Elsevier, Amsterdam, 1991. – P. 329-338.
9. MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity 8-Day L3 Global 1km SIN Grid V006. – URL: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod11a2v006>. – Текст : электронный.

Скок Наталия Васильевна,

кандидат географических наук, доцент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; skok-nv-gbf@mail.ru

Иванова Юлия Руслановна,

ассистент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; miss.nocentra@list.ru

Братанов Николай Сергеевич,

студент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; nikolai.bratanov@bk.ru

Юровских Анастасия Михайловна,

студент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; an.m.evd@mail.ru

**ОКРАШИВАНИЕ БЕРЕЗЫ В ЗАПОВЕДНИКЕ
ДЕНЕЖКИН КАМЕНЬ ОСЕНЬЮ 2020 ГОДА**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: окрашивание берез; березы; заповедники; интегральный описательный метод; горные хребты; фенология; фенологические изменения.

АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрены результаты применения интегрального описательного метода для выявления особенностей окрашивания березы в высотных поясах Северного Урала. Территория наблюдений расположена в южной части заповедника «Денежкин камень». Проанализированы гидротермические показатели летнего сезона 2020 года. Результаты по пожелтению березы в августе 2020 года хорошо отражают проявление берьерно-экспозиционного, высотного и инверсионного факторов.

Nataliya V. Skok,

Candidate of Geography, Associate Professor, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

Yuliya R. Ivanova,

Assistant, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

Nikolay S. Bratanov,

Student, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

Anastasiya M. Yurovskikh,

Student, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

**BIRCH STAINING IN THE DENEZHKIN KAMEN
NATURE RESERVE IN AUTUMN 2020**

KEYWORDS: dyeing birches; birch; reserves; integral descriptive method; mountain ranges; phenology; phenological changes.

ABSTRACT. The article considers the results of the application of the integral descriptive method to identify the features of birch staining in the high-altitude zones of the Northern Urals. The observation area is located in the southern part of the Denezhkin Kamen Nature Reserve. The hydrothermal indicators of summer of 2020 are analyzed. The results on birch yellowing in August 2020 well reflect the manifestation of barrier-exposure, altitude-belt and inversion factors.

Фенологические наблюдения на территории заповедника «Денежкин Камень» за всю историю существования проводились за 203 явлениями классическим методом. Он заключается в определении даты наступления феноявления и требует ежедневного мониторинга участка наблюдений. Метод является трудоемким, требует больших затрат времени, что не позволяет наблюдать фенологические изменения состояния растительности в высотных поясах в условиях среднегорий. По классификации В. А. Батманова это метод регистраторов срока, который предполагает стационарные наблюдения за объектами, хорошо доступными к месту жительства наблюдателя.

Для наблюдений на удаленных и больших по площади территориях В. А. Батманов предложил экспедиционные методы, одним из которых является описательный интегральный, позволяющий охарактеризовать состояние объекта в данном месте в данное время.

Наблюдения проводились за березой (*Betula pubescens*; *Betula Pendula* Roth.), как одним из наиболее распространенных древесных видов на данной территории и хорошо реагирующим на микроклиматические условия. Учетной единицей выбрано одно взрослое здоровое дерево. В полевых условиях на склонах разных экспозиций и в разных высотных поясах Главного Уральского хребта и Желтой сопки, отрога массива Денежкин камень, оценивалось 100 учетных единиц, каждой из которых присваивался цифровой балл:

- 0 – крона березы полностью зеленая;
- 1 – в кроне березы появились первые желтые листья;
- 2 – крона березы окрасилась примерно на 10%;
- 3 – крона березы окрасилась более, чем на 10%, но менее, чем на 50%;
- 4 – крона березы окрасилась более, чем на 50%;
- 5 – крона березы окрасилась на 90% и более;
- 6 – крона березы полностью окрашена.

Процент учетных единиц, перешедших между, не может быть определен абсолютно точно, чем больше величина выборки, тем процент будет определен более точно. Вычисленные ошибки – $\pm t$ – необходимы для установления достоверности различий процентов учетных единиц, перешедших между. Полученные отклонения могут быть как случайными, так и достоверными. Чтобы выяснить, достоверно ли различаются по се-

зонному развитию выбранного объекта две площадки, необходимо вычислить показатель существенной разницы – t-критерий. Показатель существенности разницы – величина относительная. При 95% доверительном интервале он должен быть равен или более 1,96 – в этом случае различие доказано математически [2].

В рамках выполнения работ по гранту «Влияние климатических изменений на сезонную динамику ландшафтов Урала» Русского Географического общества в конце августа 2020 г. в южной части заповедника Денежкин Камень проводилось изучение сезонной динамики растительности в высотных поясах среднегорий Северного Урала. Маршрут исследования включал в себя 10 площадок наблюдений: на восточном склоне Главного Уральского хребта, на западном склоне Желтой сопки, в долинах рек Сольва и Сосьва. На склонах гор представлена высотная поясность. Долины рек и нижние части склонов гор занимает подзона средней тайги, которая в верхней части горно-таежного пояса сменяется северо-таежными лесами. В верхних частях склонов с высоты 760 м он сменяется подгольцовым поясом, а выше 950 м – горно-тундровым [3].

Для понимания особенностей динамики окрашивания нужно учитывать гидротермические показатели предшествующего летнего сезона [1]. В 2020 г. этот период по сравнению со средними многолетними данным был теплее на +2,2°C, а осадков выпало 51% от нормы.

Наблюдения за окрашиванием березы проводились 23 августа 2020 г. в первую ступень осени – «ранняя осень», для которой на Северном Урале характерно пожелтение от первых прядей до 50% листьев в кроне берез (1-3 межа). Если наблюдения производились в течение одного дня, процент учетных единиц, перешедших межу, является возможным для сравнения. Когда наблюдения проводятся в течение нескольких дней, то при помощи эталона проценты должны быть переведены в сравнимые значения – сутки.

Таблица 1

Процент учетных единиц, перешедших 2 межу

	Местоположение	Название фации	Абсолютная высота, м	Процент учетных единиц, перешедших 2 межу(±m)
Желтая Сопка	верхняя часть западного склона	березняк-сосняк травяной	707	40%±4,9
	средняя часть западного склона	березняк-сосняк зелено-мошно-черничниковый	420	23%±4,2
	нижняя часть западного склона	березняк вейниково-мелкотравный	360	22%±4,2
	Долина р. Сольвы	ельник-березняк зеленомошный	355	29%±4,6

Продолжение таблицы 1

	Местоположение	Название фации	Абсолютная высота, м	Процент учетных единиц, перешедших 2 между($\pm m$)
Главный Уральский хребет	нижняя часть восточного склона	ельник-березняк долгомошный	399	79% \pm 4,0
	нижняя часть восточного склона	ельник зеленомошно-черничниковый	464	79% \pm 4,0
	средняя часть восточного склона	ельник крупнопоротниковый	514	65% \pm 4,8
	средняя часть восточного склона	ельник-кедровник крупнопоротниковый	594	59% \pm 4,9
	верхняя часть восточного склона	березово-лиственничное криволесье лишайниково-голубичное	755	77% \pm 4,2
Долина р. Сосьвы		ольшанник высокотравный	269	72% \pm 4,5

Полученные результаты хорошо иллюстрируют проявление барьерно-экспозиционного фактора. На западном более теплом склоне Желтой сопки средний процент берез, перешедших вторую между, составил 28% \pm 4,5, а на восточном склоне Главного Уральского хребта – 72% \pm 4,5. Полученные различия между склонами статистически достоверны: коэффициент существенности разницы – 6,88.

На склонах Желтой сопки хорошо проявляется высотно-поясной фактор: с высотой, с понижением температуры осеннее окрашивание начинается раньше (табл. 1). Разница между верхней, средней и нижней частями склонов математически доказана (табл. 2).

Таблица 2

Математическая разница (t-критерий) пожелтения березы на склонах Желтой сопки

	Верхняя часть западного склона	Средняя часть западного склона
Средняя часть западного склона	2,88	
Нижняя часть западного склона	2,76	0,17

Главный Уральский хребет выше отрога Денежкина камня и разница в показателях пожелтения березы значительнее. Практически одновременно она окрашивается в нижних и верхних частях восточного склона, что связано в верхней части с понижением температуры с высотой, а в

нижней – с переувлажнением (см. табл. 1, табл. 3). Оптимальные условия в средней части склона, где береза желтеет позже: здесь уже не проявляется действие инверсионного фактора, но еще не оказывает влияние выотно-поясной.

Дополнительно были проведены исследования в долине р. Сосьвы на высоте 269 м, при впадении в нее р. Сольвы. Здесь отмечен высокий процент пожелтения берез (72%), связанный с инверсионным фактором. Долина р. Сосьвы врезана глубже р. Сольвы; здесь чаще наблюдается антициклональная погода и большая суточная амплитуда температур, влияющая на более интенсивное окрашивание. В то же время, в среднем течении р. Сольвы, лежащим выше, холодный воздух по долине стекает вниз и не оказывает значительного влияния на процесс окрашивания.

Таблица 3

Математическая разница (t-критерий) пожелтения березы на склонах Главного Уральского хребта

	Верхняя часть восточного склона	Средняя часть восточного склона
Средняя часть восточного склона	2,31	
Нижняя часть восточного склона	0,34	2,70

Исследование выполнено при финансовой поддержке Русского географического общества в рамках договора № 03/2020-Р «Влияние климатических изменений на сезонную динамику ландшафтов Урала».

Информационные источники

1. Скок, Н. В. Связь осенних фенофаз березы с климатическими показателями среды / Н. В. Скок // Современные исследования природных и социально-экономических систем. Инновационные процессы и проблемы развития естественнонаучного образования : материалы Международной научно-практической конференции, 11-12 декабря 2014 г., Екатеринбург / ред. О. В. Янцер, Т. В. Ванюкова, А. Е. Квашнина ; Уральский государственный педагогический университет : в 2 т. Т. 1. – Екатеринбург, 2014. – С. 171-179.
2. Янцер, О. В. Общая фенология и методы фенологических исследований / О. В. Янцер, Е. Ю. Терентьева. – Екатеринбург, 2012. – 203 с.
3. Янцер, О. В. Сезонная динамика ландшафтных геокомплексов среднегорий Северного Урала: На примере заповедника «Денежкин камень» : автореф. дис. ... канд. геог. наук / Янцер О. В. – Екатеринбург, 2005. – 267 с.

Скок Наталия Васильевна,

кандидат географических наук, доцент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; skok-nv-gbf@mail.ru

Иванова Юлия Руслановна,

ассистент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; miss.nocentra@list.ru

Братанов Николай Сергеевич,

студент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; nikolai.bratanov@bk.ru

Юровских Анастасия Михайловна,

студент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; an.m.evd@mail.ru

ОСЕННЕЕ РАЗВИТИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗАПОВЕДНИКЕ ДЕНЕЖКИН КАМЕНЬ В 2020 ГОДУ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: заповедники; фенологические показатели; фенология; фенологические наблюдения; растительность; горные хребты.

АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрены результаты применения метода комплексных фенологических показателей и метода суммированных фенологических характеристик для выявления особенностей вегетативного и генеративного циклов развития растительности в высотных поясах Северного Урала. Территория наблюдений расположена в южной части заповедника «Денежкин камень». Исследование проводилось в августе 2020 г. на 11 феноплощадках в трех высотных поясах.

Nataliya V. Skok,

Candidate of Geography, Associate Professor, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

Yuliya R. Ivanova,

Assistant, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

Nikolay S. Bratanov,

Student, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

Anastasiya M. Yurovskikh,

Student, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

AUTUMN VEGETATION DEVELOPMENT IN THE DENEZHKIN KAMEN NATURE RESERVE IN 2020

KEYWORDS: reserves; phenological indicators; phenology; phenological observations; vegetation; mountain ranges.

ABSTRACT. The article considers the results of the application of the method of complex phenological indicators and the method of summed phenological characteristics to identify the features of the vegetative and generative cycles of vegetation development in the high-altitude zones of the Northern Urals. The observation area is located in the southern part of the Denezhkin Kamen Nature Reserve. The study was conducted in August 2020 at 11 phenological sites in three high-altitude zones.

Для изучения сезонной динамики территорий хорошо подходят фенологические наблюдения, выполненные методами, дающими количественные показатели. Сравнение сезонного развития растительности геокомплексов позволяет направленно отслеживать изменения, происходящие в горной полосе.

Фенологические наблюдения на территории заповедника «Денежкин Камень» велись непостоянно, многолетние ряды прерывисты – с 1947 по 1957 гг. и с 1993 г. до настоящего времени [1]. Феноплощадки для проведения стационарных наблюдений располагались в долинах рек. Склоны и вершины горных массивов не были охвачены, так как применение традиционных методов исследований было весьма трудоемко и затруднительно для наблюдения за фенологическим состоянием растительности высотных поясов. Таким образом, на территории заповедника для характеристики фенологического состояния высотных поясов необходимо использование сравнимых между собой количественных показателей [2].

В августе 2020 г. на территории южной части заповедника «Денежкин Камень» в рамках выполнения работ по гранту «Влияние климатических изменений на сезонную динамику ландшафтов Урала» проводилось изучение сезонной динамики среднегорий Северного Урала. Профиль включал в себя фенологический маршрут, проходящий по восточному склону Главного Уральского хребта, долине р. Сольва и западному склону Желтой сопки – юго-восточному отрогу массива Денежкин Камень. Маршрут включает 11 площадок наблюдений, которые учитывают все высотные пояса и местоположения в рельефе. Изучаемая территория находится в подзоне средней тайги. На склонах хребтов хорошо выражена высотная поясность. На Главном Уральском хребте, высотой 1250-1300 м, представлено 3 пояса: горно-таежный, подгольцовый и горно-тундровый. На склонах Желтой сопки, высотой 798 м., выделяется два пояса: горно-таежный и подгольцовый.

Исследования проводились методом комплексных фенологических показателей (КФП), который позволяет оценивать состояние каждого вида растительности на площадке в день наблюдения. Регистрация фенологических фаз у растительности ведется по фенологическим стандартам отдельно по вегетативному и генеративному процессам. Территория изучения должна располагаться в пределах одной фации и ограничиваться 100 м² (10x10 м). В бланке наблюдений регистрируются баллы фенологического

стандарта вегетативного и генеративного цикла развития растительности у каждого отдельного вида [3]. Далее, в камеральных условиях, вычисляются КФП, отражающие общее состояние разных по видовому составу геоккомплексов. Для каждой площадки рассчитываются средние коэффициенты вегетативного (Kf_v) и генеративного (Kf_r) процессов развития растительности с ошибкой ($\pm m$) и суммированные фенологические характеристики. Результаты полевых наблюдений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Комплексные фенологические показатели по вегетативному и генеративному циклам развития растительности в заповеднике Денежкин Камень

	Местоположение	Название фации	Абсолютная высота, м	$Kf_{(v)} \pm m$	$Kf_{(r)} \pm m$
Желтая сопка	плато-выпуклая вершина	березняк лишайниково-голубичный	811	6,0 \pm 0,4	7,2 \pm 0,2
	верхняя часть западного склона	березовое криволесье ягодниково	802	5,8 \pm 0,2	7,2 \pm 0,1
	верхняя часть западного склона	березняк-сосняк травяной	707	5,7 \pm 0,1	7,7 \pm 0,2
	средняя часть западного склона	березняк-сосняк зеленомошно-черничниковый	420	5,6 \pm 0,1	7,7 \pm 0,2
	нижняя часть западного склона	березняк вейниково-мелкотравный	360	5,7 \pm 0,1	7,9 \pm 0,2
Главный Уральский хребет	нижняя часть восточного склона	ельник-березнякдолгомошный	399	5,9 \pm 0,1	8,0 \pm 0,2
	нижняя часть восточного склона	ельник зеленомошно-черничниковый	440	5,9 \pm 0,2	7,5 \pm 0,3
	средняя часть восточного склона	ельник крупнопоротниковый	508	5,9 \pm 0,3	7,3 \pm 0,3
	средняя часть восточного склона	ельник-кедровник крупнопоротниковый	594	5,6 \pm 0,2	7,9 \pm 0,3
	верхняя часть восточного склона	березово-лиственничное криволесье лишайниково-голубичное	755	5,9 \pm 0,3	7,4 \pm 0,3
	привершинная часть восточного склона	лишайниково-голубично-брусничниковая	820	5,4 \pm 0,2	7,0 \pm 0,1

Коэффициент вегетативного развития на Желтой сопке колеблется от 5,6 в средней части западного склона до 6,0 балла на вершине, что соответствует фенологической фазе «начало окрашивания». На Главном Уральском хребте коэффициент изменяется от 5,4 в привершинной до 5,9 в средней части склона. Коэффициенты генеративного процесса, по сравнению с вегетативным, варьируют сильнее: 7,2-7,9 балла на Желтой сопке и

7,0-8,0 на Главном Уральском хребте, что соответствует поспеванию и распространению плодов и семян. В нижних частях склонов окраин Сольвинской депрессии проявляются инверсии температур и переувлажнение склонов, в связи с чем коэффициенты генеративного процесса выше, чем в верхних частях склонов, и растительность находится в фазе распространения семян. В условиях предшествующего аномально теплого лета и высоких осенних температур вершины и привершинные склоны оказались в более комфортных температурных условиях, чем нижние части.

Средний фенологический коэффициент вегетативного процесса как на Желтой сопке, так и на Главном Уральском хребте, составляет $5,8 \pm 0,2$ балла. Коэффициенты генеративного процесса характеризуются значениями $7,5 \pm 0,2$ на Главном Уральском хребте и $7,6 \pm 0,2$ на Желтой сопке. Таким образом, в первую ступень осени солярно-экспозиционные и барьерно-экспозиционные различия на склонах не выражены.

Сущность метода не позволяет ограничиться анализом исключительно фенологических коэффициентов, дополнением и объяснением которых является суммированная фенологическая характеристика (СФХ). Фенологический коэффициент в краткой цифровой форме характеризует состояние всего растительного сообщества, а диаграмма СФХ демонстрирует внутренние различия каждой фации в процентном соотношении.



Рис. 1. СФХ вегетативного процесса

Анализ диаграммы СФХ вегетативного процесса показывает практически одинаковый процент видов в фенофазе «летняя вегетация». Далее продвинулся процесс пожелтения на Главном Уральском хребте: в фазе интенсивного окрашивания находится 16% видов, а на Желтой сопке преобладают виды, находящиеся в начале процесса окрашивания – 52%. Указанные различия связаны с разницей в абсолютной высоте изучаемых вершин.

СФХ генеративного процесса (рис. 2) не демонстрируют значимых различий.

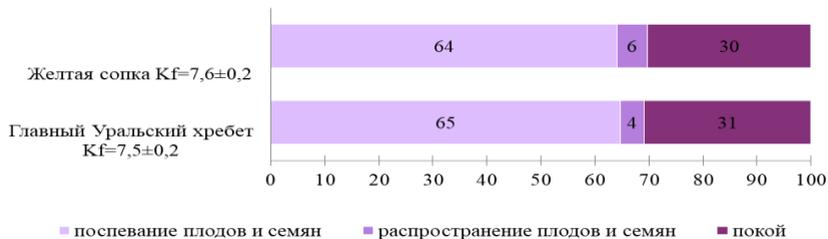


Рис. 2. СФХ генеративного процесса

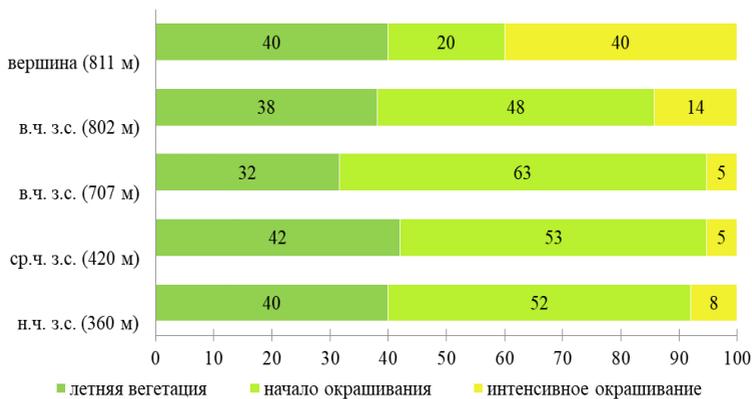


Рис. 3. СФХ вегетативного процесса на западном склоне Желтой сопки

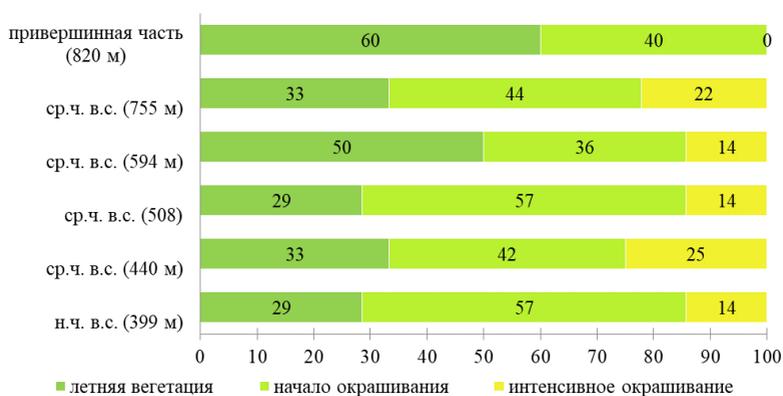


Рис.4. СФХ вегетативного процесса на восточном склоне Главного Уральского хребта

Межфациальные различия в протекании вегетативного процесса имеют устойчивую тенденцию к увеличению количества видов в фенофазе интенсивного окрашивания по мере нарастания абсолютной высоты. Однако, в привершинной части Главного Уральского хребта виды в данной фенофазе отсутствуют, что может быть связано с повышенной влажностью привершинных фаций.

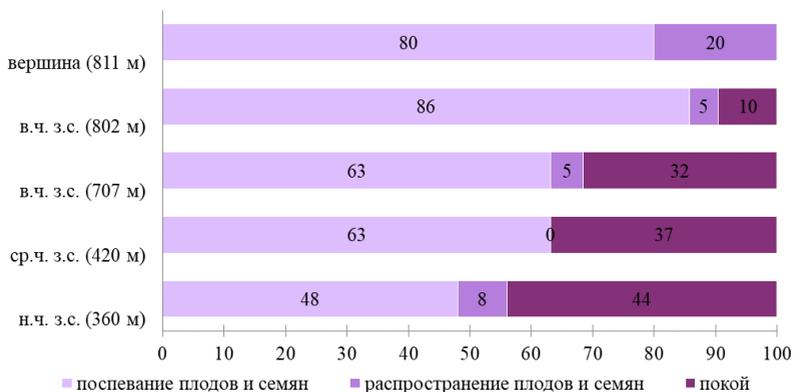


Рис. 5. СФХ генеративного процесса на западном склоне Желтой сопки

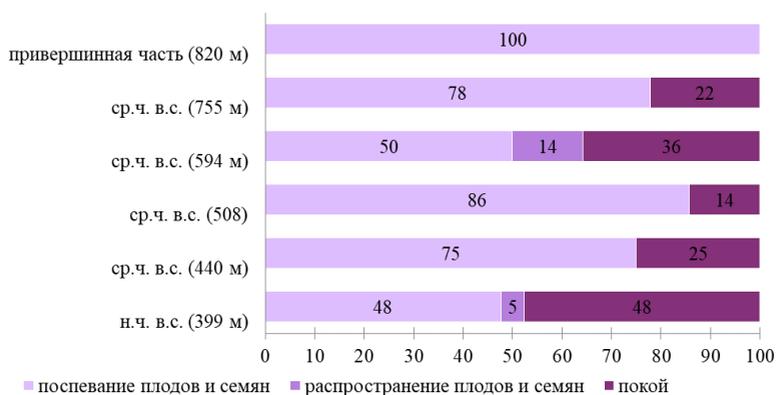


Рис. 6. СФХ генеративного процесса на восточном склоне Главного Уральского хребта

Генеративный процесс характеризуется большим количеством видов в постгенеративном состоянии в нижних частях склонов. Это может быть связано с особенностями видового состава – в горно-тундровом по-

ясе больше зимнезеленых видов. С другой стороны, определенное влияние могли оказать метеорологические условия конкретного года. Для более однозначного установления закономерностей необходимо произвести наблюдения в течение нескольких лет подряд.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Русского географического общества в рамках договора № 03/2020-Р «Влияние климатических изменений на сезонную динамику ландшафтов Урала».

Информационные источники

1. Квашнина, А. Е. Использование метода суммированных фенологических характеристик при проведении наблюдений за сезонным развитием растительности в заповеднике «Денежкин Камень» / А. Е. Квашнина // Современные исследования природных и социально-экономических систем. Инновационные процессы и проблемы развития естественнонаучного образования : материалы Международной. НПК, 11-12 декабря 2014 г. / Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 2014. – С. 63-77.
2. Янцер, О. В. Возможности применения количественных методов фенологических наблюдений для изучения сезонной динамики высотных поясов среднегорий Северного Урала / О. В. Янцер // Современное состояние фенологии и перспективы ее развития : материалы Всеросс. НПК, посвященной 110-летию со дня рождения выдающегося советского фенолога В.А. Батманова, 15-16 декабря 2010 г. Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 2010. – С. 152-169.
3. Янцер, О. В. Общая фенология и методы фенологических исследований / О. В. Янцер, Е. Ю. Терентьева. – Екатеринбург, 2012. – 203 с.

Шуйская Елена Александровна,

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Центрально-Лесной государственный заповедник, Тверская обл., Россия; phenologyarussia@gmail.com

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биоклиматические циклы; климат; климатические изменения; изменения климата; мониторинги; климатические нормы; температура воздуха; атмосферные осадки.

АННОТАЦИЯ. В рамках экологического мониторинга в Центрально-Лесном заповеднике проведен анализ метеорологических рядов за период 1991-2020 гг. Среднегодовая температура воздуха составила $5,0 \pm 0,8$ С. Анализ тренда ее многолетних изменений показывает постепенное увеличение со средней скоростью $0,02^\circ\text{C}/\text{год}$. Средняя сумма осадков – 772 мм/год. Показаны достоверные линейные тренды изменчивости: увеличение температуры воздуха в мае и августе, повышение количества осадков в декабре. Аномально теплыми были 2019 и 2020 гг., а холодными – 1993, 1994 и 1998 гг. В результате потепления и увеличения осадков, в заповеднике происходит усыхание ели, заболачивание, массовая активность инвазионных видов растений. Для анализируемого периода характерно квазипериодическое чередование контрастных двухлетних биоклиматических циклов, не выводящих экосистемы заповедника из режимов экотопической устойчивости.

Elena A. Shuyskaya,

Candidate of Biology, Leading Researcher, Central Forest State Nature Biosphere Reserve, Tver region, Russia

CLIMATE CHANGES IN THE CENTRAL FOREST BIOSPHERE RESERVE (TVER REGION)

KEYWORDS: bioclimatic cycles; climate; climate change; climate change; monitoring; climatic norms; air temperature; precipitation.

ABSTRACT. Meteorological data in the framework of environmental monitoring in the Central Forest Reserve were analyzed during the period 1991-2020. The average annual air temperature was $5,0 \pm 0,8^\circ\text{C}$. The analysis of the trend of its long-term changes shows a gradual increase with an average rate of $0,02^\circ\text{C}/\text{year}$; the average annual rainfall – 772 mm/day. For meteorological parameters found reliable linear trends of variability: air temperature increase in May and August, increased precipitation in December. The abnormally warm ones include 2019, 2020, and cold are 1993, 1994, 1998 years. As a result of climate warming and increased precipitation, spruce dries up in the Reserve, waterlogging, massive activity of invasive plants species. The analyzed period is characterized by a quasi-periodic two alternation of contrasting bioclimatic cycles, which are not lead the regions ecosystems out of ecotopic stability regimes.

В России достаточно актуальных исследований по анализу климатических данных на региональном уровне выполнено во многих особо

охраняемых природных территориях [2; 3; 5; 7; 8; 11; 13-16]. В 2020 г. закончился текущий климатический 30-летний период времени (1991-2020 гг.), который можно сравнить с базовым периодом 1961-1990 гг., как было принято считать в научной литературе [6; 17]. Изменение климата на планете можно оценивать опаснее любой пандемии. По данным Института глобального климата [4; 9] средняя скорость роста среднегодовой температуры воздуха на территории России в 1976-2019 гг. составила 0,47 °C/10 лет. Эти результаты сопоставимы с полученными данными в Центральном-Лесном заповеднике за период 1991-2020 гг. (+0,35 °C/10 лет) и практически совпадают со скоростью потепления Северного полушария с 1970-х гг. (+0,34°C/10 лет) [10]. При сравнении изменений климатических характеристик Центрально-Лесного заповедника по сезонам года за период 1991-2020 гг. с общей климатической тенденцией на территории России в 1976-2019 гг. имеются следующие сходства. Во-первых, слабое потепление зимой с недостоверными трендами изменчивости температуры. Во-вторых, среднегодовые, весенние и осенние температуры растут на всей территории России [10].

Центрально-Лесной заповедник (далее заповедник) расположен в юго-западной части Валдайской возвышенности на главном Каспийско-Балтийском водоразделе Русской равнины бассейнов рек Волги и Западной Двины (56°26' – 39°с.ш.; 32°29' – 33°01'в.д.; площадь 24700 га) в западной подобласти лесной атлантико-континентальной климатической области [1], для которой определяющим фактором является воздействие теплого Северо-Атлантического течения. Особенности климата района дополнительно обусловлены его положением на юго-западном наветренном склоне Валдайской возвышенности. Высокая повторяемость вторжений атлантических воздушных масс определяет умеренно холодные зимы (за период 1963-2020 гг. средняя продолжительность безморозного периода составила 189 дней, среднесуточная температура января -8,3°C) и умеренно теплое лето (среднесуточная температура июля +16,9°C), значительное количество осадков (764 мм) с максимумом в июле-августе.

В заповеднике информация о погоде ежегодно собирается с 1963 г. на метеостанции Тверского центра гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды «Лесной заповедник» (основана в 1961 г.), расположенной на центральной усадьбе ООПТ.

Статистический анализ выполнялся в программах MS Excel 7.0. Для формирования климатических параметров использовались средние значения, а при расчетах отклонений от средних величин – стандартная ошибка (S). Рассчитан коэффициент корреляции (r , показывает зависимость величины признака от года исследования). Параметр P – вероятность ошибки принятия гипотезы о незначимости показателя тренда R^2 .

Показатели тренда, значимые на 95%-м уровне и выше, в таблице выделены жирным шрифтом.

За 30-летний период наблюдений среднегодовая температура воздуха в заповеднике составила $5,0 \pm 0,80^\circ\text{C}$, что на $1,1^\circ\text{C}$ выше по сравнению с предыдущим периодом наблюдений (1963-1990 гг.). Анализ тренда многолетних изменений (рис. 1) показывает достоверное ее увеличение со средней скоростью $0,02^\circ\text{C}/\text{год}$ ($r = 0,49$, $p = 0,01$). Средняя сумма осадков – $771,5 \text{ мм}/\text{год}$ ($r = 0,07$, $p = 0,71$) (табл. 1).

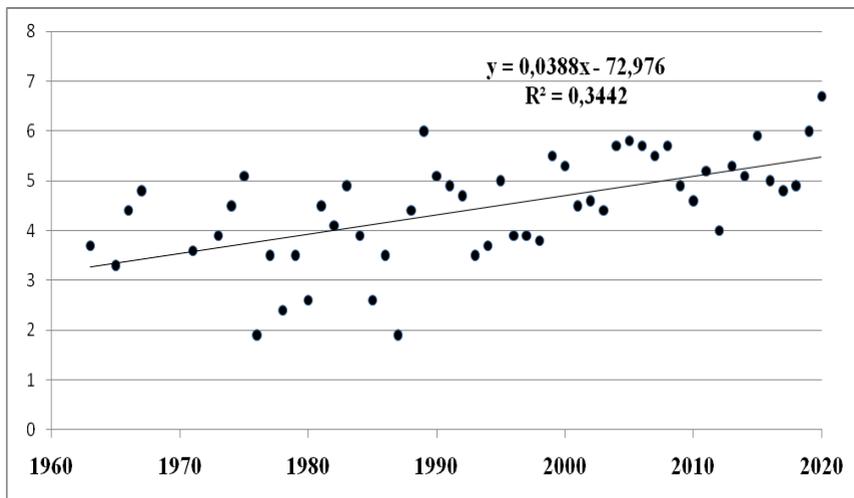


Рис. 1. Линейный тренд изменчивости среднегодовой температуры воздуха в заповеднике за период 1963-2020 гг.

Таблица 1

Климатические характеристики заповедника и линейные тренды их изменчивости за 30-летний период (1991-2020 гг.)

Характеристики	Среднее (1963-1990 гг.)	Среднее (1991-2020 гг.)	r^* (1991-2020 гг.)	p^* (1991-2020 гг.)	Минимум за период 1991-2020 (год)	Максимум за период 1991-2020 (год)
Среднесуточная температура воздуха, °C						
Январь	-9.7	-6.8±0.50	-0.32	0.46	-15.3 (2010)	-0.2 (2020)
Февраль	-8.4	-6.6±0.71	-0.02	0.37	-13.3 (2006)	-0.9 (2020)
Март	-3.1	-1.9±0.46	0.002	0.45	-7.4 (2013)	3.3 (2007)
Апрель	4.1	5.2±0.30	-0.001	0.68	2.5 (2003)	8.8 (2001)
Май	11.7	11.6±0.39	0.44*	0.01	7.2 (1999)	16.1 (2013)
Июнь	14.7	15.2±0.35	0.12	0.50	11.5 (2003)	19.5 (1999)
Июль	16.3	17.5±0.36	0.17	0.89	14.1 (2019)	22.4 (2010)
Август	14.6	15.6±0.28	0.39*	0.03	13.3 (1993)	19.2 (2010)

Продолжение таблицы 1

Характеристики	Среднее (1963- 1990 гг.)	Среднее (1991- 2020 гг.)	r^* (1991- 2020 гг.)	p^* (1991- 2020 гг.)	Минимум за период 1991-2020 (год)	Максимум за период 1991- 2020 (год)
Сентябрь	9.6	10.3±0.31	0.33	0.06	5.4 (1993)	13.4 (2006)
Октябрь	4.2	4.2±0.30	0.13	0.21	0.4 (1992)	8.7 (2020)
Ноябрь	-1.8	-1.1±0.55	0.34	0.06	-9.5 (1993)	3.4 (1996)
Декабрь	-6.4	-4.9±0.75	0.07	0.10	-13.6 (2002)	1.4 (2006)
Среднегодовая	3.9	5.0±0.80	0.49*	0.01	3.5 (1993)	6.7 (2020)
Сумма осадков, мм						
Январь	43.9	57.9±3.89	0.12	0.51	15.0 (2010)	91.3 (2019)
Февраль	33.5	45.4±3.59	-0.23	0.23	12.4 (1994)	84.1 (1995)
Март	39.8	45.0±3.26	0.07	0.71	16.8 (2014)	83.4 (2015)
Апрель	39.4	37.1±3.59	0.17	0.37	1.8 (2019)	75.3 (2016)
Май	57.3	72.4±5.63	0.12	0.51	17.4 (1993)	137.0 (2010)
Июнь	80.1	79.0±6.33	0.22	0.25	12.6 (2015)	142.5 (2012)
Июль	98.7	89.4±9.79	-0.04	0.83	12.6 (2010)	234.7 (1998)
Август	84.4	82.0±7.64	-0.002	0.99	3.9 (2002)	194.0 (2003)
Сентябрь	75.4	69.1±8.65	-0.33	0.08	20.3 (2002)	150.2 (1993)
Октябрь	62.6	78.2±6.89	-0.10	0.59	12.4 (2015)	186.6 (1997)
Ноябрь	64.7	62.9±5.29	0.22	0.23	1.0 (1993)	139.9 (2013)
Декабрь	64.8	61.0±4.79	0.41*	0.02	28.9 (2007)	160.0 (2014)
Среднегодовая	681.2	771.5	0.07	0.71	509.3 (2002)	1050.0 (2012)

*Примечание: r – коэффициент корреляции, показывающий зависимость величины признака от года исследования, p – уровень значимости, полужирное начертание – для достоверных трендов изменчивости ($<0,05$).

Регрессионный анализ для ряда метеорологических рядов заповедника за период 1991-2020 гг. выявил достоверные многолетние изменения: отмечена положительная динамика роста среднемесячной температуры воздуха в мае и августе (табл. 1). В таблице 1 приведены годы с минимальным и максимальным значением в указанный период. Наиболее холодными были 1993, 1994 и 1998 годы. Аномально тёплыми стали 2019 и 2020 гг. за счет теплых зим и ранней весны, когда многие фенологические явления у растений начинались достоверно раньше многолетних сроков, как например, начало цветения многих эфемероидов и первоцветов [14]. Однако результаты по анализу обилия осадков в заповеднике не всегда соответствуют данным Росгидромета и РАН [9; 10]. В России количество осадков увеличивается за счёт весеннего сезона и зимы, тогда как достоверное их повышение в заповеднике наблюдается только в декабре. Летом и осенью тренд осадков в целом по России незначим, что отчасти соответствует результатам исследований в заповеднике – для сентября и октября отмечено небольшое понижение суммы осадков, но оно не достоверно. Самым сухим был 2002 год, а мокрым – 2012 год. Значимых изменений в высоте снежного покрова за 30-летний период не выявлено. Средняя высота снежного покрова составляет 23 см.

Ю. Г. Пузаченко в статье «Вековые изменения климата в заповеднике» [13] доказал о существовании в динамике температур квазистационарных составляющих и предположил, что если не рассматривать гармоники с периодом 400 лет, то среднегодовая температура в заповеднике к 2050 г. поднимется до отметки 11,1°C. Наибольший вклад в тепловую динамику периода в 200 лет вносит период январь-апрель. Именно этот сезон определяет рост зимних температур, начиная с 1991 г. (табл. 1). Наблюдаемое потепление дало к концу периода в 2020 г. (это аномально теплый год в заповеднике) приращение температуры в январе на 2,9°C, а к 2040 г., если стационарная составляющая отражает реальные климатические процессы, оно, по мнению Ю. Г. Пузаченко [13] достигнет 6,45°C, обеспечив среднюю многолетнюю температуру января -4,2°C при средней за прошедшие 120 лет -8,93°C.

В феврале-марте к концу 2020 г. температура увеличилась на 1,8°C и 1,2°C по сравнению с 1990 г., и по прогнозам к 2040 г. она повысится на 5,3°C [13]. В апреле температура выросла на 1,1°C, и ее максимум ожидается в 2026 г., повысившись на 2,6°C [13]. В мае увеличивается вес 50-летней гармоники, но более сглажено, и рост температуры к 2026 г. ожидается на 0,6°C [13].

В летние и осенние месяцы вклад в динамику гармоник с периодами больше 100 лет минимален, и низкочастотные колебания в основном связаны с 50-летним циклом с амплитудой около 1,3-1,5°C [13]. Подобная динамика выявляется в декабре, и максимальное потепление в заповеднике, определяемое этими колебаниями, происходит в текущее время на 1,5°C (табл. 1).

В заповеднике наглядно существенный вклад в тепловые колебания вносят гармоники с периодами от 2 до 2,75 лет, а также 30-38 лет [13]. Показательны аномально жаркие месяцы июль-август в 1939, 1972 и в 2010 гг. Такие экстремальные отклонения представляют интерес, т.к. их масштабы для некоторых компонентов экосистем могут создавать эффект локальной катастрофы, например, как торфяные пожары в центральной России летом 2010 г.

В глобальной динамике атмосферных осадков существует подобная тенденция увеличения. Территория заповедника относится к районам с умеренным их варьированием, что мы и наблюдаем в последние пять лет. Кластерный анализ выделил три независимые группировки: зимне-весенняя, летняя и осенняя, однако процесс выпадения осадков существенно случаен [13]. В январе-марте выражены 100-летние периоды с максимумом осадков в последние десятилетия (2019 г., табл. 1). В апреле слабый вклад в изменчивость вносит 200-летний цикл, а в мае на него накладываются 50-летние колебания (максимум в 2010 г., табл. 1). В июне выражены только 50-летние колебания, а в июле, августе так же, как и в апреле, сла-

бый вклад вносят 200-летние колебания. В сентябре-октябре вновь выявляется вклад 50-летнего периода, определяющего максимум осадков в 1993 и 1997 гг. (табл. 1). В ноябре-декабре – тот же период, но со сдвигом по фазе на 25 лет, определяющий относительный минимум и максимум (табл. 1). Таким образом, общее увеличение осадков в текущее время определяется в основном 100 и 50-летними периодами колебаний с января по июнь. При этом можно ожидать тенденцию снижения осадков в эти месяцы в ближайшие 10 лет. Также можно предполагать уменьшение осадков в июне, сентябре и октябре, а затем вновь начнется рост. И напротив, устойчивый рост ожидается в октябре-декабре [13].

Можно полагать, что за 100-летний период климат заповедника при существенном потеплении и увеличении осадков, приближается по своим параметрам к атлантическому. Последствия этого зимне-весеннего потепления очевидным образом привели к увеличению в возобновлении на моренных грядах широколиственных видов деревьев и в первую очередь вяза, клёна и липы, распространению лещины, ясеня. Экстремально тёплая весна в сочетании со снижением осадков (2002 г.) может приводить к локальному усыханию елей. В 2019-2021 гг. наблюдается частое усыхание этой породы на значительных площадях в заповеднике, что способствует увеличению роли широколиственных видов деревьев в будущей экосистеме. С потеплением весны также можно связать экспансию мха сфагнома Гиргинсона в заповеднике, в первую очередь на просеках и в меньшей степени под пологом леса на плоских и вогнутых формах рельефа. Сфагновые мхи фотосинтезируют по типу C3 и поэтому быстро реагируют на переход температуры через 0-5°C, создавая весной в условиях отсутствия затенения высшими растениями и повышенного увлажнения высокую продукцию, вытесняя эти растения, такие как таволга (лабазник), папоротники и зелёные мхи. В последние 5 лет сотрудники заповедника отмечают, что окраины ельников охраняемой территории активно заболачиваются, также и верховые болота разрастаются, при том, что уровень грунтовых вод падает. В водоемах на центральной усадьбе массово разрослась элодея канадская (инвазионный вид), что, по-видимому, связано с ростом температур в зимний период.

Таким образом, изменения в климатической системе заповедника происходят в зимне-весенние месяцы и проявляются в стабильном увеличении температуры воздуха и нарушении типичного соотношения осадков в зимний период. В остальные месяцы изменения определяются периодическими 50-летними колебаниями с относительно небольшой амплитудой. Для анализируемого периода свойственно периодическое чередование циклов, имеющих преимущественно 2-летний характер.

Информационные источники

1. Алисов, Б. П. Климаты СССР / Б. П. Алисов. – М. : Изд-во МГУ, 1954. – 127 с.
2. Влияние изменения климата на экосистемы / ред. А. О. Кокорин, А. В. Кожаринов, А. А. Минин. – М. : Русский университет, 2001. – 184 с.
3. Гордиенко, Н. С. Анализ долговременных изменений сроков сезонных явлений у растений и насекомых Ильменского заповедника в связи с климатическими факторами / Н. С. Гордиенко, Л. В. Соколов // Экология. – 2009. – № 2. – С. 96-102.
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. – М. : Росгидромет, 2019. – 79 с.
5. Коломыц, Э. Г. Прогноз влияния глобальных изменений климата на зональные экосистемы Волжского бассейна / Э. Г. Коломыц // Экология. – 2006. – № 6. – С. 429-440.
6. Кожаринов, А. В. Современные тенденции в состоянии природы Русской равнины / А. В. Кожаринов, А. А. Минин // Влияние изменений климата на экосистемы. Охраняемые природные территории России: анализ многолетних изменений. Ч. 1. – М. : Всемирный фонд дикой природы, Российское представительство, 2001. – С. 17-23.
7. Летопись природы России: фенология : материалы I Международной фенологической школы-семинара в Центрально-Лесном государственном природном биосферном заповеднике, 13-17 августа 2018 г. – Великие Луки, 2018. – 224 с.
8. Летопись природы: фенология, отклики биоты на изменение климата : материалы II Международной научной конференции в Центрально-Лесном государственном природном биосферном заповеднике 10-14 августа 2020 г. – М., 2020. – 218 с.
9. Обзор состояния и тенденций изменения климата России / Институт глобального климата Росгидромета и РАН. – М., 2018. – URL: http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=32&Itemid=75&lang=ru/ (дата обращения: 25.08.2018). – Текст : электронный.
10. Обзор состояния и тенденций изменения климата России: Изменение климата 2018. Год (декабрь 2017 – ноябрь 2018). – М. : Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды ; РАН, 2019. – 42 с.
11. Прокошева, И. В. Динамика фенологических процессов в горнотаежном поясе Вишерского заповедника (Северный Урал) под влиянием климатических изменений / И. В. Прокошева // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2017. – Т. XXVIII, № 2. – С. 40-55. – DOI: 10.21513/0207-2564-2017-2-40-55.

12. Пузаченко, Ю. Г. Вековые изменения климата в районе заповедника / Ю. Г. Пузаченко // Труды Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника. Вып. 6. – Великие Луки : ООО «Великолукская городская типография», 2012. – С. 6-32.
13. Сапельникова, И. И. Долговременные изменения некоторых фенологических параметров календарного года в Воронежском биосферном заповеднике / И. И. Сапельникова, И. В. Базильская // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2015. – Т. XXVI, № 1. – С. 49-67.
14. Сапельникова, И. И. Аномалии фенологической зимы 2019-2020 гг. на Европейской территории России / И. И. Сапельникова, И. В. Прокошева, Е. А. Шуйская [и др.] // Летопись природы: фенология, отклики биоты на изменение климата : материалы II Международной научной конференции в Центрально-Лесном государственном природном биосферном заповеднике 10-14 августа 2020 г. – М., 2020. – С. 28-45.
15. Современное состояние фенологии и перспективы ее развития : материалы междунар. научно-практ. конф. / Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 2015. – 276 с.
16. Современное состояние фенологии и перспективы ее развития : материалы междунар. научно-практ. конф. / Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 2020. – 323 с.
17. Mitchell, J. M. On the world-wide pattern of secular temperature change. Changes of climate / J. M. Mitchell // Proceedings of the Rome Symposium. – UNESCO, 1963.

Секция 4
«Антропогенный фактор и его влияние
на динамику и развитие геосистем»

УДК 504.062.2:911.52

DOI: 10.26170/KFG-2021-26

Батраченко Екатерина Александровна,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Курский государственный
университет, г. Курск, Россия; ostkat@yandex.ru

АСПЕКТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЛАНДШАФТОВ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ландшафты; ландшафтоведение; фитоценозы; сельскохозяйственное воздействие; сельское хозяйство; изменения ландшафтов.

АННОТАЦИЯ. Сельскохозяйственное воздействие как фактор изменения естественных ландшафтов действует достаточно специфично. Формирование агроландшафтов сопровождается изменением естественной структуры. Исследование видов и интенсивности сельского хозяйства на компоненты естественных ландшафтов представляет научный и практический интерес. Диагностика особенностей изменения позволит корректировать специфику сельскохозяйственного землепользования и проектировать эффективные мелиоративные мероприятия.

Ekaterina A. Batrachenko,
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Kursk State University, Kursk, Russia

ASPECTS OF AGRICULTURAL IMPACT
ON FUNCTIONING OF LANDSCAPE COMPONENTS

KEYWORDS: landscapes; landscape science; phytocenoses; agricultural impact; Agriculture; landscape changes.

ABSTRACT. Agricultural impact as a factor of changing natural landscapes is quite specific. The formation of agricultural landscapes is accompanied by a change in the natural structure. The study of the types and intensity of agriculture on the components of natural landscapes is of scientific and practical interest. Diagnostics of the features of the change will allow you to adjust the specifics of agricultural land use and design effective land reclamation measures.

Результаты сельскохозяйственного воздействия на природные системы приобретают все более необратимый характер. Существующие условия однонаправленного развития природной и антропогенной составляющей усиливают степень преобразования (например, при заболачивании территории, оврагообразовании, засолении). Таким образом, оценивать роль сельскохозяйственного воздействия и определять степень устойчивости природной системы необходимо в сочетании с исследованием тенденций естественной динамики [3]. В современных условиях

происходит резкая интенсификация сельскохозяйственного производства, значительный рост механизации и химизации, что приводит к возникновению качественно новых связей между сельским хозяйством и окружающей средой. Воздействие сельского хозяйства на окружающую среду достаточно специфично. Все многообразие сельскохозяйственных воздействий можно объединить в следующие группы (рис. 1):

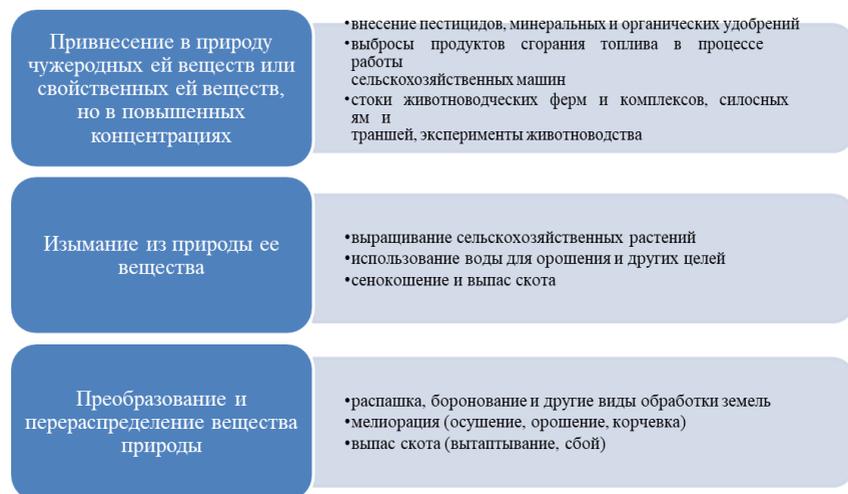


Рис. 1. Типы сельскохозяйственного воздействия

Исследованию особенностей сельскохозяйственного воздействия на ландшафты Курской области посвящены работы А. Д. Ахаминова, Н. С. Казанской, В. М. Фирсенковой [6; 7]. Результаты исследования влияния выпаса на состояние фитоценозов луговых степей представлены в работах М. А. Борисовой-Гуленковой, Д. Б. Красковского, С. Г. Сапроновой, В. С. Жмыхова [2; 4; 8; 11].

В нашем исследовании рассмотрены аспекты изменения структуры и функционирования лугово-степных ландшафтов Курской области при выпасе и сенокосении. Сельскохозяйственное воздействие на растительный покров проявляется прежде всего в механическом воздействии и отчуждении надземной фитомассы. Режим выпаса – одна из основных причин экологических изменений лугов и степей. Результаты наблюдений показали, что показатели функционирования луговой степи при различных вариантах сельскохозяйственного использования определяются сочетанием физико-географических параметров среды. Интенсивная нагрузка инициирует пастбищную дигрессию, сопровождающуюся снижением надземной фитомассы и первичной продукции, а также изменением видового состава, в особенности структуры доминантов. Снижение

или прекращение выпаса сопровождается сукцессией восстановления и возвращению деградированного пастбища к коренному сообществу. Степень изменения фитоценозов в результате сельскохозяйственного воздействия определяется по величине запаса надземной фитомассы, деградации проективного покрытия, высоте травостоя, видовому разнообразию, фитоценологическому спектру и другим синтетическим показателям. Сенокосение, как вид сельскохозяйственного воздействия на изучаемые фитоценозы луговых степей, как свидетельствуют результаты исследования, является наиболее щадящей формой антропогенного воздействия на растительный покров.

Как показали результаты исследования состояния луговых фитоценозов при разных видах сельскохозяйственного воздействия, синтетические показатели (видовое разнообразие, проективное покрытие, высота травостоя, запасы надземной фитомассы) снижаются при сенокосении минимально. Интенсивное сенокосение и выпас сопровождается интродукцией синантропных видов. Увеличение доли синантропных видов в случае пастбищной дигрессии препятствует восстановлению естественной растительности. На исследованных пробных площадках доля синантропных видов варьирует в пределах 20-45% от общего состава. Максимальная степень синантропизации характерна для участков усиленного выпаса, а также участков, испытывающих значительное механическое воздействие (участки, приуроченные к сети дорог и тропинок).

Наиболее обильны следующие виды: горец шероховатый, подмаренник цепкий, марь белая, ярутка полевая, пырей ползучий, пырей средний, осот полевой, вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), гравилат городской (*Geum urbanum*), крапива двудомная (*Urtica dioica*), бодяк полевой (*Cirsium setosum*), полынь горькая (*Artemisia absinthium*), трехреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum*), нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare*), мальва приземистая, щирца запрокинутая, торница полевая. Количество синантропных видов на постоянных пробных площадках изменяется в пределах от 5 до 25 на кв. м в зависимости от вида и интенсивности сельскохозяйственного использования. Густота побегов синантропных видов достигает 67 экземпляров на кв. м. Наиболее часто встречаются многолетние, корнеотпрысковые виды (бодяк полевой, осот полевой). Доля синантропизация растительного покрова фитоценозов сенокосных угодий относительно невысока. Можно отметить взаимосвязь изменении видового состава и структуры фитоценозов в зависимости от крутизны, экспозиции, степени синантропизации. Обобщенные данные позволили выделить некоторые закономерности в структуре и функционировании фитоценозов, приуроченных к определенным геоморфологическим элементам. Максимальная видовая насыщенность отмечается для фитоценозов межводотоковых пространств (в отдельных

случаях до 35%). В пределах водотоков, на днищах действующих оврагов, в местах вреза отмечается общее угнетение растительности и снижение синтетических показателей.

Наблюдения показывают, что устойчивость растительных сообществ к сельскохозяйственному воздействию выше в районах с избыточным увлажнением. Восстановление показателей структуры и функционирования фитоценозов в условиях достаточного увлажнения происходит значительно быстрее. При сравнительном анализе геоботанических описаний постоянных пробных площадках, приуроченных к разным видам сельскохозяйственных угодий, максимальные величины синтетических показателей состояния фитоценозов выявлены для участков, подвергающихся сенокосению и слабому выпасу.

Таким образом, длительный интенсивный выпас приводят к обеднению видового разнообразия, увеличению доли синантропных видов. Видовое разнообразие – более устойчивая характеристика фитоценозов, при усилении пастбищной нагрузки его показатели уменьшаются значительно медленнее, чем проективное покрытие и средняя высота травостоя. При постпастбищной демуляции восстановление видового состава происходит значительно медленнее по сравнению с другими показателями. Отмечается корреляция изменения фитосоциологического спектра и степени антропогенной нагрузки на фитоценозы.

Информационные источники

1. Батраченко, Е. А. Изменение синтетических показателей фитоценозов при сельскохозяйственном воздействии / Е. А. Батраченко // Антропогенное влияние на флору и растительность : материалы 2-й научно-практической конференции (2 марта 2007 года, г. Липецк). – Липецк, 2007. – С. 49-54.
2. Борисова-Гуленкова, М. А. Об изменении ботанического состава травостоя луговой степи под влиянием выпаса / М. А. Борисова-Гуленкова // Ботанический журнал. – 1963. – Т. 48, № 5. – С. 729-732.
3. Голицинский, Е. С. Влияние природной цикличности на рациональное использование сельскохозяйственных природных ресурсов / Е. С. Голицинский // География и природные ресурсы. – 2003. – № 2. – С. 98-101.
4. Жмыхова, В. С. Влияние режима сенокосения на фитофенология / В. С. Жмыхова // Теоретические вопросы заповедного дела в СССР. – Курск, 1975.
5. Злотин, Р. И. Изменение некоторых характеристик природных экосистем под воздействием сельского хозяйства / Р. И. Злотин // Географические аспекты взаимодействия в системе «человек-природа». – М., 1978. – С. 208-219.

6. Казанская, Н. С. Некоторые закономерности антропогенной трансформации пастбищных экосистем Центральной лесостепи / Н. С. Казанская // Современные проблемы заповедного дела. – Курск, 1985.
7. Казанская, Н. С. Экологическая схема изменения луговой растительности под влиянием выпаса в условиях Курской области / Н. С. Казанская // Труды ЦЧЗ. Вып. 9. – М., 1965. – С. 117-129.
8. Красковский, Д. Б. Влияние выпаса на лугово-степные фитоценозы / Д. Б. Красковский // Фитоценозы северной лесостепи и их охрана. – Тула, 2001. – С. 26-30.
9. Куркин, К. А. Критерии, факторы, типы и механизмы устойчивости фитоценозов / К. А. Куркин // Ботанический журнал. – 1994. – Т. 79, № 1. – С. 3-13.
10. Сошникова, Т. И. Экологическая оценка растительности пастбища Центрально-Черноземного заповедника / Т. И. Сошникова // Вопросы прикладной и учебной ботаники. – Курск, 1970. – С. 63-74.
11. Сапронова, С. Г. Фитоценозы северных степных экосистем западной части Центрального Черноземья и их изменение под влиянием антропогенных факторов : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Сапронова С. Г. – Курск, 2001. – 19 с.
12. Снегирева, Е. В. Динамика состава и продуктивности растений при разных режимах заповедания луговой степи / Е. В. Снегирева // Динамика биоты в экосистемах центральной лесостепи. – М., 1979.
13. Утехин, В. Д. Растительный покров территории Курского стационара и его продуктивность / В. Д. Утехин // Биогеографическое и ландшафтное изучение лесостепи. – М., 1972. – С. 28-40.

Беспалова Татьяна Леонидовна,

кандидат биологических наук, заместитель директора, Природный парк «Кондинские озера» им. Л.Ф. Сташкевича, г. Советский, ХМАО-Югра, Россия; bespalovatl@inbox.ru

Коротких Наталья Николаевна,

ведущий научный сотрудник, Природный парк «Кондинские озера» им. Л.Ф. Сташкевича, г. Советский, ХМАО-Югра, Россия; korotkich@mail.ru

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ –
ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ КОНТРОЛЯ
И СНИЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НЕФТЯНОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ЭКОСИСТЕМЫ**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экологический мониторинг; экология; нефтяные месторождения; экосистемы; нефть.

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены вопросы ведения экологического мониторинга техногенного влияния на состояние болотных фитоценозов и уровень режим природных вод, сохранения экосистем на территории природного парка в условиях эксплуатации куртамышского водоносного горизонта. Показано, что на основе результатов экологического мониторинга влияния водозабора удалось прекратить эксплуатацию куртамышского горизонта подземных вод на Тальниковом месторождении нефти и предотвратить деградацию уникальных природных комплексов.

Tatiana L. Bepalova,

Candidate of Biology, Deputy Director, Natural Park “Kondinskiy Lakes” named after L.F. Stashkevich, Sovetsky city, Russia

Natalya N. Korotkikh,

Senior Researcher, Natural Park “Kondinskiy Lakes” named after L.F. Stashkevich, Sovetsky city, Russia

**ENVIRONMENTAL MONITORING IS AN EFFECTIVE TOOL
FOR CONTROLLING AND REDUCING THE TECHNOGENIC
IMPACT OF AN OIL FIELD ON ECOSYSTEMS**

KEYWORDS: environmental monitoring; ecology; oil fields; ecosystems; oil.

ABSTRACT. The issues of environmental monitoring of technogenic influence on the state of marsh phytocenoses and the level regime of natural waters, the preservation of ecosystems on the territory of the natural park in the conditions of operation of the kurtamysh aquifer are considered. It is shown that based on the results of environmental monitoring of the impact of water intake, it was possible to stop the operation of the kurtamysh underground water horizon at the Talnikov oil field and prevent the degradation of unique natural complexes.

На территории природного парка «Кондинские озера» им. Л.Ф. Сташкевича осуществляется разработка Тальникового нефтяного месторождения [5], которая ведется с учетом природоохранных ограничений [4; 6]. Одним из направлений техногенного влияния объектов инфраструктуры нефтепромысла на протяжении шести лет являлась эксплуатация куртамышского пресноводного горизонта.

На основе анализа литературных источников и фондовых материалов еще до начала эксплуатации куртамышского горизонта сотрудниками природного парка был сделан прогноз, что отбор значительных объемов воды данного горизонта может привести к формированию воронки депрессии радиусом до 10 км, что вызовет падение уровня грунтовых вод на этом участке, осушение болот, обмеление малых рек (вплоть до исчезновения), изменение растительных комплексов, деградацию естественных ландшафтов.

Для контроля влияния водозабора на прилегающие экосистемы с 2005 г. был организован гидрологический, гидрогеологический и геоботанический мониторинг в пределах влияния формирующейся воронки депрессии.

С целью выявления изменения гидрологического режима верхнего горизонта подземных вод под влиянием водозабора был обустроен створ из 12 наблюдательных гидрогеологических скважин на различном удалении от места водозабора (табл. 1). Для выявления динамики уровневого режима поверхностных вод был заложен водомерный пост в верховьях р. Б. Енья.

Таблица 1

Расстояние от водозабора до гидрогеологических скважин

№ скважины	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расстояние (м)	0	100	150	350	470	515	705	915	1370	1900	2340	3045

В ходе выполнения работ по ведению гидрологических наблюдений в зоне развития воронки депрессии в течение всего периода мониторинговых исследований (2005-2018 гг.) выполнялись следующие наблюдения:

- 1) один раз в три дня в период, когда водоемы свободны ото льда, производились замеры уровня поверхностных вод на водомерном посту;
- 2) один раз в десять дней круглогодично производились замеры уровня подземных вод на наблюдательных гидрогеологических скважинах.

Анализ динамики уровневого режима подземных вод на наблюдательных скважинах показал, что за период эксплуатации куртамышского горизонта, влияние водозабора распространилось до расстояния более 1000 м (рис. 1).

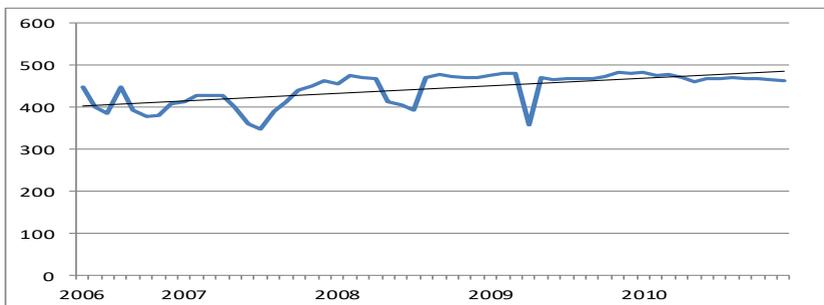


Рис. 1. Снижение уровня подземных вод по гидростважине № 8

Поскольку снижение уровня подземных и поверхностных вод могло привести к значительному уменьшению водности реки Еныя – основного водотока, питающего оз. Арантур, для выявления зависимости уровневого режима водоемов территории природного парка от влияния водозабора были проанализированы результаты гидрологических наблюдений на р. Еныя (среднее течение) и оз. Арантур, находящихся в пределах косвенного влияния распространения воронки депрессии.

Построенные графики и линии трендов показывают, что в период, когда проявлялось влияние эксплуатации куртамышского горизонта (2004-2011 гг.) уровневый режим этих водных объектов снижался (рис. 2).

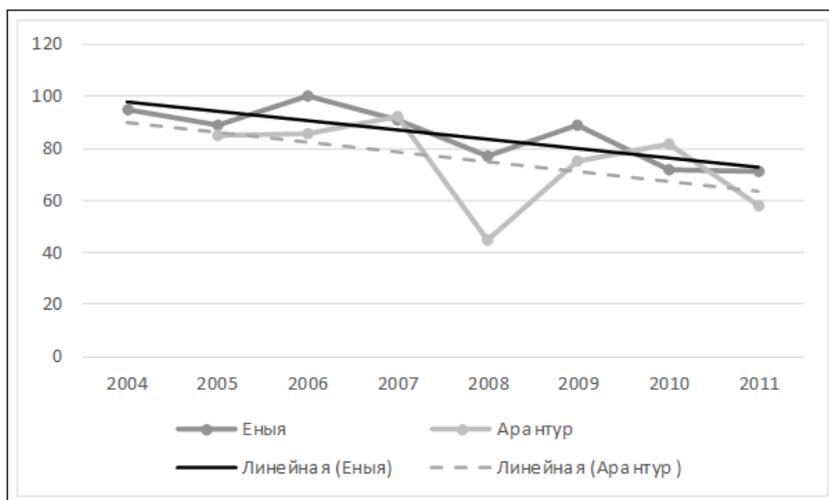


Рис. 2. Снижение уровня поверхностных вод на гидрологических постах на р. Еныя и оз. Арантур

После того, как, в соответствии с предписаниями природного парка, нефтедобывающим предприятием ТПП «Урайнефтегаз» была проведена работа по переходу на использование подтоварных вод для поддержания пластового давления, что позволило отказаться от эксплуатации куртамышского водоносного горизонта, с 2011 г. началось постепенное восстановление уровня водоемов (рис. 3, 4).



Рис. 3. Повышение уровня подземных вод по гидроскважине № 8

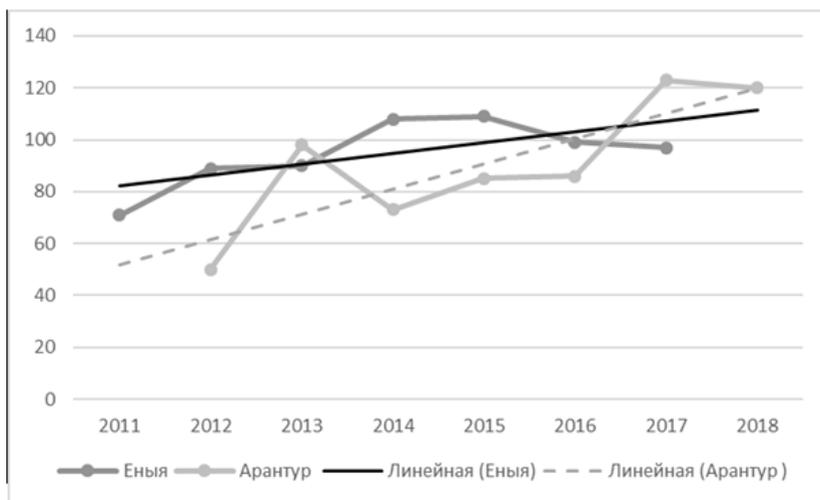


Рис. 4. Повышение уровня поверхностных вод на гидрологических постах на р. Енья и оз. Арантур

С целью контроля влияния водозабора на растительный покров на участках, сопредельных с местом водозабора, в пределах предполагаемой воронки депрессии была заложена сеть из 10 геоботанических мониторинговых пробных площадей, на которых ежегодно в период 2005-2011 гг. проводились геоботанические описания [2].

Пробные площади для геоботанических описаний были заложены в гомогенных участках растительности, представляющих опознаваемые на глаз варианты сухих и влажных лесов и болот.

За период наблюдений на двух пробных площадях, заложенных в сосняках бруснично-зеленомошно-лишайниковых, изменений в структуре фитоценоза и состоянии древесного, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов не выявлено.

Выявлены изменения структуры сообществ, жизненности, видового состава и соотношения экологических групп растений на пробных площадях, заложенных в различных типах болот. Это связано с более быстрой реакцией болотных экосистем на изменение гидрологических условий произрастания видов. Острее всего на понижение уровня грунтовых вод реагируют переходные участки на границе лес-болото. Даже в 2009 г., который отличался довольно высоким уровнем выпавших атмосферных осадков, на этих участках наблюдалось ярко выраженное обсыхание.

На всех болотных площадях произошло изменение структуры микрорельефа. Значительно повысилось количество возобновления древесных пород на пробных площадях в пределах сосново-кустарничково-сфагнового и березово-кустарничково-сфагнового болота. Произошло изменение соотношения роли видов различных экологических групп в формировании травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов.

Увеличилась мозаичность структуры мохового покрова за счет повышения роли видов-содоминантов, вызванного формированием более разнообразных экологических условий произрастания. В мочажинах возросла роль зеленых мхов [1].

Произошедшие изменения подтверждают резкое снижение уровня болотных вод на участках болотного комплекса в пределах влияния водозабора [3].

На пробных площадях произрастает большое количество редких и нуждающихся в охране видов растений. В связи с происходящими изменениями условий произрастания они находились под угрозой исчезновения на данном участке.

Наличие указанных видов растений, а также уникальная структура болотного массива, которая начала изменяться под влиянием снижения уровня болотных вод, явились основанием для взятия под особую охрану этого болотного комплекса и принятия необходимых мер для недопущения его деградации.

Продолжение водозабора могло привести к нарастанию изменения уровня режима болотных вод и возникновению угрозы деградации болотного комплекса. Кроме того, продолжение снижения уровня грунтовых вод могло повлечь изменения и в лесных растительных сообществах.

Поскольку на основе природоохранных рекомендаций с октября 2010 г. эксплуатация куртамышского водоносного горизонта была прекращена, мониторинговые исследования в 2011 г. были направлены на выявление процессов восстановительной динамики растительных сообществ. Проведенные в 2011 г. описания геоботанических мониторинговых пробных площадей и сравнительный анализ с результатами 2005-2010 гг. показали, что изменения носят разнонаправленный характер. Это связано с тем, что после прекращения эксплуатации куртамышского горизонта в экосистемах, находящихся на различном удалении от водозабора, был отмечен разный отклик на изменившиеся гидрологические условия.

В настоящее время в зоне влияния водозабора произошло практически полное восстановление экосистем к исходному состоянию. Таким образом, на основе результатов экологического мониторинга влияния водозабора на экосистемы природного парка удалось прекратить эксплуатацию куртамышского горизонта подземных вод на Тальниковом месторождении нефти, тем самым предотвратить деградацию и уничтожение уникальных природных комплексов на особо охраняемой природной территории.

Информационные источники

1. Беспалова, Т. Л. Результаты геоботанического мониторинга в границах водозабора вод куртамышского горизонта на лицензионном участке Тальникового месторождения нефти (территория природного парка «Кондинские озера») / Т. Л. Беспалова, Н. Н. Коротких, Т. В. Попова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13 (39), № 1 (6). – С. 1304-1310.
2. Методика полевых геоботанических исследований. – М. ; Л. : АН СССР, 1938.
3. Отчеты о научно исследовательской работе: «Ведение мониторинга состояния компонентов окружающей среды и оценка влияния на природный комплекс водозабора вод куртамышского горизонта в пределах лицензионного участка Тальникового месторождения нефти (по программе геоботанического мониторинга)». – Советский, 2005-2011.
4. Положение о природном парке окружного значения «Кондинские озера». – Ханты-Мансийск, 1999. – 7 с.
5. Рабочая документация «Опытно-промышленная эксплуатация Тальникового месторождения нефти». – Пермь : ПермНИПИнефть, 2000. – 10 т.
6. Федеральный закон РФ № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» от 14 марта 1995 года (с изменениями и дополнениями) // Собрание законодательства РФ. – М., 1995.

Биличенко Ирина Николаевна,

кандидат географических наук, Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук; irinabilnik@mail.ru

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА КОМПОНЕНТЫ ГОРНО-ТАЕЖНЫХ ГЕОСИСТЕМ ПРИБАЙКАЛЬЯ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: горно-таежные геосистемы; постпирогенные геосистемы; сукциссии; лесные пожары.

АННОТАЦИЯ. В настоящее время распространение пожаров в Прибайкалье носит возрастающий и повсеместный характер. Это касается не только равнинной части, но и удаленной горной территории. Его влиянию подвержены все компоненты горно-таежных ландшафтов. В данной работе рассмотрено воздействие пожаров на компоненты геосистем территории Приморского хребта (Западное Прибайкалье), его западного макросклона. Наиболее подвержена изменениям растительность, которая на ключевом участке находится еще в начальной стадии восстановления. Также были изменены гидрологические характеристики постпирогенного участка и свойства почв.

Irina N. Bilichenko,

Candidate of Geography, V.B. Sochava Institute of Geography of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences

IMPACT OF FOREST FIRES ON COMPONENTS OF MOUNTAIN-TAIGA GEOSYSTEMS OF THE GISBAIKALIA

KEYWORDS: mountain taiga geosystems; post-pyrogenic geosystems; succissions; Forest fires.

ABSTRACT. Currently, the spread of fires in the Gisbaikalia is increasing and widespread. This applies not only to the flat part, but also to the remote mountainous area. All components of mountain-taiga landscapes are affected by it. This paper considers the impact of fires on the components of the geosystems of the Primorskii Ridge (Western Gisbaikalia) and its western macroslope. The vegetation is most susceptible to changes, which in the key area is still in the initial stage of recovery. The hydrological characteristics of the post-pyrogenic site and soil properties were also changed.

Воздействие пожаров значительно усилилось в последнее время на территории России. В Иркутской области с его огромной территорией ситуация еще более сложная. За 2017-2019 гг. в Иркутской области произошло более 2,5 тысяч пожаров на площади более 1,8 млн га леса [1]. Большая доля сгоревших лесов находится в труднодоступных местах, которые не тушатся в связи с трудоемкостью и дороговизной этого процесса. В целом, леса Иркутской области характеризуются высокой степенью природной пожарной опасности [2].

Пожары в горах также относятся к труднодоступным, поэтому имеют большие площади распространения и являются одним из важней-

ших факторов, влияющих на состав, строение и развитие компонентов геосистем гор. Согласно Майоровой [3] пирогенный фактор влияет не только динамику ландшафтов, но и становится причиной эволюционных перестроек. Часто ландшафтная структура горных регионов складывается из различных стадий послепожарных сукцессий, которые имеют разный временной интервал и сопровождаются изменениями экологического облика всех компонентов геосистемы [4]. В связи с этим увеличивается ландшафтное разнообразие Байкальского региона, но при этом часто распространение крупных пожаров совпадает с доминированием в территориальной структуре устойчиво-производных состояний геосистем [5].

Устойчивые повалы вызывают смену пород леса, растительного покрова, способствуют водной и ветровой эрозии, ухудшают режим стока в реках. В сырых и влажных типах леса возникают процессы заболачивания, на горных склонах усиливаются селевые потоки, снежные лавины и оползни, изменяется флора, фауна, структура всего биоценоза.

Недостаток данных об изменении компонентов ландшафтов под действием пирогенного фактора и широким распространением в Иркутской области пожаров, их активнейшим воздействием на геосистемы определяет актуальность данных исследований. Наиболее подробно изучались растительность и гидрологические характеристики, а также почвенный покров.

В статье рассматривается воздействие пожаров на компоненты горно-таежных геосистем Приморского хребта. Протягивается он от истока реки Ангары и тянется на северо-восток на 250 км вдоль западного берега озера Байкал. Высшая точка его гонец Трехголовый 1746 м. Район исследования входит в Центральную экологическую зону Байкальской природной территории (БПТ) и относится к водосборному бассейну озера Байкал.

Ландшафтная структура региона, согласно В. С. Михееву [6], четко разделяется на высотные пояса. Подгольцовые редколесно-таежные ландшафты с участками горных тундр сменяются горно-таежными. Последние имеют наибольшее распространение (70-80%).

Почвы хребта маломощные с облегченным гранулометрическим составом и различной степенью щебенности. Кроме того, для них характерно высокое содержание гумуса в верхних горизонтах, снижающееся с глубиной [7].

Объектами исследований послужили горно-таежные геосистемы западного макросклона Приморского хребта. На рисунке 1 показаны основные ареалы пожаров на территории центральной части Приморского хребта [8]. Пожары регулярно происходят в жаркие и сухие периоды в подгольцовом поясе и всех частях горно-таежного пояса Приморского хребта, особенно начиная с 2015 г., для которого характерно повышением температуры воздуха и уменьшением количества осадков.

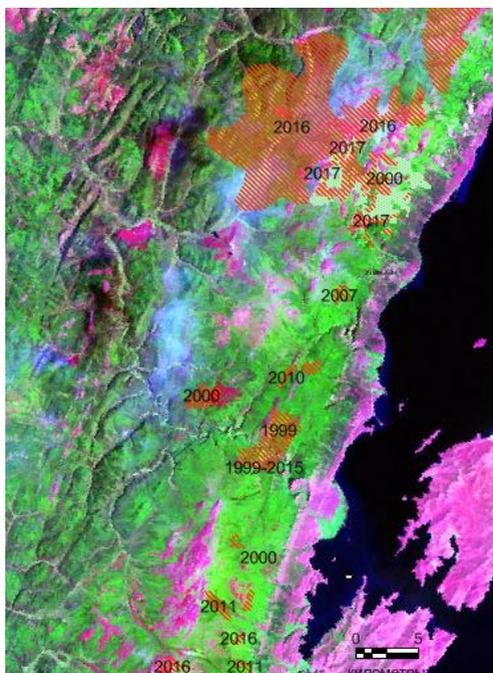


Рис. 1. Основные ареалы распространения пожаров в 2000-2019 гг. на фрагменте мозаики космоснимков Landsat 7 ETM+Land Cover (USGS)

Отчетливо выделяется участок на северо-востоке (урочище Яторголец Трехголовый-ручей Улан-Хан). В течение 2015-2017 гг. здесь сгорело более 100 км^2 горно-таежных геосистем. Пожары отмечены по всему высотному профилю, от гольцовых кустарничковых геосистем на водоразделе, крутых склонов и в предгорье.

Участок исследования входит в Западно-Прибайкальский пирологический округ – с варьированием количества пожаров от 0,1 до 0,5 на 100 тыс. га за сезон. При характеристике пирологических округов принималась во внимание оценка рельефа (высота, расчлененность), климата (сезонная динамика). Климат умеренно холодный влажный. Общий фон создают сосняки травяно-кустарничковые. По хребтам встречаются темнохвойные кустарничково-зеленомошные леса. Горимость лесов повышена. Максимум пожарной опасности по условиям погоды и максимум горимости – весной, в мае.

В исследуемой части хребта выделено 16 пожаров с 1999 г. (всего около 500 км^2). Один катастрофический пожар 2016 г. (более 2000 га , в среднем около 10000 га), охватил водораздельные высокогорья к северу от г. Трехголовый. Далее, на 1000 га распространились 3 крупных пожара

(от 201 до 2000 га, в среднем). Около 100 га – это средние (от 21 до 200 га,) и мелкие. Крупные пожары характеризовались высокой степенью выгорания, когда древостой гибнет на 60% или полностью. Почвы выгорают до минерального слоя.

На данной территории (рис. 2) были проведены полевые работы, сделаны описания постпирогенных ландшафтов в разных местоположениях. Большая часть покрыто пожаром 2016 г. В гольцах, на высотах 1400-1500 м существует места, где кедровый стланик сгорел полностью. На высоте 1380 м встречаются участки с пятнистой гарью ерниковые с рододендронам лишайниковые с выгоревшим кедровым подростом. Чуть ниже идут кедровые с ерником и кедрово-стлаником в подлеске кипрейные. Западный макросклон покрыт горелым, в основном сосновым сухостоем с обильным подростом кипрея и чистотела на обнаженном каменистом субстрате. Сообщества кипрея встречаются и выше, в подгольцовой зоне среди соснового сухостоя. Вблизи ручья Улан-хан, на высоте 500 м, на крутом склоне сосновый травяной лес с обильным подростом осины.

Для оценки влияния пирогенного фактора на гидрологический режим выбран водосбор ручья Ятор, водосборная территория которого покрыта разновозрастными гарями. Сравнение характеристик речного стока этого ручья (за теплый период 2019 г.) и ненарушенных ручьев показали, что абсолютные значения и амплитуды суточных колебаний температуры воды выше на ручье Ятор. Такая особенность свойственна более прогреваемым дном поверхностям на ручье. В связи с этим, температурный режим воды изменяется и увеличиваются перепады между дневными и ночными температурами. Амплитуды колебаний уровня воды больше по-видимому за счет уничтожения естественной подстилающей поверхности водосбора после пожара, а режим минерализации не устойчив. Химический состав воды ручьев после пожаров в целом сохраняется, возможно обусловленное пожарами повышение концентрации нитратов, гидрокарбонатов [9].



Рис. 2. Ключевой участок «Урочище Ятор – гольц Трехголовый – ручей Улан-Хан» на космоснимке Landsat 8 OLI (4-5-1, 03.07.2017)

Пирогенная деструкция лесных экосистем неизбежно ведет и к деградации горных почв, которые потом восстанавливаются многие десятилетия. В результате прохождения пожаров в почвах уменьшается кислотность и содержание органических веществ из-за их минерализации. На участках района гольца Трехголового отмечено более низкое содержание гумуса в верхних горизонтах пирогенных почв по сравнению с почвами на несгоревших территориях. Также было выявлено увеличение концентрации Ca, Mg, Mn, Cr, Cu, Co, Ni [7].

Таким образом, в 2015 г. значительная площадь участка «Урочище Ятор – гольц Трехголовый – ручей Улан-Хан» подверглась огню почти полностью, изменив при этом горно-таежные ландшафты и их компоненты. Больше всего пострадал растительный покров, а также изменились характеристики гидрологического режима и свойства почв.

Информационные источники

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2019 году». – Иркутск : ООО «Мегапринт», 2020. – 314 с.

2. Лопатина, Д. Н. Естественные и пирогенные почвы Приморского хребта / Д. Н. Лопатина, И. А. Белозерцева // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2020. – Т. 33. – С. 73-87.
3. Майорова, Л. П. Воздействие лесных пожаров на экосистемы и компоненты природной среды (на примере Хабаровского края) / Л. П. Майорова, А. И. Садыков, Ю. И. Сыч. – Текст : электронный // Ученые заметки ТОГУ. – 2013. – Т. 4, № 4. – URL: https://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles/2013/TGU_4_26.pdf.
4. Михеев, В. С. Ландшафтно-структурный анализ / В. С. Михеев // Человек у Байкала: экологический анализ среды обитания. – Новосибирск : Наука, 1993. – С. 8-39.
5. Пожары в Иркутской области в 2019 году уничтожили 1,5 млн га леса. – URL: <https://tass.ru/sibir-news/6758232>. – Текст : электронный.
6. Седых, С. А. Картографирование структуры и пирогенной динамики геосистем Приморского хребта / С. А. Седых // Географические исследования Сибири и сопредельных территорий : материалы Международной географической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика Владимира Васильевича Воробьева / Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. – 2019. – С. 518-520.
7. Суворов, Е. Г. Временная и пространственная локализация лесных пожаров водосборного бассейна озера Байкал / Е. Г. Суворов, Н. И. Новицкая, А. Д. Китов // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 204-216.
8. Суворов, Е. Г. Проявление пирогенного фактора в динамике геосистем юго-западного Прибайкалья / Е. Г. Суворов, Н. И. Новицкая, А. Д. Китов, Е. В. Максютова // География и природные ресурсы. – 2008. – № 2. – С. 66-73.
9. Kichigina, N. N. Specificity of the river flow formation of small mountain streams of the Baikal natural territory resulting from wildfires / N. N. Kichigina, I. N. Bilichenko // Series: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – № 381. – DOI:10.1088/1755-1315/381/1/012042.

Горбунова Анастасия Михайловна,

инженер-исследователь, Институт экологии растений и животных
ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия; anastasiya_psu1991@mail.ru

МОНИТОРИНГ ЗАПАСОВ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ В ЮЖНЫХ ТУНДРАХ ЯМАЛА

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: южные тундры; надземная фитомасса; мониторинг; запасы надземной фитомассы.

АННОТАЦИЯ. Актуальность работы связана с необходимостью мониторинга растительных ресурсов южных тундр Ямала в условиях глобального потепления климата и высокой пастбищной нагрузки на экосистемы полуострова Ямал. Цель работы – оценка современного состояния растительности и запасов надземной фитомассы в южных тундрах Ямала в нижнем течении р. Еркатаяха путем совмещения результатов наземных исследований (геоботанические описания, взятие проб надземной фитомассы методом укосов) и данных дистанционного зондирования Земли (с использованием сервиса VEGA-Science ИКИ РАН). Результаты работы содержат оценку состояния оленьих пастбищ разной степени нарушенности в 2017-2018 гг. и 2019 г. Выявлены положительные связи между общим проективным покрытием растений и запасами надземной фитомассы. На деградированных участках, исследованных в 2017 г., в 2019 г. запасы фитомассы увеличились в 1,7 раза. На малонарушенных и ненарушенных участках, исследованных в 2018 г., в 2019 г. запасы фитомассы снизились в 2,5 раза. На территории с 2001 по 2019 гг. наблюдались тренды на повышение суммы активных температур и количества накопленных за год осадков; в то время как динамика тренда значений вегетационного индекса NDVI на исследуемой территории с 2001 по 2019 гг. была отрицательная. Выявлена положительная корреляция между значениями NDVI и проективным покрытием лишайников, и между NDVI и запасами биомассы. Соответственно, запасы биомассы и проективное покрытие лишайников с 2001 г. снижаются.

Anastasiya M. Gorbunova,

Research Engineer, Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia

MONITORING OF ABOVEGROUND PHYTOMASS STOCKS IN THE SOUTHERN TUNDRA OF YAMAL

KEYWORDS: southern tundra; aboveground phytomass; monitoring; overground phytomass reserves.

ABSTRACT. The relevance of the work is associated with the need to monitor the plant resources of the southern tundra of Yamal in the context of global warming and high grazing pressure on the ecosystems of the Yamal Peninsula. The goal of this work is to assess the current state of vegetation and reserves of aboveground phytomass in the southern tundra of Yamal in the lower reaches of the Yerkatayakha river by combining the results of ground-based research (geobotanical descriptions, taking samples of the aboveground phytomass by the mowing method) and remote sensing data of the Earth (using the VEGA-Science service of the IKI RAS). The results of the work contain an assessment of

the state of reindeer pastures of varying degrees of disturbance in 2017-2018 and 2019. Positive relationships were revealed between the total projective cover of plants and the reserves of aboveground phytomass. In the degraded areas surveyed in 2017, the phytomass reserves increased 1,7 times in 2019. In the intact and undisturbed areas studied in 2018, in 2019 the phytomass reserves decreased by 2,5 times. In the territory from 2001 to 2019 there were trends for an increase in the sum of active temperatures and the amount of precipitation accumulated during the year; while the dynamics of the trend in the values of the vegetation index NDVI in the study area from 2001 to 2019 was negative. A positive correlation was found between the NDVI values and the projective cover of lichens, and between the NDVI and biomass reserves. Accordingly, biomass reserves and projective cover of lichens have been decreasing since 2001.

Введение. Полуостров Ямал является центральным районом оленеводства в Ямало-Ненецком автономном округе. Площадь подзоны южных тундр Ямального района составляет более 5 млн га, к оленьим пастбищам относятся все доступные к выпасу территории, покрытые растительностью. Выпас не опасен для тундровых экосистем, адаптированных к умеренным пастбищным нагрузкам, если на одного оленя приходится не менее 100-150 га пастбищ. Начиная с 1950 г. на Ямале происходит постоянный стабильный рост численности домашних оленей. Прежде всего, увеличивается число частных стад и их поголовье [6], маршруты стад пересекаются, и пастбища стравливаются неоднократно за один сезон, что приводит к их истощению [7; 4]. Механическое нарушение (выбивание) растительности особенно опасно для лишайниковых тундр [10]. Процесс самовосстановления тундровой растительности занимает 15-20 и более лет [5].

Для арктических ландшафтов с помощью ГИС выявлены глобальные феномены: «позеленение» Арктики; продвижение кустарников на север; увеличение проективного покрытия кустарников и трав; рост значений вегетационных индексов [11; 1]. Эти выводы не согласуются с данными полевых исследований в южных тундрах Ямала, где растительность испытывает высокую пастбищную нагрузку, разрастание кустарников не регистрируется, а запасы фитомассы снижаются.

Задачи исследования: 1) оценить состояние растительных сообществ и запасы надземной фитомассы на ранее исследованных участках (2017-2018 гг.) с разной степенью деградации; 2) связать значения вегетационного индекса NDVI, полученные на основе данных дистанционного зондирования Земли с использованием спутникового сервиса ВЕГА (системы ВЕГА-Science), с результатами наземной оценки.

Методология. Тундровая зона полуострова Ямал подразделяется на подзону арктических и подзону субарктических тундр с разделением последней на две полосы – полосу типичных (северных) тундр и полосу южных тундр. Граница между северными и южными тундрами проведена по границе распространения ерниковых тундр на водоразделах [9]. Место проведения экспедиции: научно-исследовательский стационар «Еркута»,

расположенный в 2 км от разъезда № 10, в нижнем течении р. Еркатаяха (устье р. Паютаяха). На территории окрестностей стационара воздействия выпаса минимально, отсутствуют промышленные объекты, состояние растительного покрова репрезентативно для подзоны южных тундр. Имеются как выбитые участки, так и ненарушенные (с развитым моховым покровом и проективным покрытием растительности 100%).

При выборе пробных площадей использовали карту перпендикулярного вегетационного индекса PVI, предоставленную зав. лаб. компьютерных технологий и моделей Института биологии Коми научного центра УрО РАН В. В. Елсаковым Летом 2017 г. были исследованы контуры одного цвета (предположительно, деградированные участки). Летом 2018 г. исследовали участки, которые на карте PVI обозначены другими цветами [2].

Летом 2019 г. повторно обследовали деградированные участки тундр, исследованные в июле 2017 г., а также ненарушенные и малонарушенные участки, исследованные в августе 2018 г. Изучение растительности проводили методами геоботанического описания (площадь одного описания – 100 м²). В 2017 г. выполнили 16 геоботанических описаний деградированных тундровых сообществ. В 2018 г. заложили 4 трансекты в градиенте от уреза воды до плакора, выполнили 24 геоботанических описания. В 2019 г. выполнили 40 геоботанических описаний: на пробных площадях 2017 и 2018 гг. Пробы запасов надземной фитомассы взяли на пробных площадях методом укосов, предполагающим случайный отбор образцов на учетных площадках размером 25x25 см в 3-кратной повторности. В 2019 г. собрали 120 укосов. Травянистые растения и кустарнички срезали на уровне границы зеленой и бурой части мхов. Лишайниково-моховую дернину вырезали ножом (на выбитых участках остатки мхов и лишайников собирали в пакеты). Материал взвешен в воздушно-сухом состоянии.

Данные дистанционного зондирования Земли получены с помощью спутникового сервиса ВЕГА (системы ВЕГА-Science; сайт <http://sci-vega.ru>) [8]. С использованием ВЕГА-Science для каждой пробной площади получены и проанализированы значения максимальных и средних за сезон вегетации индексов NDVI за 2001–2019 гг.

Результаты и обсуждение. На исследуемой территории за 2017–2019 гг. было сделано 80 геоботанических описаний тундр, болот, зарослей кустарничков и тундровых луговин. В 2017 г. были исследованы деградированные тундры. Хотя проективное покрытие на большинстве пробных площадей было в среднем 75%, высота травяно-кустарничкового яруса в среднем была 10–15 см. Лишайники чаще всего были представлены в виде трухи. На 15 из 16 площадей находился помёт оленей. Летом 2018 г. были исследованы ненарушенные и малонарушенные участки. Проективное по-

крытие на площадях в среднем было 98%. Участки 2018 г. отличались от участков 2017 г.: были выше видовое разнообразие, высота растений, толщина органического горизонта почвы. Олений помёт присутствовал на 15 из 24 исследуемых участков.

Летом 2019 г. мы повторили геоботанические описания с взятием проб наземной фитомассы на всех пробных площадях 2017 и 2018 гг. Проективное покрытие на площадях 2019 г. в среднем было 79%. Покрытие на деградированных участках 2017 г. практически не изменилось (в среднем 71%), а на трансектах 2018 г. снизилось (в среднем 85%) Покрытие мхов в среднем – 39%, покрытие лишайников 12%. Помет оленей присутствовал на 30 из 40 участков.

При помощи программы STATISTICA выявлены положительные связи между общим проективным покрытием и запасами наземной фитомассы – коэффициент корреляции г-Пирсона 0,41 ($p = 0,0086$). Следовательно, при снижении проективного покрытия тундровых сообществ, запасы фитомассы в них уменьшаются.

На структуру и продуктивность фитоценозов влияют температура и водный режим. В холодные годы запас фитомассы и максимальные за сезон значения вегетационных индексов могут быть ниже средних многолетних показателей, т. к. травы формируют меньше вегетативных и генеративных побегов, снижается густота и высота травостоев, кустарники формируют меньшее количество листьев, снижается линейный годичный прирост побегов.

Зависимость между продуктивностью биома и NDVI, как правило, не прямая и связана с особенностями исследуемой территории, ее климатическими и экологическими характеристиками [3].

С помощью VEGA-Science мы составили график суммы активных температур выше 0 °С и накопленных осадков за год (рис. 1) за 2001-2019 гг.

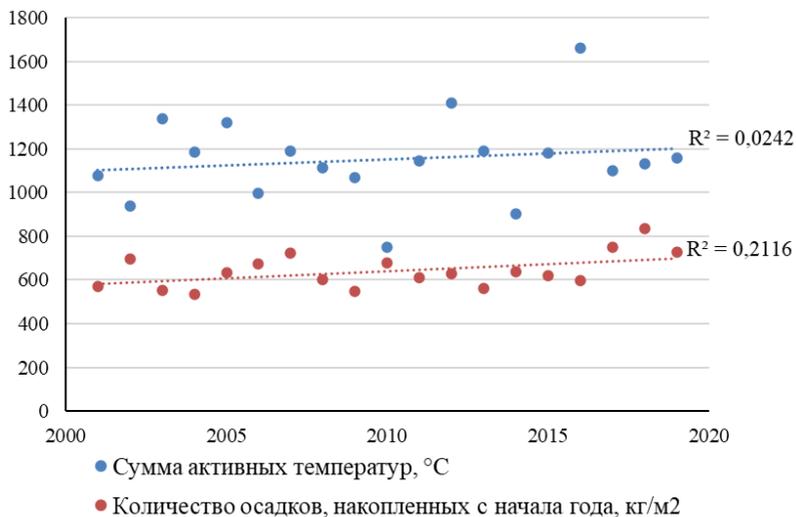


Рис. 1. Суммы активных температур и накопленных осадков с начала года

На исследуемой территории с 2001 по 2019 гг. наблюдались тренды на повышение суммы активных температур и количества накопленных за год осадков.

Мы сравнили запасы надземной фитомассы на деградированных и малонарушенных участках тундр, оцененные в 2017-2018 гг. и в 2019 г.

В 2019 г. запасы фитомассы стали больше в 1,7 раз. Показатели выросли на 15 пробных площадях. Летом 2019 г. рядом с площадью № 8 находилась стоянка местного населения, стоял чум; вероятно, поэтому запас на ней снизился в 1,5 раза. Укосы в 2019 г. брали в те же даты, что и в 2017 г.

В 2019 г. запасы надземной фитомассы стали значительно меньше (в 2,5 раза). Это, вероятно, объясняется тем, что в 2018 г. укосы собраны в августе; полевые работы в 2018 г. совпали с пиком значений NDVI за сезон вегетации. В 2019 г. работы проводились в июле, а пик развития растительности был в августе. Таким образом, в 2019 г. не удалось собрать максимально возможное количество фитомассы за сезон с площадки.

Мы также отследили динамику максимальных и средних за сезон значений вегетационного индекса NDVI на исследуемой территории (рис. 2) в период с 2001 по 2019 гг.

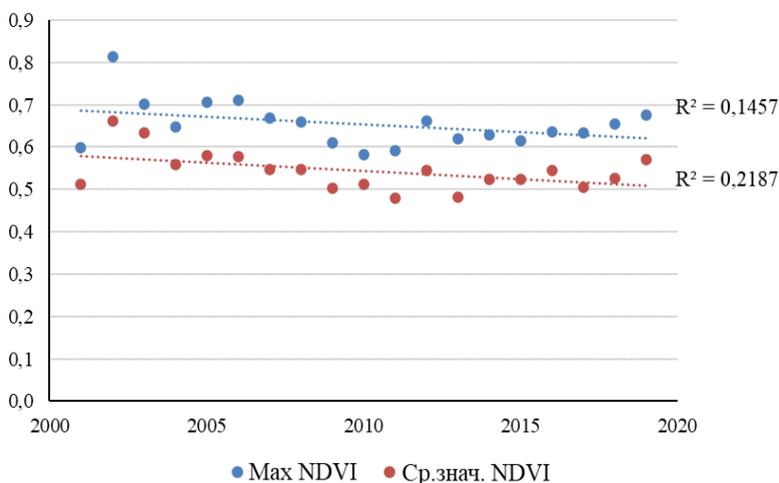


Рис. 2. Динамика максимальных и средних за сезон значений NDVI

Данные свидетельствуют, что значения индекса NDVI в окрестностях стационара «Еркута», несмотря на глобальное потепление, за 19 лет не растут. Самые высокие показатели были в 2002 г., самые низкие – в 2010-2011 гг.

По оценкам 2019 г. выявлены положительные корреляции между проективным покрытием лишайников на площади и значениями: максимальным за сезон вегетации NDVI – коэффициент корреляции г-Пирсона 0,36 ($p = 0,0248$); средним за сезон вегетации NDVI – коэффициент корреляции г-Пирсона 0,49 ($p = 0,0017$). Также выявлена положительная связь между максимальным за сезон вегетации NDVI и запасами биомассы – коэффициент корреляции г-Пирсона 0,40 ($p = 0,0110$). Таким образом, можно предполагать, что запасы биомассы и проективное покрытие лишайников в районе нашего исследования с 2001 г. по 2019 г. снижаются с уменьшением значений NDVI.

Закключение. Оценка запасов фитомассы в южных тундрах проведена на площади 1342,35 га. 2/3 обследованных в 2019 г. сообществ деградированы, т. е. сильно нарушены выпасом. Все деградированные пастбища приурочены к положительным элементам рельефа. На сильно нарушенных участках тундр, описанных в 2017 г., запасы надземной фитомассы в 2019 г. увеличились в 1,7 раза (и составили 27,03 ц/га). На относительно ненарушенных участках тундр, описанных в 2018 г., в 2019 г. запасы фитомассы снизились в 2,5 раза (и составили 33,14 ц/га). Выявлены положительные связи между вегетационным индексом NDVI и проек-

тивным покрытием лишайников, и между максимальными за сезон вегетации значениями NDVI и запасами биомассы. Рост NDVI на исследуемой территории в период 2002-2019 гг. не наблюдается.

Таким образом, мы считаем, что, несмотря на наблюдаемое потепление климата, растительность южных субарктических тундр Ямала находится в угнетенном состоянии, и проблема перевыпаса и дефицита пастбищ является острой. Происходит делихенизация пастбищ, а в структуре фитомассы преобладают плохо поедаемые и непоедаемые кустарнички.

Данная работа имеет практическую значимость, т. к. комбинирование наземных и дистанционных методов может позволить проводить оценку пастбищных ресурсов на больших территориях. Экономическая эффективность и социальная значимость результатов исследования высоки в виде «удаленного эффекта», т. к. нацелены на сохранение оленеводства как отрасли хозяйства в будущем, поскольку обосновывают необходимость снижения пастбищных нагрузок с целью сохранения на обследованной территории зеленых кормов и пастбищ бесснежного периода и создания условий для постепенного восстановления лишайниковых кормов.

Информационные источники

1. Белоновская, Е. А. «Позеленение» российской Арктики и современные тренды изменения ее биоты / Е. А. Белоновская, А. А. Тишков, М. А. Вайсфельд [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2016. – № 3. – С. 28-39.
2. Горбунова, А. М. Запас и структура надземной фитомассы южных субарктических тундр в районе нижнего течения р. Еркатыяха / А. М. Горбунова // Экология: факты, гипотезы, модели : материалы конф. молодых ученых. – Екатеринбург, 2019. – С. 31-35.
3. Елсаков, В. В. Межгодовые изменения индекса NDVI на территории Европейского северо-востока России и Западной Сибири в условиях климатических флуктуаций последних десятилетий / В. В. Елсаков, М. Ю. Телятников // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10, № 3. – С. 260-271.
4. Зуев, С. М. Оленеводство в Ямало-ненецком автономном округе: перспективы и проблемы / С. М. Зуев // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2015. – № 3 (88). – С. 103-107.
5. Ишков, А. Г. Деградация и охрана почвенно-растительного покрова при освоении месторождений углеводородов Крайнего Севера / А. Г. Ишков, А. В. Баранов, В. Я. Григорьев, К. Л. Унакян. – М. : ООО «Газпром экспо», 2009. – 283 с.
6. Колпашиков, Л. А. Экосистема: северные олени – пастбища – человек / Л. А. Колпашиков, В. В. Михайлов, А. Д. Мухачев. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 336 с.

7. Логинов, В. Г. Вред, причиненный ресурсам традиционного природопользования / В. Г. Логинов, М. Н. Игнатьева, В. В. Балащенко // Экономика региона. – 2017. – Т. 13, вып. 2. – С. 396-409.
8. Лупян, Е. А. Возможности работы с долговременным архивом данных спутников LANDSAT по территории России и приграничных стран / Е. А. Лупян, И. В. Балашов, М. А. Бурцев [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9, № 3. – С. 307-315.
9. Магомедова, М. А. Полуостров Ямал: растительный покров / М. А. Магомедова, Л. М. Морозова, С. Н. Эктова [и др.]. – Тюмень : Сити-пресс, 2006. – 360 с.
10. Морозова, Л. М. Состояние растительного покрова тундровых пастбищ в районах многолетнего выпаса домашних и диких северных оленей / Л. М. Морозова, Н. В. Малыгина // В мире научных открытий. – 2013. – № 7.3 (43). – С. 49-79.
11. Forbes, B. C. Russian arctic warming and ‘greening’ are closely tracked by tundra shrub willows / B. C. Forbes, M. M. Fauria, P. Zetterberg // Global Change Biology. – 2010. – № 16. – P. 1542-1554.

Гусев Андрей Петрович,

кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, г. Гомель, Беларусь; andi_gusev@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЯ NDVI В ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В 2000-2020 ГГ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ландшафты; ландшафтоведение; растительный покров; природные ландшафты; антропогенные ландшафты.

АННОТАЦИЯ. Цель работы – изучение многолетних изменений NDVI в природно-антропогенных ландшафтах восточной части Белорусского Полесья. Решаемые задачи: анализ особенностей многолетней динамики NDVI сельскохозяйственных, сельскохозяйственно-лесных и лесных природно-антропогенных ландшафтах; изучение вероятных причин изменений NDVI; оценка реакции NDVI на изменения климатических характеристик в разных природно-антропогенных ландшафтах. Для 55,3% территории региона характерен достоверный положительный тренд NDVI во времени. В лесных ландшафтах достоверный положительный тренд наблюдается на 69,9% площади; в сельскохозяйственно-лесных ландшафтах – на 56,5% площади; в сельскохозяйственных – отсутствует. В сельскохозяйственных и сельскохозяйственно-лесных ландшафтах главным фактором, влияющим на NDVI, является количество осадков; в лесных ландшафтах – температура.

Andrei P. Gusev,

Candidate of Geology, Associate Professor, F. Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus

CHANGES NDVI IN NATURAL AND ANTHROPOGENIC LANDSCAPES OF THE BELARUSIAN POLESIA IN 2000-2020

KEYWORDS: landscapes; landscape science; vegetation cover; natural landscapes; anthropogenic landscapes.

ABSTRACT. The aim of this work is to study long-term changes NDVI in natural-anthropogenic landscapes in the eastern part of the Belarusian Polesie. Tasks to be solved: analysis of the features of long-term dynamics of NDVI in agricultural, agricultural-forest and forest natural-anthropogenic landscapes; study of the probable causes of changes of NDVI; assessment of the NDVI response to changes in climatic characteristics in different natural and anthropogenic landscapes. A significant positive NDVI-trend over time is characteristic of 55,3% of the region's territory. In forest landscapes, a reliable positive trend is observed at 69,9% of the area; in agricultural and forest landscapes – by 56,5% of the area; in agricultural – absent. In agricultural and agricultural-forest landscapes, precipitation is the main factor affecting NDVI; in forest landscapes – temperature.

Вегетационные индексы, рассчитываемые на основе данных многозональной космической съемки, широко используются для решения различных геоэкологических задач – оценки состояния лесных экосистем

и целых ландшафтов [1; 2; 3], мониторинга и картографирования пожаров [4], изучения техногенного химического воздействия на растительный покров [5], оценки урожайности сельскохозяйственных угодий [6] и других. Наиболее часто применяется NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который признан количественным показателем фотосинтетически активной биомассы [1; 7].

В работе использованы данные MOD13Q1, которые содержат значения NDVI, рассчитанные по результатам многозональной съемки спутника Terra (радиоспектрометр MODIS). MOD13Q1 – это растровый композит с пространственным разрешением 250 м, формирующийся из максимальных значений NDVI за 16 суток (для уменьшения влияния помех, вызванных изменчивостью свойств атмосферы). Продукт MOD13Q1 распространяется бесплатно с интернет-ресурсов NASA.

Нормализованный вегетационный индекс рассчитывается по формуле: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$, где NIR – значения отражения в ближней инфракрасной области спектра; RED – отражение в красной области спектра. Это безразмерный показатель, который изменяется от -1 до 1.

Для устранения влияния сезонной вариабельности NDVI для анализа использовались композиты только летнего сезона (25.05-09.06, 10.06-25.06, 26.06-11.07, 12.07-27.07, 28.07-12.08, 13.08-28.08). Временной охват – 2000-2020 гг.

Объектом исследований выступали ландшафты восточной части Полесской ландшафтной провинции (часть провинции в пределах Гомельской области). В качестве операционной территориальной единицы выступал выдел рода природного ландшафта (всего 70 выделов). Рода природных ландшафтов выделены по характеристикам морфолитогенной основы (с учетом растительного и почвенного покрова). Структура территории формируется холмисто-моренно-эрозионными, моренно-зандровыми, вторично-моренными, водно-ледниковыми, аллювиальными террасированными, озерно-аллювиальными, озерно-болотными ландшафтами.

В границах родов природных ландшафтов в зависимости от антропогенной освоенности и трансформации выделяют классы природно-антропогенных ландшафтов: сельскохозяйственные (лесистость – менее 20%; распаханность – более 70%); сельскохозяйственно-лесные (лесистость – 20-70%; распаханность – 20-70%); лесные (лесистость – более 70%; распаханность – менее 20%). При этом, сельскохозяйственные ландшафты занимают 13,0%, сельскохозяйственно-лесные – 71,7%, лесные – 15,3% площади региона.

В качестве факторов, влияющих на изменения NDVI, были рассмотрены: средняя температура и количество осадков в месяц съемки

(базы данных метеостанций Гомель, Брагин, Мозырь, Василевичи, Житковичи, Жлобин, Октябрь).

В ходе исследований был выполнено изучение временных изменений усредненных за летний сезон значений NDVI для каждого выдела. Рассчитаны параметры уравнений трендов временных рядов NDVI (метод наименьших квадратов). Качество уравнений трендов оценивалось с помощью ошибки абсолютной аппроксимации, коэффициента эластичности, коэффициент детерминации. Проверка гипотез относительно коэффициентов линейного уравнения тренда – по F-критерию Фишера.

Анализ изменений NDVI в 2000-2020 гг. показывает, что на значительной части территории (55,3%) имеет место достоверный положительный тренд, т. е. рост значений NDVI во времени (при коэффициентах детерминации – 0,2-0,6). Причем, в лесных ландшафтах достоверный положительный тренд наблюдается на 69,9% площади; в сельскохозяйственно-лесных ландшафтах – на 56,5% площади; в сельскохозяйственных – отсутствует. Наиболее надежно линейный тренд усредненных за лето значений NDVI прослеживается в лесных ландшафтах (коэффициенты детерминации – 0,4-0,5).

Все основные причины временных изменений NDVI можно разделить на две группы: 1) изменения площадей земель с разной биомассой и биопродуктивностью; 2) климатические изменения, влияющие на продуктивность растительного покрова (урожайность сельскохозяйственных земель, прирост зеленой фитомассы в луговых и лесных геосистемах). При этом, вероятно, что одновременно в пределах одного и того ландшафтного выдела могут происходить разнонаправленные процессы, а тренд NDVI является своего рода результирующим.

Снижение NDVI в лесных ландшафтах может быть вызвано: уменьшением площади лесов, увеличение площади сельскохозяйственных, нарушенных и застроенных земель, увеличение площади нарушенных лесов. Повышение NDVI в лесных ландшафтах, соответственно, может быть обусловлено противоположными процессами.

Снижение NDVI в сельскохозяйственных и сельскохозяйственно-лесных ландшафтах может быть обусловлено увеличением площади сельскохозяйственных земель с низкой урожайностью; увеличение площади деградированных почв; увеличение площади нарушенных и застроенных земель; уменьшение площади лесов. Аналогично, рост NDVI в сельскохозяйственных и сельскохозяйственно-лесных ландшафтах связана с обратными процессами в динамике землепользования.

Можно также предположить, что изменения климата Полесья, которые связаны с глобальными климатическими процессами, оказывают влияние на продуктивность растительного покрова. При стабильности или

незначительных изменениях структуры землепользования вклад колебаний климата в динамику NDVI, вероятно, будет играть ведущую роль.

Так, установлено, что на территории Белорусского Полесья за последние 20-25 лет по сравнению с периодом 1881-1990 гг. средние температуры января и февраля выросли на $2,5^{\circ}$, марта – на $2,0^{\circ}\text{C}$, июля и августа – на $1,3-1,4^{\circ}\text{C}$. Годовая сумма активных температур (выше 10°C) превысила 2600 градусов. В результате сформировалась новая агроклиматическая зона, в которой средняя температура января составляет $-3,3^{\circ}\text{C}$, средняя температура июля $+19,8^{\circ}\text{C}$; продолжительность периода с температурой более 10°C – 161-168 суток, а с температурой выше 0°C – 209-222 суток. Потепление климата Полесья обусловило благоприятные условия для вторжения и активного распространения в ландшафтах опасного североамериканского вида растений – *Ambrosia artemisiifolia* [8].

Нами был проведен методом множественной регрессии анализ влияния климатических факторов на изменения NDVI. Для каждого выдела рода ландшафта рассчитывались среднее значение NDVI за летний сезон, средняя температура за летний сезон, количество осадков за летний сезон. Метеоданные брались с близлежащей к данному выделу метеостанции.

Для всех выделов сельскохозяйственных ландшафтов установлено, что статистически достоверным членом уравнений регрессии является количество осадков. Значения коэффициентов детерминации (R^2) составили от 0,41 до 0,52, т. е. доля дисперсии NDVI, объясняемая изменчивостью осадков, составляет 41-52%. Из этого, можно предположить, что в летний период динамика NDVI сельскохозяйственных ландшафтов определяется в большей степени осадками, чем температурой.

Почти половина (46,9%) выделов сельскохозяйственно-лесных ландшафтов статистически достоверных уравнений регрессии не имеет. Для значительной части (44,2%) достоверным членом уравнения регрессии также оказалось количество осадков (коэффициенты детерминации 0,21-0,52). Для небольшой части территории (5,4%) – температура. Кроме того, для двух выделов (3,5% площади класса) в уравнение регрессии вошли оба фактора.

В лесных ландшафтах более половины территории (51,7%) характеризуется уравнением регрессии, в котором статистически достоверным членом оказывается температура (коэффициенты детерминации 0,20-0,25). Влияние количество осадков на NDVI статически достоверно для 28,0% площади этого класса ($R^2=0,23-0,31$). По коэффициентам детерминации видно, что вариабельность значений NDVI, объясняемая изменениям температуры и осадков, в основном, составляет 20-30%.

На 20,3% территории лесных ландшафтов достоверного влияния на NDVI рассматриваемых климатических показателей не установлено.

Таблица 1

Влияние климатических факторов на изменения NDVI
в природно-антропогенных ландшафтах Полесья в 2000-2020 гг.
(удельная площадь, %)

Природно-антропогенный ландшафт	Влияние статистически недостоверно	Фактор		
		Температура	Количество осадков	Температура и количество осадков
Сельскохозяйственный	0	0	100	0
Сельскохозяйственно-лесной	46,9	5,4	44,2	3,5
Лесной	20,3	51,7	28,0	0
Регион в целом	40,1	12,2	45,0	2,7

Таким образом, установлено, что в разных классах ПАЛ влияние изменений климата на NDVI не одинаково. Так, для значительной части лесных ландшафтов потепление климата (т. е. увеличение температуры) может сопровождаться ростом значений NDVI, что, вероятно, будет обусловлено повышением биопродуктивности этих ландшафтов.

В сельскохозяйственных ландшафтах главным фактором, влияющим на NDVI, является количество осадков, поэтому потепление климата, выражающееся в росте температур, но без увеличения количества осадков, вызывает снижение NDVI, которое индицирует падение их биопродуктивности.

Если рассматривать весь регион, то видно, что на значительной части территории (45%) установлено статистически достоверное влияние на динамику NDVI количества осадков за летний период. На втором месте по площади (40,1%) ландшафты, для которых достоверную связь между NDVI и климатическими факторами установить не удалось. Ландшафты, для которых удалось выявить связь NDVI с температурой, концентрируются на юго-западе региона и представлены преимущественно лесными ландшафтами.

Информационные источники

1. Yengoh, G. T. The use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: a review of the current status, future trends, and practical considerations / G. T. Yengoh et al. – Lund University Centre for Sustainability Studies : LUCSUS, 2014. – 80 p.
2. Гусев, А. П. Дистанционные индикаторы ландшафтно-экологических тенденций (на примере юго-востока Беларуси) / А. П. Гусев // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2019. – Т. 5 (71), № 3. – С. 127-135.

3. Гусев, А. П. Изменения NDVI как индикатор динамики экологического состояния ландшафтов (на примере восточной части Полесской провинции) / А. П. Гусев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2020. – № 1. – С. 101-107.
4. Стыщенко, Ф. В. Метод оценки степени повреждения лесов пожарами на основе спутниковых данных MODIS / В. Ф. Стыщенко, С. А. Барталев, В. А. Егоров, Е. А. Лупян // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10, № 1. – С. 254-266.
5. Гусев, А. П. Фитоиндикаторы техногенного химического воздействия на лесной ландшафт / А. П. Гусев, Н. С. Шпилевская // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2020. – Т. 6 (16), вып. 1. – С. 192-198.
6. Воронина, П. В. Классификация тематических задач мониторинга сельского хозяйства с использованием данных дистанционного зондирования MODIS / П. В. Воронина, Е. А. Мамаш // Вычислительные технологии. – 2014. – Т. 19, № 3. – С. 76-102.
7. Box, E. O. Accuracy of the AVHRR Vegetation Index as a predictor of biomass, primary productivity and net CO₂ flux / E. O. Box, B. N. Holben, V. Kalb // Vegetatio. – 1989. – Vol. 80. – P. 71-89.
8. Gusev, A. P. *Ambrosia artemisiifolia* in an anthropogenic landscape of Gomel Polesye / A. P. Gusev // Russian Journal of Ecology. – 2019. – Vol. 50. – P. 93-96.

Луговской Александр Михайлович,

доктор географических наук, профессор, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), г. Москва, Россия; alug1961@yandex.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛИСТА ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЛАНДШАФТОВ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: методика измерения; площади повреждения листа; повреждение листа; флуктуирующая асимметрия; экологические системы; гомеостаз; сравнительный анализ.

АННОТАЦИЯ. Эффективное функционирование ландшафтов зависит от мониторинга среды с использованием количественных и качественных показателей. В связи с этим мониторинг качества среды с использованием сопряженного анализа площади повреждения листа и его флуктуирующей асимметрии является инструментом для оценки эффективности использования территориальных ресурсов и оценки оптимальности состава биоценоза. На территории ООПТ «Хреновской бор» проведено исследование с использованием параметров березы повислой площади повреждения листа и его флуктуирующей асимметрии для оценки разных типов лесных ландшафтов. Полученные результаты позволяют утверждать о правомерности использования методик.

Alexander M. Lugovskoy,

Doctor of Geography, Professor, Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF FLUCTUATING ASYMMETRY AND LEAF DAMAGE FOR MONITORING THE STATE OF LANDSCAPES

KEYWORDS: measurement technique; leaf damage area; damage to the sheet; fluctuating asymmetry; ecological systems; homeostasis; comparative analysis.

ABSTRACT. Effective functioning of ecological systems depends on monitoring the environment using quantitative and qualitative indicators. In this regard, monitoring the quality of the environment using the coupled analysis of the leaf damage area and its fluctuating asymmetry is a tool for evaluating the effectiveness of the use of territorial resources and evaluating the optimal composition of the biocenosis. On the territory of the protected area “Khrenovskaya Bor”, a study was conducted using the parameters of the birch hanging area of leaf damage and its fluctuating asymmetry to assess different types of forest landscapes. The results obtained allow us to assert the validity of the use of methods.

Мониторинг качества среды может быть осуществлен с использованием количественных и качественных показателей, при этом самым проблематичным этапом является выбор критериев оценки среды, так как проблема состоит в том, кого выбрать за исходную точку оценки – человека или других живых организмы [2; 4; 5; 7-8; 11]. Однако тенденции, не

проявляющиеся в процессы онтогенеза можно распознать только с помощью анализа состояния более чувствительных, чем человек видами. К их числу относят представителей флоры, предлагая лишайники и голосеменные для использования в качестве индикаторов, а древесные по сравнению с травянистыми является более желанным с точки зрения их чувствительности [6; 9; 10; 12-15].

Мониторинг территории важен для вовлечения ресурсов в эффективный естественный экологический оборот с созданием благоприятных условий для обеспечения протекания процессов территориального освоения и комфортного жизнеобеспечения охраняемых видов, которой требует Концепция устойчивого развития [16]. В связи с этой целью нами предпринята попытка мониторинга среды территории Хоперского государственного заповедника с использованием сопряженного анализа площади повреждения листа и его флуктуирующей асимметрии для получения комплексной оценки с позиций оптимального проживания видов-эдикаторов с минимальными параметрами комфортности в пределах чувствительности растений.

Материалы и методы исследования. В основе мониторинга среды лежит методика измерение асимметрии листа, разработанной В. М. Захаровым и А. В. Яблоковым [1; 5]. Ее неоднократно применяли для оценки состояния ландшафтов. Сущность состоит в сборе листовых пластин в окончании их формирования, но до начала их увядания или листового опада. Листья отбирались с трех модельных растений в количестве тридцати штук с нижних частей деревьев на высоте поднятой руки.

Материал, обрабатывают сразу же до завядания. Измерения проводились по типовой методике оценки флуктуации по 5 параметрам для получения относительного показателя асимметрии по формуле с последующим расчетом интегрального показателя стабильности развития:

$$\frac{|\text{Лев.} - \text{Прав.}|}{|\text{Лев.} + \text{Прав.}|}$$

Для этого получали среднеарифметический показатель выборки листьев, а затем сравнивали с табличными значениями для определения степень трансформации на исследуемой пробной площадке.

Методика мониторинга территории по измерениям площади повреждения листовой поверхности применяется для оценки состояния среды. На выбранном участке сбор после сбора, собранный материал фиксировали для работы в осенне-зимний период. Вначале устанавливали площадь листа по формуле:

$$S_{\text{л}} = \frac{P_{\text{л}} * S_{\text{кв}}}{P_{\text{кв}}},$$

где: $P_{\text{л}}$ – листа и $P_{\text{кв}}$ – квадрата бумаги, $S_{\text{кв}}$ – квадрата бумаги.

Затем получали переводной коэффициент по формуле на основании промера листовых пластин:

$$K = \frac{S_{л}}{S_{кв}}$$

Измерив длину (А) и ширину (В) листовой пластины с использованием переводного коэффициента произведением умножение, и получаем площадь листа на выбранной пробной площадке.

$$S = A * B * K$$

На заключительном этапе получаем среднюю арифметическую величину площади листа для выборки с данного полигона исследования путем суммирования всех полученных значения площади листа и делим на количество листьев.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ физико-географических факторов позволил выявить типологию условий месторасположения Хреноского бора. Для выявления специфических и универсальных факторов воздействия в пределах полигона учитывалась антропогенная нагрузка; региональные микросообщности освещения и ветрового режима для обеспечения инверсии температур; характер и виды насаждений и близость расположения по отношению к транспортным магистралям как фактор снижения уровня воздействия поллютантов; и интенсивность поступления в атмосферу загрязнителей; индивидуально-видовые характеристики газовой устойчивости растений, меняющиеся в зависимости от видовой принадлежности и этапа прохождения фенологической фазы развития; регистрация степени и характера повреждений в виде хлорозов и некрозов, под влиянием как абиотических факторов, так и повреждений в результате биотических взаимоотношений в форме манифестации симптомов заболеваний и погрызов насекомыми.

Исследования показали вариацию в пределах нормы, однако наблюдается несущественное различие в степени вариации между площадками, при этом проявляется тенденция оптимизации условий при снижении характера воздействия.

Сравнительное исследование асимметрии листовой поверхности древесной породы, произрастающих в виде подлеска при естественном характере возобновления, позволили получить градацию в пятибалльной шкале по условиям комфортности состояния территории (табл. 1).

Таблица 1

Балльная градация оценки среды методом флуктуирующей асимметрии

Вид	Баллы		
	1	2	3
Береза повислая (<i>Betula pendula</i>)	< 0,04	0,041-0,045	0,0451-0,049

Примечание: состояние среды: 1 – комфортные условия; 2 – относительно комфортные в пределах нормы 3 – условия ниже нормы.

В результате обработки полученных результатов в ходе проведения полевых исследований по двум сопряженным методикам была составлена таблица 2.

Таблица 2

Результаты статистических исследований листьев

Исследованные территории	Показатель флуктуирующей асимметрии листа	Площадь поражения листовой поверхности
Суборь свежая	0,0387	10,63
Суборь влажная	0,0356	64,01
Суборь сырая	0,0181	40,66
Судубрава свежая	0,0322	16,16
Дубрава влажная	0,023	40,66
Пойма мокрая	0,0331	16,22

Снижение показателей флуктуирующей асимметрии сопряжено с увеличением показателя повреждения поверхности листа.

Среди лесных массивов на территории Воронежской области выделяется Хреновской бор, который состоит из нескольких лесничеств (Брагинское, Вислинское, Хреновского лесного колледжа, Хреновское и Семёно-Александровское Бобровский лесхоз). Природные и топографические условия, почва, растительность и прямые исторические свидетельства говорят о том, что на всей его территории были широко распространены и преобладали сосновые леса, то есть он исторически является борovým массивом.

Сосновые леса в его северной части составляют сейчас 2/3 всей лесопокрытой площади, считая с поймой. Преобладают сосны от молодых до 120 летнего возраста. На них здесь приходится 3/3 площади сосновых лесов и 2/3 на сосняки естественного происхождения. Среди последних есть участки (27 га) более чем 200 летнего возраста – остатки первобытных дохозяйственных лесов, хранимые как памятники природы. Боровых дубняков, сменивших сосну – 7,3% Березняки и осинники в боровой и пойменной частях составляют 11,4%.

Территорию бора слагают песчано-глинистые отложения и пески четвертичного периода. Лесной массив начинается с поймы и приурочен преимущественно к первой и второй пойменной террасам, к размытому пологому склону третьей по счету террасы, примыкающей к степному плакору.

Хреновской бор южный островной массив, в котором сосна довольно длительное время находится в изолированном состоянии. В настоящее время большая часть насаждений Хреновского бора создана посадками. При культурах в редких случаях соблюдается принцип создания их из семян, собранных в насаждениях соответствующих типов леса.

В связи с этим большое значение в решении вопроса о генетической природе сосны в Хреновском бору имеют популяции старых сосняков, возникших естественным путем. «Присутствие осины... на опушке Хреновского бора, мощный гумусовый горизонт убеждает нас, что район этот только в последнее время завоеван лесом и степей», – писал Г. Ф. Морозов. Едва ли они могли появиться здесь раньше, чем в конце периода валдайского оледенения или в начале послеледниковья. Отсюда затем могло идти наступление леса вниз, в сторону реки и вверх, на степь.

Лесной департамент в 1846 г. направляет в Хреновое первого лесничего. От летней жары погибали сеянцы в питомнике и посаженные сосны. Только лесничий А. Н. Вереха создал с 1861 по 1885 гг. 64 га чистых культур этой породы. Они сохранились до наших дней. Принципиально новую агротехнику культур внедрил лесничий Н. Д. Суходский. В 1894 г. после осенней вспашки он вместе со своим помощником Г. Ф. Морозовы внедрил двухлетние сеянцы. Затем в рядах и междурядьях рыхлил почву и удалял сорную растительность, Уход за посадками осуществлял в течение пяти лет, пока корни проникли за толщу иссушенного за лето слоя почвы. Через несколько лет сосна вновь зазеленела на 2230 га. И сегодня эти насаждения находятся в прекрасном состоянии. О первых дней Советской власти в Хреновском лесничестве особое внимание обращалось на необходимость правильного использования и приумножения лесных богатств бора. Спустя двадцать лет сосновые насаждения зазеленели еще на 846 га. За время Великой Отечественной войны уход за насаждениями ухудшился, и площадь пустошей к 1945 г. возросла почти на одну треть. После войны бор был отнесен к особо ценным лесным массивам. Посадка сосны проводилась в сжатые сроки. На пустырях шла самоотверженная работа, но суховеи пыльные бури, а также майские хрущи и другие вредители леса иной раз сводили на нет нее усилия лесоводов. Участки с наименьшей численностью хрущей отводили под лесные культуры, а сильно зараженные обрабатывали химическими веществами. До наших дней сохранился способ смачивания корней сеянцев перед посадкой в почвенно-перегнойном растворе, в который добавлялся гексахлоран. Химические способы борьбы с вредителями леса помогли за 20 лет поднять среднюю приживаемость культур сосны до 85%. За этот же период было посажено на сухих бедных почвах 4257 га хвойных насаждений.

На восстановление бора государство израсходовало свыше 4 млн рублей, Молодые насаждения составляют ныне подавляющую его часть, а на долю спелых перестойных приходится всего 30%.

Таким образом, Хреновской бор является сложной геоэкологической системой, в которой во взаимосвязи находятся все компоненты природы. За исторический период природопользования на структуру его ландшафтов оказывали влияние природные и антропогенные факторы.

Несмотря на различия, вызванные проявления особенностей растительных особей и индивидуальный набор факторов территории, сопряженное использование двух методик биоиндикации позволило осуществить их взаимную корректировку и верификацию. Ранжирование данных по признаку повреждения листовой поверхности подтверждает факт того, что большой объем территорий имеет низкий процент повреждения тканей листа, что указывает на высокую устойчивость растений с одной стороны, и способность этих растений улучшить качество среды с другой. Это позволяет сделать вывод о средообразующей роли исследуемых растений, повышающих уровень комфортности среды.

Информационные источники

1. Вейль, Г. Симметрия / Г. Вейль ; пер. с англ. Б. В. Бирюкова и Ю. А. Данилова ; под ред. Б. А. Розенфельда. – М. : Наука, 1968. – 192 с.
2. Захаров, В. М. Здоровье среды: методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития : методическое руководство для заповедников / В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов [и др.]. – М., 2000. – 318 с.
3. Землякова, А. В. Система оценки качества городских земель посредством морфогенетических изменений в растениях (по показателю флуктуирующей асимметрии) / А. В. Землякова // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах : материалы IV Международной научной конференции. – Белгород : КОНСТАНТА, 2010. – С. 461-466.
4. Кузнецов, М. Н. Сравнительная характеристика особенностей флуктуирующей асимметрии листьев яблони в разных экологических условиях / М. Н. Кузнецов, Л. В. Голышкин // Сельскохозяйственная биология. – 2008. – № 3. – С. 72-77.
5. Луговской, А. М. Анатомические изменения стебля сосны обыкновенной и дуба черешчатого при загрязнении атмосферы : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Луговской А. М. ; Гос. ун-т. – Воронеж, 1992.
6. Луговской, А. М. Классификация высших и низших растений : методическая разработка для студентов 2 курса естгеофака / А. М. Луговской. – Воронеж, 1995.
7. Никольская, А. Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А. Н. Никольская, А. И. Фёдорова. – М. : Владос, 2001.

Ткачук Татьяна Евгеньевна,

кандидат биологических наук, доцент, Забайкальский государственный университет; старший научный сотрудник, Государственный природный заповедник «Даурский», г. Чита, Россия; tetkachuk@yandex.ru

Снигирева Татьяна Федоровна,

инженер 1 категории, Читинский проектно-изыскательский институт «Забайкалжелдорпроект», г. Чита, Россия; sntatyana10395@mail.ru

ВЛИЯНИЕ СТЕПНЫХ ПОЖАРОВ НА СЕЗОННУЮ ДИНАМИКУ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: степи; степные пожары; почва; температурный режим; температура почвы.

АННОТАЦИЯ. Исследование проходило на юге Забайкальского края, в охранной зоне Даурского заповедника, в полынно-луково-ковыльной (*Stipa krylovii*-*Allium polyrhizum* *Artemisia frigida*) степи на террасе Торейских озер. С июля по октябрь 2016 г. при помощи логгеров изучался температурный режим почвы на глубине 10 см на контрольной и экспериментальной пирогенной площадке, выжженной трижды. В июле-августе среднесуточные, максимальные и минимальные температуры на пирогенной площадке выше, чем в контроле. В сентябре эти показатели на обеих площадках выравниваются, а в октябре на пирогенной площадке становятся ниже, чем в контроле. Весь период наблюдений суточная амплитуда температур на экспериментальной площадке была больше, чем в контроле. Причиной различий в температурном режиме является отсутствие на экспериментальной площадке вегетирующей, служащей термоизолятором, вследствие чего почва сильнее прогревается летом и быстрее охлаждается осенью. Пасмурная и влажная погода сглаживает температурные различия между выжженной и интактной площадками.

Tatyana E. Tkachuk,

Candidate of Biology, Associate Professor, Transbaikal State University; Senior Researcher, Daursky Nature Biosphere Reserve, Chita, Russia

Tatyana F. Snigireva,

Category 1 Engineer, JSC “Roszheldorproject”, Chita, Russia

INFLUENCE OF STEPPE WILDFIRES ON SEASONAL DYNAMICS OF SOIL TEMPERATURE

KEYWORDS: steppe; steppe fires; the soil; temperature regime; soil temperature.

ABSTRACT. The study took place on the south of Zabaikalsky kray in the buffer zone of the Daursky Reserve, in the sage-onion-feather grass (*Stipa krylovii*-*Allium polyrhizum*-*Stipa krylovii*-*Allium polyrhizum* *Artemisia frigida*) steppe on the terrace of the Torey Lakes. From July to October 2016, using loggers, we studied the soil temperature regime at a depth of 10 cm on the control and experimental pyrogenic plot, which was burned three times. In July-August, the daily average, maximum and minimum temperatures on the pyrogenic plot were higher than in the control. In September, these indica-

tors at both plots were equal, and in October at the pyrogenic plot they become lower than in the control. During the entire observation period, the daily temperature amplitude on the experimental plot was higher than in the control. The reason for the differences in the temperature regime is the absence of litter on the experimental plot, which serves as a thermal insulator; therefore soil warms up more strongly in summer and cools faster in autumn. Cloudy and wet weather smooths out temperature differences between burnt and intact sites.

Влиянию степных пожаров на экосистемы посвящена довольно обширная литература [1; 2; 5; 6; 7], тем не менее, остается еще много нерешенных вопросов и малоизученных районов. Одним из таких районов является Даурия. Природные условия Даурии своеобразны, поэтому выводы, сделанные для равнинных степей других регионов, не всегда оказываются применимы к даурским горным степям.

Исследования проводились в охранный зоне государственного природного биосферного заповедника «Даурский». Заповедник находится на южной границе России, в Восточном Забайкалье, в основном, в пределах Улдза-Торейской равнины, на абсолютных высотах 600-1000 м. Климат данной территории резко-континентальный, с годовой суммой осадков от 200 до 300 мм в зависимости от фазы тридцатилетнего цикла увлажнения. Распределение осадков по сезонам крайне неравномерно: около 80% осадков выпадает в летний период, главным образом в июле-августе. На этот же период приходятся и максимальные температуры воздуха. При этом зима и весна сухие; с февраля по апрель высока повторяемость сильных ветров. В апреле-мае происходит наибольшее количество степных пожаров, так как снег уже полностью сошел, но осадков практически нет, почва и прошлогодняя трава сухие, сильные и частые ветры способствуют быстрому распространению пожаров на больших площадях. Почвы в районе исследования преимущественно каштановые, суглинистые, с большей или меньшей степенью каменистости. Для растительного покрова наиболее характерны змеевково-разнотравно-крыловоковыльные (*Stipa krylovii*-*Allium polyrhizum*-*Artemisia frigida* – *Cleistogenes squarrosa*) степи на высоких террасах Торейских озер, и вострцовые (*Leymus chinensis*) степи по понижениям.

Помимо непосредственного влияния пожара на степь: повреждение растений, выгорание степной ветоши и верхнего слоя почвы, ущерб животным, – существует и косвенное. Косвенное влияние пожара на экосистему проявляется через некоторое время, как следствие изменений, произведенных огнем непосредственно. Одним из таких следствий является изменение температурного режима почвы, определяющего условия жизнедеятельности растений и животных-геобионтов, их обилие и разнообразие; в частности, от температурного режима зависит режим влажности.

Изучение температурного режима почвы проводилось на террасах Торейских озер (Зун-Торей и Барун-Торей), в окрестностях протоки Уто-

чи, которая их соединяет, в полынно-луково-ковыльной (*Stipa krylovii-Allium polyrhizum-Artemisia frigida*) степи. Работа выполнялась в 2016 г., в период перехода от засушливой фазы климатического цикла к влажной фазе, что ознаменовалось увеличением количества летних осадков.

Экспериментальная пирогенная площадка, подвергалась выжиганию весной 2012, 2014 и 2015 гг., т. е. в сезон, когда происходит наибольшее количество степных пожаров. Контролем служила интактная площадка в том же сообществе. Для измерения температуры почвы применяли электронные логгеры. Измерения производились на глубине 10 см с записью температуры каждый час с 8 июля по 14 октября. Для каждого месяца наблюдения графики температуры были построены отдельно (рис. 1-2). На рисунках контрольная площадка обозначена литерой «А», пирогенная – литерой «Б».

В июле, самом теплом месяце года на пирогенной площадке большую часть времени среднесуточная, максимальная и минимальная суточная температура была выше, чем в контроле. При наступлении пасмурной или дождливой погоды (16.07.16, 21.07.16) различия между контрольной и пирогенной площадками минимизируются. Причиной этого, очевидно, является очень слабое нагревание почвы днем и, возможно, слабое остывание в пасмурную погоду ночью. Действительно, в эти же дни наблюдается крайне малая суточная амплитуда температур на обеих площадках: 2,5-3°C.

В августе начинается снижение температуры почвы. По сравнению с июлем, в августе различия в температурном режиме почвы на контрольной и пирогенной площадках довольно малы. Это можно объяснить большим количеством пасмурных дней (18 дней) за данный период и общим снижением среднесуточных температур воздуха.

В сентябре происходит сезонное снижение среднесуточных температур вследствие уменьшения интенсивности прогревания почвы в течение дня в отличие от летнего сезона. Днем по-прежнему нагревание остается более сильным на пирогенной площадке. Преобладала дождливая погода, поэтому различия между площадками минимальны, а зачастую даже отсутствуют. Графики среднесуточной температуры на двух площадках практически совпадают; то же самое можно сказать и о максимальной и минимальной суточных температурах. Тем не менее, суточная амплитуда температур по-прежнему остается более заметной на пирогенной площадке.

В октябре из-за снижения высоты стояния солнца над горизонтом днем почва прогревается все слабее, в то время как ночами, которые становятся все длиннее, интенсифицируется радиационное выхолаживание почвы. В октябре происходит сдвиг в соотношении показателей температурного режима почвы контрольной и пирогенной площадок (рис. 1).

Семь из четырнадцати дней наблюдения в октябре минимальная суточная температура на пироженной площадке оказывается ниже, чем на контрольной, а среднесуточная была немного ниже на пироженной площадке в течение пяти дней. Соотношение величины суточных колебаний температур на двух площадках принципиально не меняется: на пироженной площадке амплитуда температур по-прежнему выше, чем на контрольной (рис. 2). Обращает на себя внимание увеличение разрыва между графиками амплитуды температур на выжженной площадке и в контроле. Объяснить это можно более значительным охлаждением почвы на выжженной площадке, лишенной теплоизолятора – ветоши и подстилки, по сравнению с контролем. По литературным данным [3] весной на такой почве быстрее сходит снежный покров, что в свою очередь усиливает дневное прогревание, ночное охлаждение и, в условиях климата Забайкалья, приводит к большему иссушению почвы.

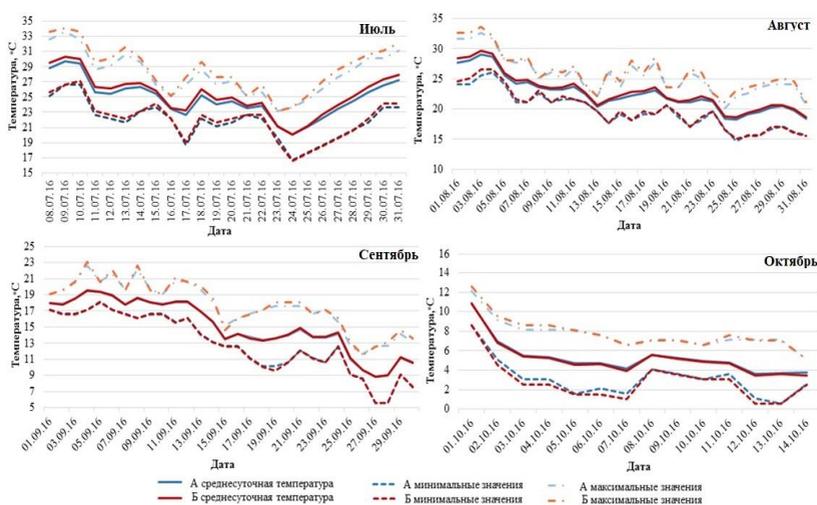


Рис. 1. Температурный режим почвы на контрольной и пироженной площадке

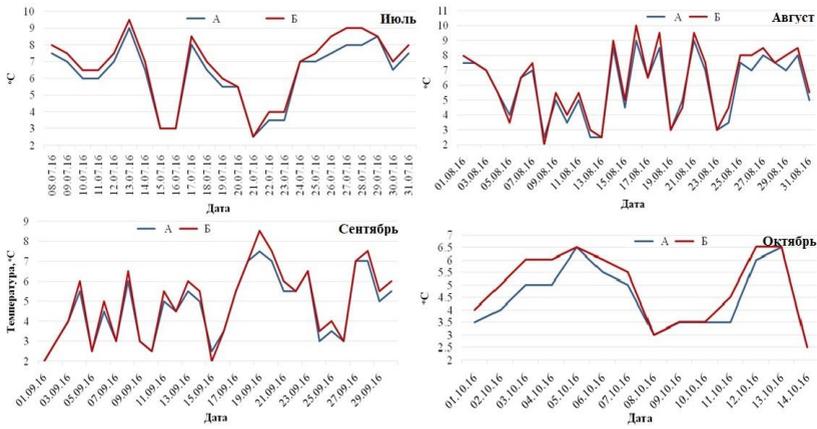


Рис. 2. Амплитуда температуры почвы на контрольной и пирогенной площадке

Выявленные нами закономерности согласуются с выводами ряда авторов [1; 3; 4], которые отмечали более резкие колебания температуры после пожара в сравнении амплитудой температуры в контроле, а также увеличение максимальной температуры почвы в теплый период года.

На основании всех рассмотренных фактов можно выделить основные направления влияния пирогенного фактора на температурный режим степной почвы. Во-первых, во все месяцы наблюдения амплитуда суточных колебаний температур на пирогенной площадке больше, чем в контроле. Во-вторых, пирогенная площадка быстрее и сильнее прогревается летом и быстрее остывает осенью. В теплые месяцы года это выражается в том, что на пирогенной площадке среднесуточные, максимальные и минимальные суточные температуры выше, чем в контроле. С переходом в холодный период года отсутствие теплоизолятора в виде ветоши и подстилки на черной выжженной почве пирогенной площадки приводит к более быстрому радиационному выхолаживанию, которое не компенсируется дневным прогреванием. Наблюдаемые изменения в температурном режиме делают условия обитания почвенных организмов более суровыми, что является одной из причин происходящих изменений в биоценозах. Пасмурная и дождливая погода сглаживает различия между пирогенной и контрольной площадками. Следовательно, во влажные годы влияние пожаров на температурный режим почв менее выражено; наиболее существенно оно в засушливую фазу климатического цикла.

Информационные источники

1. Анализ отечественного и зарубежного опыта управления пожарами в степях и связанных с ними экосистемами, в частности в условиях ООПТ / Ю. А. Буйволов, Е. П. Быкова, В. С. Гавриленко [и др.]. – 2012. – URL:

<http://www.biodiversity.ru/programs/steppe/docs/pozhar/effect.html> (дата обращения: 22.11.2016). – Текст : электронный.

2. Анилова, Л. В. Постпирогенная трансформация почв степной зоны Оренбургского Предуралья / Л. В. Анилова // Степи Северной Евразии : материалы VI международного симпозиума и VIII международной школы-семинара «геоэкологические проблемы степных регионов». – 2012. – С. 47-49.

3. Данилов, С. И. Пал в Забайкальских степях и его влияние на растительность / С. И. Данилов // Вестник Дальневосточного филиала АН СССР. – 1936. – № 21. – С. 63-81.

4. Иванов, В. В. Новые данные к изучению роли степных пожаров / В. В. Иванов // Известия Всесоюзного географического общества. – 1950. – Вып. 5. – С. 541-545.

5. Коломийчук, В. П. Постпирогенное восстановление эталонных полынно-злаковых и песчано-степных фитоценозов левобережного юга Украины / В. П. Коломийчук // Степи Северной Евразии : материалы V международного симпозиума. – Оренбург : ИПК «Газпромпечатъ» ; ООО «Оренбурггазпромсервис», 2009. – С. 386-389.

6. Лавренко, Е. М. Некоторые наблюдения над влиянием пожара на растительность Северной степи / Е. М. Лавренко // Ботанический журнал. – 1950. – № 1. – С. 77-78.

7. Моргун, Е. Н. Влияние пирогенного фактора на свойства темно-каштановых почв заповедной степи «Аскания-Нова» / Е. Н. Моргун, Т. И. Ушачева // Степи Северной Евразии : материалы V международного симпозиума. – Оренбург : ИПК «Газпромпечатъ» ; ООО «Оренбурггазпромсервис», 2009. – С. 474-475.

Секция 5

«Социально-экономические и эколого-медицинские проблемы региональных хозяйственных систем в контексте современных климатических изменений»

УДК 551.5:595.771

DOI: 10.26170/KFG-2021-33

Баранова Ирина Сергеевна,

кандидат географических наук, доцент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; i.s.baranova@mail.ru

Липухин Дмитрий Николаевич,

кандидат географических наук, доцент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; lipuhin.dnl@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ГЕОГРАФИЮ НЕКОТОРЫХ КРОВОСОСУЩИХ ПЕРЕНОСЧИКОВ ИНФЕКЦИЙ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: изменения климата; климат; климатические изменения; кровососущие; переносчики инфекций.

АННОТАЦИЯ. Статья посвящена рассмотрению географических особенностей распространения кровососущих переносчиков инфекций по регионам и континентам, а также последствиям потепления климата и увеличения осадков для смещения границ привычных территорий обитания клещей и комаров. Расширение ареалов на север приводит как к увеличению количества кровососущих, приносящих напрямую дискомфорт человеку и животным, так и увеличению абсолютной численности зараженных особей клещей и комаров. В результате в ряде регионов и стран мира наблюдаются вспышки и даже эпидемии инфекционных заболеваний. Кроме того, появляются новые и возвращаются давно побежденные на тех или иных территориях болезни. Зафиксированы случаи смены теплокровного хозяина в связи с изменением продолжительности вегетативного периода ряда растений в пищевой цепочке травоядных. Для решения возникающих медико-географических проблем требуется повышенное внимание к мерам профилактики трансмиссивных болезней, а также внедрению новых видов пестицидов, вакцин и лекарственных средств.

Irina S. Baranova,

Candidate of Geography, Associate Professor, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

Dmitry N. Lipukhin,

Candidate of Geography, Associate Professor, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

IMPACT OF CLIMATE CHANGES ON THE GEOGRAPHY OF SOME BLOOD-SUCKING VECTOR INFECTIONS

KEYWORDS: climate change; climate; climate change; blood-sucking; carriers of infections.

ABSTRACT. The article is devoted to the consideration of the geographical features of the spread of blood-sucking vectors of infections across regions and continents, as well as the consequences of climate warming and increased precipitation to shift the boundaries of the usual habitats of ticks and mosquitoes. The expansion of the ranges to the north leads to both an increase in the number of blood suckers, directly causing discomfort to humans and animals, and an increase in the absolute number of infected individuals of ticks and mosquitoes. As a result, outbreaks and even epidemics of infectious diseases occur in several regions and countries of the world. In addition, new diseases appear and return long-defeated in certain territories. Cases of changing the warm-blooded host due to a change in the duration of the vegetative period of a number of plants in the herbivore food chain have been recorded. Addressing emerging medico-geographical problems requires to be increased attention to vector-borne disease prevention measures, as well as the introduction of new types of pesticides, vaccines and medicines.

В настоящее время климат Земли переживает период глобального потепления, т.е. повышение температуры, как среднегодовой, так и среднемесячных значений для января, а также увеличение годовой суммы осадков. Предполагается, что в течение XXI века такая тенденция продолжится, а, значит, климатические характеристики территорий будут оказывать влияние в том числе на популяции переносчиков различных инфекций.

Клещи начинают проявлять активность при температуре выше +10 градусов. Потепление климата смещает к более высоким широтам привычные границы ареалов распространения растений и насекомых. Границы эндемичных по различным инфекциям регионов также раздвигаются за счет миграции животных. Например, наблюдается расширение на север и на юг распространенности иксодовых клещей на территории евразийского и североамериканского континентов (примерная скорость до 50 км в год). Происходит вертикальное смещение вверх распространения иксодовых клещей в горных ландшафтах. Клещи являются разносчиками множества инфекций: от доброкачественных сыпных лихорадок до клещевого энцефалита (в среднем заражен каждый шестой представитель).

Общая продолжительность сезона активности и паузы клещей, численность их популяции определяется главным образом природно-климатическими условиями. Это подтверждается также тем, что животные-хозяева клещей в Евразии распространены по всей территории Европы вплоть до Северного Ледовитого океана и у клещей нет существенных патогенов и хищников. Единственным абиотическим фактором помимо климата, влияющим на распространение клещей, являются географические барьеры в виде больших зон не пригодных для их проживания (водоемы, холодные степи и тундры, горные системы и пр.).

Причины расширения привычного ареала обитания на сегодняшний день различны: фрагментация лесов, расширяющиеся пригороды, постепенная адаптация к низким и высоким температурам (клещи – одни из самых выносливых существ на нашей планете). Кроме того, способствует таким смещениям все более мягкая зима и теплое лето, что благоприятствует успешной перезимовке без потерь численности и упрощает поиск жертвы. Хвойные леса с малым количеством травы менее опасны, чем лиственное мелколесье, например, с высокой травой. Соответственно подобная смена пород деревьев на территории также может способствовать усилению активности клещей.

Как показывают исследования, процент зараженности самих клещей не изменился. Увеличилась их численность, а, значит, и опасность для человека быть укушенным и зараженным. Кроме того, клещи могут обходиться без пищи до 9 месяцев и впадать в анабиоз до 10 лет. Соответственно в благоприятный климатический период активность проявляют не только вновь появившиеся особи, но и проснувшиеся от «спячки».

Ученые выявили влияние климатических параметров на распространенность и численность иксодовых клещей. Например, в Австралии пики численности популяции совпадают с пиками численности птиц-хозяев и с пиками среднесуточных значений температуры воздуха, а также суммой осадков. На территории Европы зафиксировано падение численности нимф и взрослых особей в сухие периоды (клещи очень чувствительны к пересыханию). В южной Норвегии районы с повышенной влажностью соответствуют зонам наибольшего распространения клещевого энцефалита. Согласно проведенным в Швеции исследованиям, существует корреляция распространения европейского лесного клеща с продолжительностью вегетативного периода ольхи. Кроме того, снижение численности косуль привело к смене основного хозяина на грызунов, что в сочетании с потеплением климата стало толчком к росту популяции клещей.

Многочисленные исследования отечественных авторов показывают влияние на численность таежного клеща температуры почвы и воздуха, толщины снежного покрова, продолжительности бесснежного периода, наличия заморозков, особенно летних и раннеосенних, перепада температуры между поверхностью почвы и лесной подстилкой, умеренной увлажненности почвы и припочвенного горизонта [2].

По прогнозам ученых к концу 21 века ареалы клещей на евразийском континенте расширятся до Тянь-Шаня, Алтайского края, юга Западной и Восточной Сибири; охваченными окажутся Кольский полуостров, побережье Баренцева моря и вся территория Западной и Восточной Сибири до 72° с.ш., побережье Охотского моря и Камчатки. Это потребует повышенного внимания к данным регионам санитарных служб и органов здравоохранения, поскольку до 20% клещей в Северном полушарии за-

ражены болезнью Лайма, каждый 600-тый клещевым энцефалитом. Это потребует обработки территорий акарицидами и вакцинации населения в регионах, где ранее этого не требовалось.

Изменения климата вызвали рост популяции зимних клещей в Северной Америке в связи с увеличением продолжительности осеннего периода, когда паразиты прикрепляются к хозяевам. Отложенное начало зимних холодов, благодаря которым животные освобождаются от прикрепившихся клещей, увеличивает нагрузку на организмы хозяев. Взрослые особи страдают от потери в весе и крови, детеныши погибают от истощения и тяжелого метаболического дисбаланса. Самым опасным для человека заболеванием, переносимым клещами Северной Америки, является пятнистая лихорадка Скалистых гор со смертностью до 10%. Эту же инфекцию разносят клещи и по территории Центральной и Южной Америки.

Наблюдается расширение ареала обитания этих паукообразных в сторону Южного полюса. Теперь присутствие клеща фиксируется даже в Антарктиде. На сегодняшний день на материке зафиксировано более 20 видов клещей, проживающих в гнездах птиц (до 85° ю.ш.). Они не являются паразитами, питаются органическими остатками. Однако потепление климата может привести к созданию более благоприятных условий (достаточная для активности температура, озеленение и пр.) для постоянного проживания здесь клещей-паразитов.

На территории африканского материка одной из наиболее опасных инфекций, переносимой клещами, является африканская клещевая лихорадка. Как правило, заражено до 60% клещей, кусают даже личинки и нимфы. То есть увеличение численности популяции в связи появлением новых влажных местностей приводит к ухудшению эпидемической ситуации.

В Австралии клещи, как правило, встречаются на восточном побережье на расстоянии до 100 км вглубь суши. Однако изменения климата привели к расширению зоны лиственной растительности и перемещению клещей в некоторые внутренние районы континента и в пригороды крупных городов. Ситуацию осложняет наличие среди клещей Австралии ядовитого кустарникового (паралитического), способного убить человека.

Потепление климата стало также причиной распространения комаров по поверхности земной суши. Дальнейшее увеличение осадков позволяет этим насекомым подниматься в своём расселении на возвышенности, привнося инфекционные заболевания на территории, ранее им не подверженные. Из наиболее распространенных болезней, переносимых комарами, можно назвать малярию, вирус Зика, чикунгунью, лихорадку денге, лихорадку Западного Нила, туляремию, дирофиляриоз. В недалеком прошлом эти заболевания встречались в основном только в низких широтах, либо фиксировалось гораздо меньше случаев. Единственное

государство в мире, на территории которого отсутствуют комары на сегодняшний день – это Исландия. Причина этого явления заключается в сильной переменчивости климата. Вследствие низких температур не обитают комары также в Антарктиде и Арктике.

Повышение температуры воздуха приводит к ускорению роста комаров. Уже сейчас в большинстве случаев они появляются на две недели раньше нормы. Это приводит к тому, что естественные враги не успевают их съесть. В результате большие популяции комаров дают больше шансов в распространении переносимых ими инфекций, а также доставляют дискомфорт животным, вынуждая переходить на подветренные склоны и ограничивая таким образом их кормовую базу. Хотя, по некоторым прогнозам, дальнейшее повышение температуры будет иметь для комаров обратный эффект: многие личинки будут умирать на ранних стадиях развития, выжившие не смогут дожить до появления на их территории животных, кровью которых они питаются.

Устойчивость существования популяций комаров определяется целым рядом экологических факторов. На стадии личинок приоритетными являются кислотность, соленость, жесткость, температура водоема, характер водной растительности и пр.; на стадии имаго - температура и влажность, условия охоты, наличие убежищ, условия зимовки. Потепление климата влияет на комаров, изменяя все вышеперечисленные факторы: тепловое и холодное оцепенение особей, снижение выживаемости из-за повышения солености водоемов, изменение чувствительности переносчиков к инсектицидам, применяемым для борьбы с ними. В связи с этим прогнозируется уменьшение воздействия на человека вирусов, переносимых комарами, в Африке, Австралии и Юго-Восточной Азии и возрастание его в Европе.

Уже в 2020 г. было зафиксировано несколько случаев заражения вирусом Зика во Франции. Глобальное потепление в ближайшие десятилетия может спровоцировать вспышку лихорадки Зика в странах Восточной Европы. По прогнозам к 2050 г. на территории Европы и Северной Америки будут проживать комары, переносящие желтую лихорадку. В последние годы в Астраханской и Волгоградской областях фиксируются случаи заражения лихорадкой Западного Нила. На черноморском побережье России уже проживают виды комаров, являющиеся переносчиками лихорадки денге и вируса Зика. К 2100 г., если средняя глобальная температура вырастет примерно на 4,6 градуса, на территории Европы и Северной Америки поселится вид комара, переносящего чикунгунью.

С 1990-х гг. наблюдается существенное увеличение заболеваемости малярией до эпидемического уровня на территории Евразии (особенно на территории Азербайджана, Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана). Среди стран дальнего зарубежья заболеваемость малярией высока

в Турции, Иране и Афганистане. Кроме того, на некоторых территориях происходит замещение традиционных видов кровососущих на более эффективных переносчиков инфекций. Например, в Западной Сибири в результате повышения температуры зимне-весенних месяцев в среднем на 4-5 градусов уже произошло постепенное замещение одного из основных кровососущих переносчиков малярии (комаров рода *Anopheles*) на два других более эффективных. В результате изменения температуры воздуха в приповерхностном слое атмосферы на территории России и стран СНГ произошло смещение северной границы ареала распространения двух основных возбудителей малярии (*P. Vivax* и *P. falciparum*) примерно на 200 км [3].

С конца 1980-х гг. начал расширяться ареал обитания комаров в Северной и Южной Америке. В результате участились вспышки желтой лихорадки и вируса Зика. Появилась реальная опасность переноса вируса Зика в более северные регионы Америки. С конца XX века на территории США начали фиксировать случаи заражения лихорадка Западного Нила. В 2009-2010 гг. во Флориде случились вспышки лихорадки денге.

В Австралии комары являются переносчиками трех опасных для человека болезней: тропическая лихорадка (лихорадка денге), энцефалит долины Мюррея и лихорадка реки Росс (эпидемического полиартрита). Ежегодно от этих инфекций гибнет до тысячи жителей континента. В результате потепления климата увеличилась не только численность данных кровососущих, но и начали «возвращаться» инфекции, считавшиеся побежденными. Например, с 2014 г. в Австралии увеличилась заболеваемость язвой Бурули почти в три раза. Возбудитель этой болезни переносится комаром от опоссумов к человеку.

Тенденция к потеплению характерна для большей части территории планеты. Это оказывает воздействие на климатозависимые элементы экологических систем, вызывая смещение границ ареалов переносчиков и связанных с ними возбудителей заболеваний. Скорее всего произойдет удлинение сезонов передачи трансмиссивных болезней и дальнейшее изменение их географических зон. По прогнозам ученых в высоких широтах потепление климата улучшит жизненные условия переносчиков инфекций, а в приэкваториальных скорее всего окажется серьезным стрессом. Хотя большинство видов приспособятся к изменениям и после снижения численности начнется период адаптации.

Дальнейшее развитие ситуации климатических изменений на планете требует разработки и применения мер неспецифической профилактики, в частности, поиска новых пестицидов для преодоления резистентности популяций, разработки способов минимизации вреда, наносимого окружающей среде при проведении дезинсекционных работ [1]. Необходимо совершенствовать подходы к разработке методов предупреждения

трансмиссивных инфекций, способов оценки популяционных границ, к уточнению длительности жизненного цикла клещей и комаров.

Информационные источники

1. Козлова, Ю. А. Динамика численности кровососущих членистоногих и совершенствование профилактических мероприятий в антропобиоценозах Предбайкалья : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Козлова Ю. А. – 2009. – URL: https://new-dissler.ru/_avtoreferats/01004572926.pdf. – Текст : электронный.
2. Попов, И. О. Климатически обусловленные изменения аутэкологических ареалов иксодовых клещей *Ixodes ricinus* и *Ixodes persulcatus* на территории России и стран ближнего зарубежья : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Попов И. О. – 2016. – URL: <http://www.dslib.net/ekologia/klimaticheskii-obuslovlennye-izmeneniya-autjekologicheskikh-arealov-iksodovyh-klwej.html>. – Текст : электронный.
3. Ясюкевич, В. В. Влияние климатических и экологических факторов на распределение и развитие переносчиков и возбудителей малярии человека на территории стран СНГ : дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.16 / Ясюкевич В. В. – 2006. URL: <https://www.dissercat.com/content/vlianie-klimaticheskikh-i-ekologicheskikh-faktorov-na-raspredelenie-i-razvitie-perenoschiko>. – Текст : электронный.

Крымская Ольга Владимировна,

кандидат географических наук, доцент, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия; krymskaya@bsu.edu.ru

Крымская Анна Александровна,

аспирант, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия; 57080@bsu.edu.ru

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ В ИЗМЕНЕНИИ СТЕПЕНИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КОМФОРТНОСТИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 20 ЛЕТ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: климатические изменения; климат; изменения климата; индекс патогенности; высокая термическая опасность; глобальное потепление.

АННОТАЦИЯ. За период с 1991 по 2020 гг. на территории Белгородской области отмечен рост среднемесячных температур воздуха всех месяцев года. Максимальные значения положительных аномалий температуры наблюдались с января по март. Рост температур летних месяцев связан с увеличением повторяемости блокирующих антициклонов. За последние 20 лет в изменении суммарной продолжительности периодов с высокой и экстремальной термической опасностью выявлен положительный статистически значимый тренд.

Olga V. Krymskaya,

Candidate of Geography, Associate Professor, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Anna A. Krymskaya,

Postgraduate Student, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

ANALYSIS OF TRENDS IN CHANGES IN THE DEGREE OF THE CLIMATIC COMFORT OVER THE LAST 20 YEARS IN THE TERRITORY OF BELGOROD REGION

KEYWORDS: climate change; climate; climate change; pathogenicity index; high thermal hazard; global warming.

ABSTRACT. For the period from 1991 to 2020, an increase in average monthly air temperatures for all months of the year was noted in the Belgorod Region. The maximum values of the above-zero air temperature anomalies were observed from January to March. The rise in temperatures in the summer months is associated with an increase in the frequency of blocking anticyclones. Over the past 20 years, a positive statistically significant trend has been revealed in the change in the total duration of periods with high and extreme thermal hazards.

Погода и климат – ресурс, определяющий повторяемость комфортных условий проживания человека на различных территориях. От-

мечаемое в последние десятилетия изменение климата в Белгородской области проявилось, в росте среднемесячных значений температуры воздуха всех месяцев года, особенно в холодном полугодии. Подробное описание климатических условий региона представлено в более ранних работах авторов [3]. Данные реперной климатической станции Богородицкое-Фенино убедительно свидетельствуют о произошедших изменениях термического режима (табл. 1).

Таблица 1

Среднемесячные значения температуры воздуха за разные периоды осреднения (ст. Богородицкое-Фенино)

Периоды	Месяцы года												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
«Норма-80»	-9,2	-8,7	-3,5	6,0	13,8	17,6	19,4	18,3	12,6	5,5	-0,8	-6,2	5,4
1961-1990	-8,7	-7,9	-2,4	7,1	14,3	17,6	18,8	18,0	12,5	5,9	-0,4	-5,1	5,8
1971-2000	-7,5	-7,0	-1,9	7,5	14,1	17,8	18,8	17,9	12,3	5,9	-1,1	-5,2	6,0
1981-2010	-6,3	-6,5	-1,3	7,7	14,2	17,8	19,6	18,6	12,7	6,5	-0,6	-5,2	6,4
1991-2020	-6,1	-5,6	-0,6	8,1	14,6	18,3	20,2	19,2	13,3	6,9	0,0	-4,5	7,0

«Норма-80» получена осреднением ряда наблюдений на этой метеостанции с конца XIX века по 1980 г. Средненные данные последнего тридцатилетнего периода (1991-2020 гг.) показывают максимальные положительные отклонения среднемесячных значений температуры воздуха всех месяцев года как от «нормы-80», так и от периода 1961-1990 гг., принятого Всемирной метеорологической организацией в качестве стабильного базового периода для долгосрочной оценки изменения климата.

Потепление «по зимнему типу» в полной мере проявилось на территории Белгородской области – в январе и феврале разность между значениями температур в периодах 1991-2020 гг. и 1961-1990 гг. составила 2,6 и 2,3°С соответственно. Зимы в Белгородской области не отличаются суровостью, поэтому факт потепления месяцев холодного полугодия может быть истолкован неоднозначно – для городского хозяйства положительным следствием этого служит снижение затрат на отопление жилого фонда, а для сельского хозяйства (в первую очередь растениеводства) – это приводит к дополнительным затратам, поскольку частые оттепели ухудшают состояние озимых культур, занимающих две трети засеваемых площадей в области.

Рост температур летних месяцев связан с увеличением повторяемости блокирующих антициклонов и как следствие – продолжительных периодов с экстремально высокой температурой (так называемых «волн жары») [3]. Сильная жара приводит к увеличению числа заболеваний, особенно среди лиц старше 65 лет и лиц с хроническими заболеваниями,

нередко с летальным исходом, (так летом 2010 г. по сравнению с летом 2009 г. рост смертности составил более чем 50%). В качестве основной причины смертности (63,9%) выступали сердечно-сосудистые заболевания [4].

Среди биоклиматических показателей широко используются различные версии эффективных температур, учитывающих совместное влияние на человеческий организм совокупности метеопараметров: температуры, абсолютной и относительной влажности воздуха, скорости ветра, атмосферного давления [2].

Учитывая отмеченный в последнем десятилетии рост числа случаев экстремально высоких температур летом, что связано с изменениями в атмосферной циркуляции (увеличение повторяемости блокирующих антициклонов), была проведена оценка риска термической опасности с использованием параметра АТ, предложенного Стедменом [6]:

$$AT = T + 0.33 * e - 0.70 * V - 4, \quad (1)$$

где T – температура воздуха, °С; e – парциальное давление водяного пара, гПа, V – средняя скорость ветра на стандартной высоте, м/с.

Категория термической опасности определяет ситуацию как экстремальную, если параметр АТ больше 28; высокой опасностью считается случай, если АТ находится в интервале от 23 до 28, а минимальная опасность наблюдается при значении этого параметра меньше 18, все остальные значения определяют среднюю термическую опасность.

Основой для расчета ежедневных значений показателя АТ с использованием формулы (1) послужили фондовые данные метеостанции Богородицкое Фенино за период 1998-2020 гг. [5]. Данные расчетов на основании среднесуточных значений температуры воздуха показали, что максимальная продолжительность дней с высокой термической опасностью наблюдалась в июле 2001 г. (27 дней), а с экстремальной термической опасностью – в августе 2010 г. (5 дней). Использование максимальной температуры воздуха в расчетах позволило оценить комфортность пребывания человека в дневное время суток на улице. Максимальная суммарная продолжительность дней с высокой и экстремальной термической опасностью по месяцам теплого времени года составила: 22 дня в мае 2013 г., 26 – в июне 2019 г., 31 – в июле 2001 и 2010 гг., 26 дней – в августе 2007 и 2018 гг., 18 дней – в сентябре 2015 г. Средняя продолжительность периодов с высокой и экстремальной термической опасностью приведена в таблице 2.

Таблица 2

Среднемесячная продолжительность периодов с высокой и экстремальной термической опасностью в дневное время суток в Богородицком Фенино, дни

Термическая опасность	Месяцы				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
Высокая	8,1	15,6	23,7	20,0	5,7
Экстремальная	1,9	6,7	12,8	9,6	1,1

Наиболее продолжительные периоды жаркой погоды (более 2 декад в течение месяца) характерны для июля и августа. В последние годы такая погода стала чаще наблюдаться и в сентябре (18 дней в 2015, 16 дней в 2018, 13 дней – в 2019 г.). Динамика суммарной продолжительности периодов с высокой и экстремальной термической опасностью представлена на рис. 1 и 2. В изменении указанной характеристики выявлен положительный статистически значимый тренд. Статистическая значимость оценивалась с помощью коэффициента детерминации (R^2), при объеме выборки в 23 года тенденция изменения считалась статистически значимой при $R^2 > 0,18$.

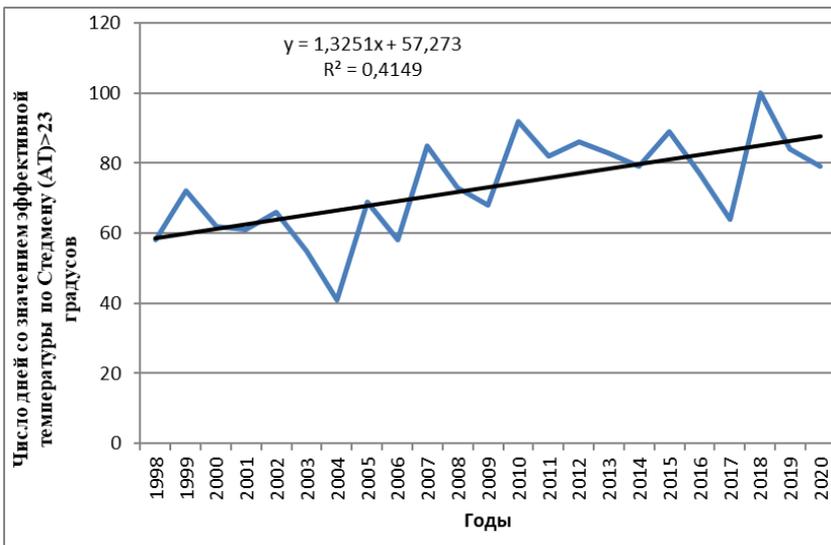


Рис. 1. Межгодовая динамика суммарной продолжительности дней с высокой и экстремальной термической опасностью в течение теплого времени года в Богородицком Фенино

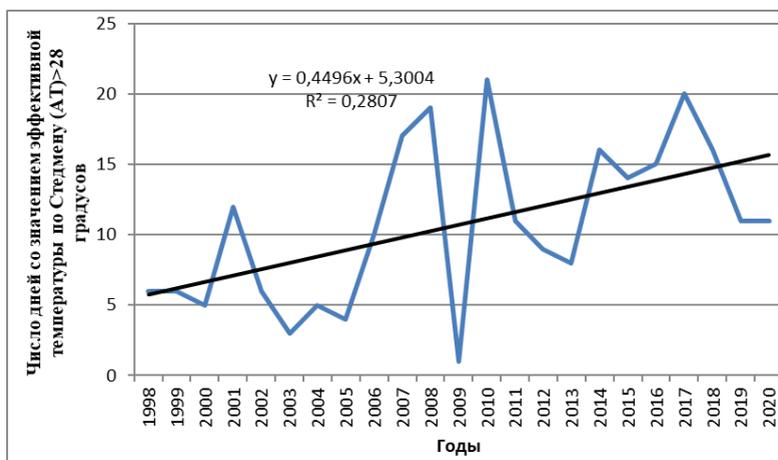


Рис. 2. Межгодовая динамика суммарной продолжительности дней с экстремальной термической опасностью в течение августа и сентября в Богородицком Фенино

При оценке биоклимата территорий часто используется индекс патогенности погоды I, включающий серию частных индексов, описывающих влияние температуры, влажности воздуха, скорости ветра, облачности, межсуточных перепадов температуры и давления на организм человека [1].

На массиве ежедневных данных температуры воздуха за период 1998-2020 гг. в исследуемом пункте был произведён расчет абсолютных значений межсуточных изменений указанной характеристики и выявлен максимум в январе и минимум в июле. В январе межсуточные перепады температуры (Δt) в среднем составляют $2,6^{\circ}\text{C}$, а в июле – $1,5^{\circ}\text{C}$. Учитывая, что негативное влияние на здоровье могут оказывать резкие (более 8°C за сутки) изменения температуры воздуха, был проведён анализ распределения таких случаев по месяцам года. За период 1998-2020 гг. наиболее часто эти неблагоприятные явления отмечались с декабря по февраль (табл. 3). За исследуемый период выявлен отрицательный статистически значимый тренд в изменении суммарного числа дней с указанным перепадом температуры в январе и феврале.

Таблица 3

Число случаев с межсуточным перепадом температуры воздуха (Δt), превышающим 8°C (период 1998-2020 гг.)

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Число случаев	24	25	2	4	0	1	0	0	0	0	1	10
Максимальное значение Δt	15,9	15,4	10,4	9,0		9,4					8,4	13,9

Были рассчитаны ежедневные значения суммарного индекса патогенности за период 1998-2020 гг., последующее обобщение позволило найти их многолетние среднемесячные значения и оценить годовой ход этого показателя (табл. 4). Отдельно в таблице приведены значения частных индексов, определяющих вклад температуры (I_t) и еб межсуточных перепадов ($I_{\Delta t}$).

Таблица 4

Среднемесячные значения суммарного индекса патогенности (I), баллы
(период 1998-2020 гг.)

	Месяцы года											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	37.2	34.0	23.2	13.1	8.8	8.7	7.7	7.5	10.6	18.0	28.5	36.8
I_t	12.5	11.9	7.1	2.3	0.9	1.7	3.3	2.5	0.7	2.8	6.6	10.1
$I_{\Delta t}$	3.7	3.9	2.1	2.1	1.5	1.5	1.2	1.2	1.3	1.9	2.3	3.3

На территории Белгородской области четко выражен сезонный ход индекса патогенности. Максимальные значения этого параметра наблюдаются с ноября по февраль (I больше 24), что свидетельствует об острых погодных условиях этого периода. Погодные условия марта характеризуются как сильно раздражающие, погоду октября можно оценить как умеренно раздражающую. В начале осени и середине весны наблюдаются слабо раздражающие погодные условия. Только с мая по август создаются комфортные погодные условия.

Значения частных индексов, связанных с температурой воздуха и её изменчивостью максимальны в холодное время года, но наибольший вклад в суммарный индекс патогенности они вносят в июле и августе в основном за счет установления длительных периодов жаркой погоды, когда среднесуточная температура превышает 25°C.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что в последние 30 лет по сравнению с периодом 1961-1990 гг. увеличились температуры всех месяцев года, но максимальные положительные аномалии отмечены с января по март.

Особенность современного этапа – рост температур с июня по сентябрь, наиболее выраженный в июле и августе. Для этих месяцев характерны наиболее продолжительные периоды (почти 2 декады в течение месяца) с высокой и экстремально высокой термической опасностью в дневные часы. В последние годы такая погода стала чаще наблюдаться и в сентябре. За последние 20 лет в изменении суммарной продолжительности периодов с высокой и экстремальной термической опасностью выявлен положительный статистически значимый тренд.

Информационные источники

1. Бокша, В. Г. Медицинская климатология и климатотерапия / В. Г. Бокша, Б. В. Богущкий. – Киев : Здоровье, 1980. – 216 с.

2. Исаев, А. А. Экологическая климатология / А. А. Исаев. – М. : Научный мир, 2001. – 456 с.
3. Лебедева, М. Г. Изменение условий атмосферной циркуляции и региональные климатические характеристики на рубеже XX-XXI вв. (на примере Белгородской области) / М. Г. Лебедева, О. В. Крымская, Ю. Г. Чендев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 18 (40). – С. 157-163.
4. Ревич, Б. А. Изменения климата, волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности населения в некоторых регионах России / Б. А. Ревич, Д. А. Шапошников // Проблемы прогнозирования. – 2012. – № 2. – С. 122-138.
5. Фондовые материалы Белгородского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за период 1961-2020 гг.
6. Steadman, R. G. Norms of apparent temperature in Australia / R. G. Steadman // Aust. Meteor. Mag. – 1994. – № 43.

Липухин Дмитрий Николаевич,

кандидат географических наук, доцент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; lipuhin.dnl@yandex.ru

Баранова Ирина Сергеевна,

кандидат географических наук, доцент, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия; i.s.baranova@mail.ru

ЦИКЛИЧНО-ВОЛНОВАЯ ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ГЕОДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СТРУКТУР НА УРАЛЕ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: демографический переход; демографические волны; циклы демоперехода; геодемографические процессы; геодемография.

АННОТАЦИЯ. В статье анализируется циклично-волновая динамика геодемографических процессов в Уральском экономико-географическом районе.

Dmitry N. Lipukhin,

Candidate of Geography, Associate Professor, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

Irina S. Baranova,

Candidate of Geography, Associate Professor, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia

CYCLE-WAVE DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF GEODEMOGRAPHIC PROCESSES AND STRUCTURES IN THE URALS

KEYWORDS: demographic transition; demographic waves; demo transition cycles; geodemographic processes; geodemography.

ABSTRACT. The article analyzes the cyclical-wave dynamics of geodemographic processes in the Ural economic-geographical region.

Цикличность развития процессов и явлений достаточно широко исследуется представителями естественных и общественных наук. В физической географии цикличность выступает как одна из наиболее общих закономерностей развития географической оболочки. Вследствие вращения Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца в природе наблюдаются суточные и годовые циклы. Фенология изучает динамику сезонных явлений и аспектов.

В общественных науках также исследуются разнообразные циклы. Так, еще в 1869 г. русский ученый Н. Я. Данилевский писал, что «...до сих пор развитие человечества шло не иначе, как через посредство самобытных культурно-исторических типов...» [2, с. 118]. Основываясь на теории культурно-исторических типов, Н. Я. Данилевский выявил цик-

личность в развитии народов: как свидетельствует история, народы рождаются, и, если им это удастся, развиваются, но все равно стареют, дряхлеют и умирают, даже независимо от внешних обстоятельств.

О. Шпенглер, рассматривая эволюцию культур и их роль в становлении цивилизаций, отмечал следующее: «Всякая культура переживает возрасты отдельного человека. У каждой имеется свое детство, юность, возмужалость и старость...» [9, с. 173]. И далее: «Каждая культура, каждое начало, каждый подъем и падение, каждая ее необходимая фаза имеют определенную, всегда равную, всегда со значительностью символа вновь возвращающуюся действительность» [9, с. 176].

Л. Н. Гумилев в разработке пассионарной теории этногенеза приходит к временной цикличности народов. Согласно его теории, цикл этногенеза длится около 1200-1500 лет и в нем выделяются следующие фазы: 1) фаза подъема (продолжительностью примерно 300 лет); 2) акматическая (фаза, когда этнос предельно активен, продолжительностью примерно 300 лет); 3) фаза надлома (150-200 лет); 4) инерционная (когда происходит накопление технических средств и идеологических ценностей); 5) фаза обскурации; 6) фаза гомеостаза [1, с. 416].

В экономической науке Запада изучение различных циклов получило развитие в трудах таких видных экономистов, как Дж. М. Кейнс, Дж. Китчин, К. Жугляр, С. Кузнец, У. Ростоу, Й. Шумпетер и др.

П. Самуэльсон в своей известной книге «Экономика» определяет экономический цикл как общую черту всей экономической жизни для стран с рыночной экономикой.

Признавая объективный характер экономических циклов, большинство современных экономистов предлагают изучать этот феномен через анализ внутренних и внешних факторов, влияющих на характер цикла, его продолжительность, специфику отдельных фаз. Н. Д. Кондратьев, объясняя существование больших циклов конъюнктуры, писал: «Длительность функционирования различных созданных хозяйственных благ и производительных сил различна. Равным образом для их создания требуются различное время и различные средства. Как правило, наиболее длительный период функционирования имеют основные виды производительных сил. Они же требуют и наибольшего времени, и наибольших аккумулированных капиталов для их создания» [3, с. 226].

В демографической науке известны довольно продолжительные большие циклы (фазы) демографического перехода (рис. 1), а также среднесрочные демографические циклы, обусловленные войнами и другими социальными потрясениями, когда падение рождаемости и потери населения сказываются на численности соседних поколений в течение длительного времени, порождая демографические «волны». Продолжительность подобных волн составляет 25-30 лет.

Экономические, демографические кризисы – проявления определенного рода хаоса, изучаемого синергетикой – наукой о самоорганизующихся системах в условиях сильного неравновесия и нелинейности. Пути самоорганизации могут выступать эволюционный и бифуркационный. В этой связи необходимо знание порогового состояния в любых системах. Как показали исследования Г. Хакена [7], определенный порядок имеется и в хаосе, так как хаос – упорядоченное состояние некоторых структур. Задача науки заключается в синхронизации процессов, в регулировании и управлении ими. Однако следует заметить, что динамизм общественных процессов значительно выше динамизма природы, причем динамизм первых возрастает за счет аккумулятивного эффекта деятельности человека. По-видимому, многие причины кризисов кроются в сфере человеческой деятельности.

Таким образом, цикличность развития, выступающая как повторяющаяся неравномерность, присуща саморазвивающимся системам. В структуре любой системы по мере развития накапливаются внутренние противоречия, количественные изменения, разрешению которых способствуют кризисы, приводя развитие системы и отдельных ее составных частей на новый, качественно иной уровень.

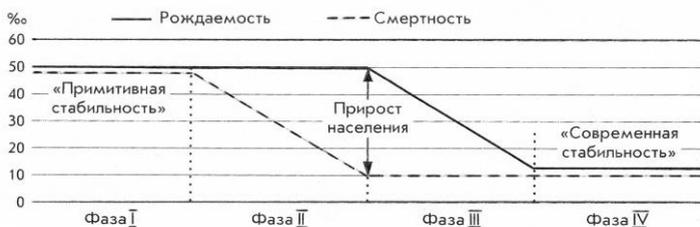


Рис. 1. Фазы демографического перехода. Источник: [5]

Уральский район, занимая 823,2 тыс. км² (4,8% территории России), концентрирует на начало 2020 г. 18699,4 тыс. чел. населения (12,7% жителей страны). Демографический переход на Урале начался примерно на четверть века позже, чем в России, во второй половине 1920-х гг. [4, с. 105-106]. Однако за относительно короткий исторический промежуток времени население Урала перешло от расширенного к суженному режиму замещения поколений. Так, за 1958-1959 гг. суммарный коэффициент рождаемости уральских женщин составлял 2,810, а в 1969-1970 гг. – 2,120, что фактически «обеспечивало» лишь простое воспроизводство населения. Этому способствовал и традиционно повышенный уровень урбанизированности, массовая малодетность городских семей, длительный миграционный отток населения по социально-экономическим причинам.

В конце 1980-х – начале 1990-х гг. Урал вступил в завершающую (четвертую) фазу демографического перехода, которая совпала во времени с меженью демографической волны (второе «эхо» Великой Отечественной войны), социально-экономическим кризисом, и как результат – спад рождаемости, рост смертности и «отложенных» рождений, особенно детей второй и последующей очередности. По данным Росстата, суммарный коэффициент рождаемости на Урале в 1997 г. достиг 1,280, в городской местности – 1,148, в сельской местности – 1,733. Таким образом, региональная демографическая система вступила в период открыто идущей депопуляции, результатом которой явилось сокращение численности населения, начиная с 1995 г., и деформация возрастно-половой структуры. Темпы сокращения всего уральского населения, детей и лиц трудоспособного возраста были выше, чем в России (табл. 1).

Таблица 1

Темпы прироста населения России и Урала по основным возрастным группам за 1989-2019 гг., %

Период	Все население	Возрастные группы		
		дети 0-15 лет	трудоспособный возраст	пенсионеры
<i>Российская Федерация</i>				
1989-2002	-1,3	-26,9	6,2	9,5
2002-2010	-1,6	-12,2	-1,1	6,5
2010-2019	2,8	18,5	-8,1	22,0
<i>Уральский район</i>				
1989-2002	-2,2	-27,5	5,5	9,5
2002-2010	-4,2	-14,7	-3,9	5,1
2010-2019	-1,2	15,4	-15,1	28,5

Рассчитано по данным Росстата [8].

Регрессивная возрастная структура населения Урала (рис. 2) способствует формированию демографических волн. Первая нисходящая волна (первое «эхо» войны) проявила себя в конце 1960-х – начале 1970-х гг. как результат падения рождаемости и роста смертности в годы Великой Отечественной войны. Вторая нисходящая волна (второе «эхо» войны) пришла на кризисные 1990-е гг. В 2020-е гг. на демографическое развитие региона начинает оказывать влияние очередная нисходящая волна в связи с вступлением в воспроизводство малочисленных поколений, родившихся в 1990-е гг. За период с 2002 г. по начало 2018 г. численность женщин репродуктивного возраста на Урале снизилась на 4%, абсолютное число родившихся за 2002-2019 гг. сократилось на 9,2%.

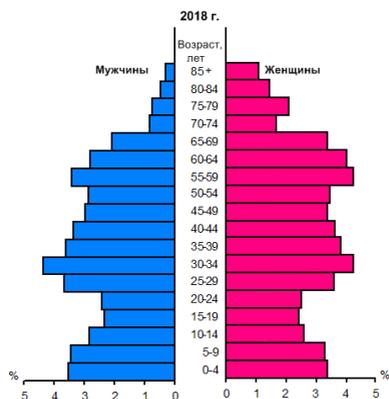


Рис. 2. Половозрастная пирамида населения Урала на начало 2018 г.

Характерной чертой изменения возрастной структуры населения Урала является постоянное увеличение доли лиц пенсионного возраста и уменьшение доли населения в трудоспособном возрасте (табл. 1). Процесс старения населения, который проявляется не только в увеличении удельного веса, но и абсолютной численности лиц старших возрастов, обусловлен закономерностями демографического перехода.

Для оценки уровня демографического старения широко используется шкала, разработанная Ж. Боже-Гарнье и Э. Россетом [6]. Если доля населения в возрасте 60 лет и старше составляет менее 8% от всего населения, то население считается демографически молодым. Достижение доли лиц 60 лет и старше 12% и выше считается началом демографической старости.

Согласно этой шкале, в 1959 г. население Урала было молодым. В 1970-1979 гг. население находилось на стадии «собственно преддверия старости», в 1989 г. – уже на среднем уровне демографической старости, в 2002-2010 гг. – на высоком уровне; в начале 2018 г. – на очень высоком уровне, угрожающим демографической безопасности региона – 18,6% лиц в возрасте 60 лет и старше (табл. 2).

Таблица 2
Динамика коэффициента старения населения России и Урала за 1959-2018 гг., %

	1959	1970	1979	1989	2002	2010	2018
Российская Федерация	9,0	11,9	13,7	15,3	18,5	18,2	21,3
Уральский район	7,8	10,6	11,2	14,5	17,9	17,7	21,0

Примечание. Индекс демографической старости за 1959-2010 гг. – по данным переписей населения соответствующих лет, 2018 г. – по данным текущего учета на 1 января.

Рассчитано по данным Росстата [8].

Специфика российского и уральского постарения населения заключается в том, что население стареет «снизу», как результат снижения рождаемости, детских возрастных контингентов и увеличение пожилых. В развитых регионах и странах старение протекает «сверху» – за счет увеличения продолжительности жизни в старших возрастах.

В территориальном разрезе более «детные» административные территории Урала имеют относительно более молодую структуру населения (Удмуртская Республика и Республика Башкортостан) (табл. 3). Вместе с тем, коэффициент старения населения в указанных республиках характеризуется высоким уровнем (19,6-20,3%).

Таблица 3

Изменение коэффициента старения населения России и Урала
за 2010-2018 гг., %

	2010			2018		
	Все население	Городское	Сельское	Все население	Городское	Сельское
Россия	18,2	18,1	18,5	21,3	21,1	21,9
Уральский район	17,7	17,6	18,0	21,0	20,6	22,2
Башкортостан	16,6	15,6	18,0	19,6	18,5	21,4
Удмуртия	16,1	16,2	15,9	20,3	20,0	20,8
Пермский край	17,5	17,8	16,4	20,7	20,6	21,1
Оренбургская обл.	17,4	16,9	18,3	20,7	20,0	21,9
Курганская область	20,0	19,2	21,1	24,6	23,3	26,7
Свердловская обл.	18,6	18,4	19,3	21,7	21,2	24,4
Челябинская обл.	18,5	18,7	17,9	21,7	21,5	22,4

Рассчитано по данным Росстата [8].

В высокоурбанизированной горнозаводской части Урала традиционно очень высокий уровень старения населения (Пермский край, Свердловская и Челябинская области), причем особенно он высок в сельской местности, где возрастная структура сильно деформирована миграциями по направлению «село – город», а также среди женских контингентов по причине более высокой продолжительности их жизни.

В пределах агропромышленного Зауралья (Курганская область) уровень постарения населения достиг 24,6%, а в сельской местности – почти 27%. В 2002 г. медианный возраст жителя Курганской области составлял 38,2 года, а ее сельской местности – 39 лет. К 2010 г. показатель увеличился до 40,1, в сельской местности – 42,6 года. Вследствие длительно сохранявшейся низкой рождаемости, естественной убыли населения возрастная структура населения Урала к началу XXI в. приобрела регрессивный характер. В 2002 г. количество детей 0-15 лет составляло 19,2%, доля лиц в возрасте 50 лет и старше – 28,2%. В 2010 г. удельный вес этих возрастных групп составил 17% и 33% соответственно, а в начале 2018 г. – 19% и 35% соответственно. Регрессивная возрастная струк-

тура негативно влияет, и будет влиять в перспективе на демографическое развитие региона.

К 2016 г. величина суммарного коэффициента рождаемости у репродуктивного контингента уральских женщин достигла 1,935 ребенка, а в 2018 г. показатель снизился до 1,672, что «обеспечивает» простое воспроизводство лишь на 77,8%. Итоги 2019 г. по регионам Урала зафиксировали повсеместную естественную убыль и сокращение численности населения. Демографическая формула по району имеет следующий вид: $10,2 - 12,9 = -2,7$ чел. на 1000 жителей. Коэффициент миграционного прироста населения составил $-0,4$ чел. на 1000. В этой связи следует подчеркнуть важность продления активных федеральных и региональных мер помощи семьям с детьми, реализация которых поможет частично нивелировать негативные депопуляционные тенденции.

Информационные источники

1. Гумилев, Л. Н. Этногенез и биосфера Земли / Л. Н. Гумилев. – М. : Ди Дик, 1994. – 640 с.
2. Данилевский, Н. Я. Россия и Европа / Н. Я. Данилевский. – М. : Книга, 1991. – 573 с.
3. Кондратьев, Н. Д. Проблемы экономической динамики / Н. Д. Кондратьев. – М. : Экономика, 1989. – 526 с.
4. Корнев, И. Н. Геодемографические процессы в регионе : монография / И. Н. Корнев, Д. Н. Липухин ; Уральский государственный педагогический университет, Гуманитарный университет. – Екатеринбург : [б. и.], 2002. – 258 с.
5. Новая географическая картина мира. Часть 1 / ред. В. А. Колосов, Д. В. Заяц. – М. : Просвещение, 2021. – 319 с.
6. Россет, Э. Процесс старения населения : монография / Э. Россет. – М. : Статистика, 1968. – 509 с.
7. Хакен, Г. Синергетика / Г. Хакен ; пер. с англ. В. И. Емельянова ; под ред. Ю. Л. Климонтовича, С. М. Осовца. – М. : Мир, 1980. – 404 с.
8. Центральная база статистических данных Росстата. – URL: <http://www.rosstat.gov.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi> (дата обращения: 15.03.2021). – Текст : электронный.
9. Шпенглер, О. Закат Европы. Т. 1 / О. Шпенглер. – Новосибирск : Наука, 1993. – 584 с.

Мухин Геннадий Дмитриевич,

кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия; gd_mukhin@rambler.ru

ДИНАМИКА УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В РЕГИОНАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ (1970-2018 гг.)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агроландшафты; землепользование; теплый климатический тренд; климат; климатические изменения; изменения климата; урожайность зерновых культур; зерновые культуры.

АННОТАЦИЯ. На основе анализа динамики климатических показателей на территории Европейской России за период 1970-2018 гг. выявлены приросты среднегодовых температур и количества осадков, особенно в регионах южного Нечерноземья и лесостепи. Установлена высокая степень корреляционной зависимости между ростом этих показателей и приростами урожайности зерновых культур за соответствующий период. Формулируются направления адаптации сельскохозяйственного землепользования в разных регионах в зависимости от климатических изменений.

Gennady D. Mukhin,

Candidate of Geography, Leading Researcher, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

DYNAMICS OF GRAIN YIELD IN THE EUROPEAN RUSSIA REGIONS IN CONNECTION WITH CLIMATIC CHANGE (1970-2018)

KEYWORDS: agricultural landscapes; land use; warm climate trend; climate; climate change; climate change; grain yield; cereals.

ABSTRACT. Based on the analysis of the dynamics of climatic parameters in the territory of European Russia for the period 1970-2018 the increase in average annual temperatures and precipitation has been revealed, especially in the regions of the southern Non-Black Earth Region and forest-steppe. A high degree of correlation has been established between the growth of these indicators and the increase in the yield of grain crops for the corresponding period. The adaptation directions of land use in different regions are formulated depending on climatic changes.

Согласно прогнозу ФАО сельскохозяйственное производство в Канаде и России получит выгоду от потепления климата. Данная перспектива уже в настоящее время находит подтверждение на европейской территории России. В Европейской России в пределах 50-60⁰ с.ш. метеорологические данные подтверждают повышение среднегодовой температуры за XX век на 1,-1,5⁰С, в сочетании с повышением количества осадков в летний период [6]. Так, в большинстве регионов центральной и северной части Европейской территории России с 70-х гг. прошлого века до настоящего време-

ни отмечается устойчивый тренд потепления, которому предшествовал в 1950-1970 гг. период относительного похолодания [5].

В период теплого тренда в предшествующих исследованиях автора показана несомненная связь между ростом температурных показателей и урожайностью зерновых культур. Коэффициенты корреляции между показателями среднегодовых температур по отдельным метеостанциям и нормальной урожайностью составляют 0,45-0,75 (рис. 1). Коэффициенты корреляции между выровненной урожайностью и количеством осадков колеблются в интервале от 0,35 до 0,65 в зависимости от влагообеспеченности региона [2; 3; 4]. Приросты урожайности зерновых культур объясняются особенностями динамики климатических показателей в период теплого тренда. Так, рост среднегодовых температур происходит в основном за счет более теплых зим, что благоприятно для сохранения посевов, в частности, озимой пшеницы. Рост среднегодового количества осадков происходит за счет прироста летних осадков, что повышает влагообеспеченность почв в период вегетации культур. После «мягких» зим снижается интенсивность паводков, увеличивается инфильтрация влаги в почву, повышается продолжительность вегетационного периода, ускоряются биогеохимические процессы в почвах, в частности, минерализация гумуса. Значение агропроизводственных факторов урожайности в исследуемый период уменьшилось из-за снижения доз вносимых удобрений, и, в целом, невысокого уровня агротехники в 90-е гг. и начала нулевых годов. Единственным благоприятным агротехническим фактором явились продуктивные сорта низкостебельной озимой пшеницы Немчиновской селекции.

Во второй половине теплого климатического тренда с 1991 по 2015 гг. произошли масштабные изменения в сельскохозяйственном землепользовании. В течение этого периода с началом рыночных реформ (1991-1992 гг.) произошло обвальное сокращение площади обрабатываемых земель. Наиболее существенно этот процесс затронул нечерноземные регионы северной половины Европейской территории России. В целом на территории Европейской России посевные площади всех сельскохозяйственных культур сократились на 28,5 млн га, или 33%, а в Нечерноземной зоне – на 15,6 млн га, или на 54% [1].

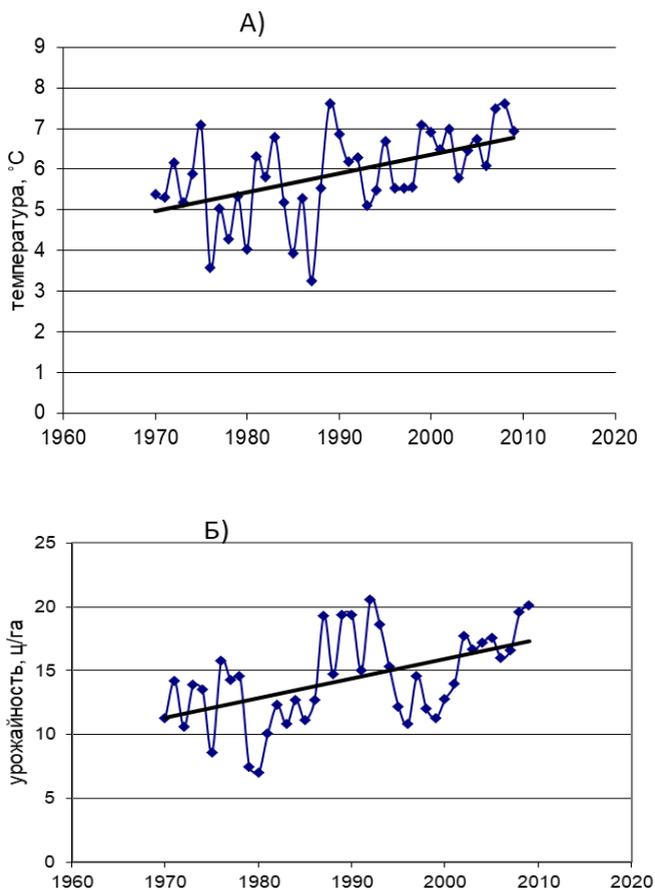


Рис. 1. Тренды среднегодовых температур (А) и урожайности зерновых (Б) за период 1970-2010 гг. по Брянской области

Таким образом, изменение климатических показателей вступает в противоречие с сокращением посевных площадей. Фактически в центральных районах Европейской части России произошло смещение природных зон на север (рис. 2). Так, максимальные приросты нормальной, выровненной урожайности зерновых культур за период теплого тренда наблюдаются в агроландшафтах лесостепной зоны, зоны широколист-

венных лесов и южной части зоны хвойно-широколиственных лесов (Брянская, Калужская, Воронежская, Орловская, Тульская, Рязанская, Тамбовская области и др.) (рис. 3).

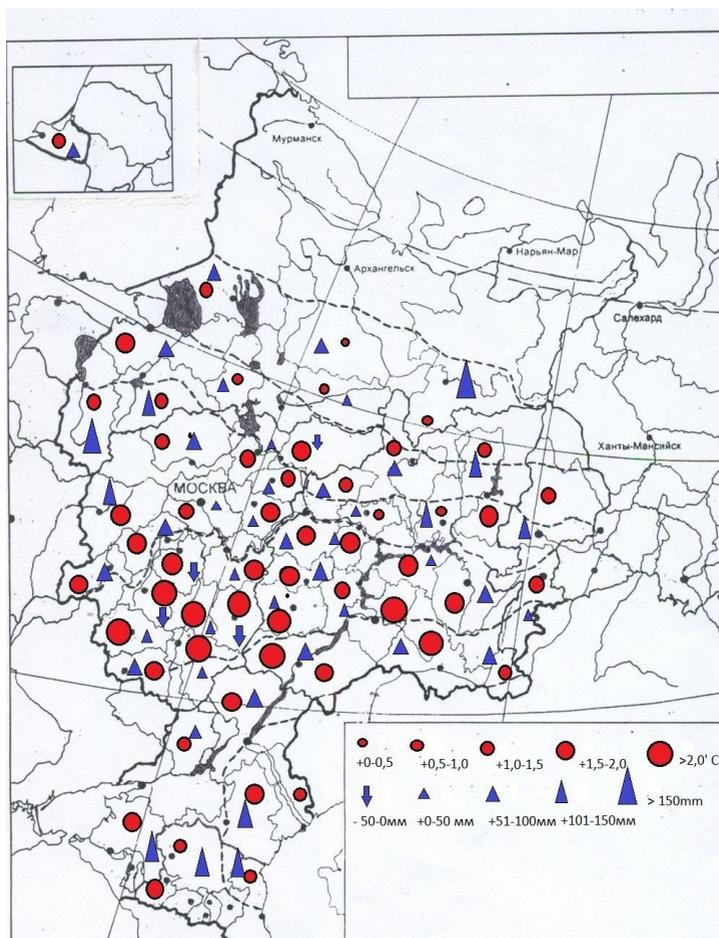


Рис. 2. Изменение среднегодовых температур и количества осадков в регионах европейской России за период с 1970 по 2018 гг.

В этих регионах приросты урожайности составляют от 50 до 100%. В то же время в этих регионах вывели из оборота порядка 16 млн га пахотных земель. В агроландшафтах степных традиционно зернопроизводящих регионов (Кубань, Ростовская, Белгородская, Волгоградская области и Ставрополье) приросты урожайности несколько ниже за счет более высокой предшествующей базовой урожайности и неочевидной для роста

урожайности динамики климатических показателей. Устойчивое сельскохозяйственное землепользование в условиях потепления климата предполагает проведение целенаправленной агроэкологической адаптации агроландшафтов к изменению климатических показателей. Это оптимизация структуры угодий, площади и структуры посевов, возвращение в оборот заброшенных земель или напротив, естественное развитие постаграрных земель.

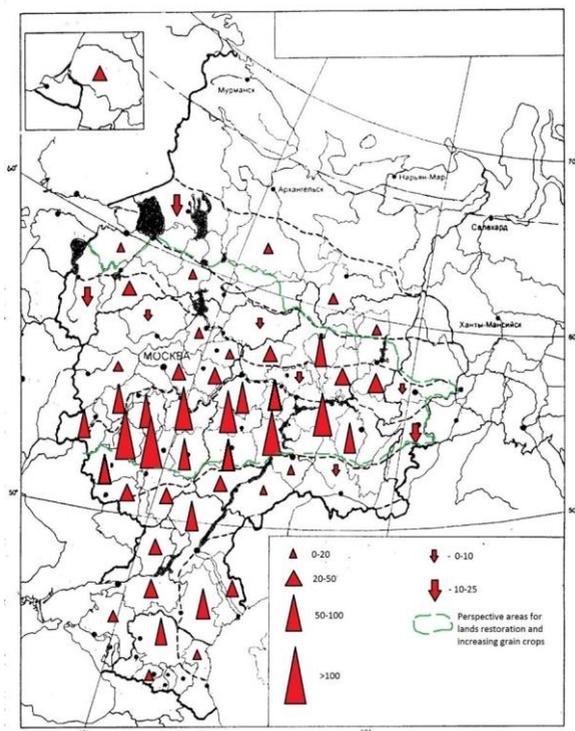


Рис. 3. Относительные приросты нормальной урожайности зерновых культур в регионах Европейской России за период с 1970 по 2018 гг. (%)

Направления адаптации природопользования. В целом, необходимо продвижение товарного растениеводства на север, в частности, расширение посевов зерновых культур в агроландшафтах зон широколиственных и хвойно-широколиственных лесов за счет выбывших из оборота земель.

В степных агроландшафтах, где потенциалы свободных земель и естественного плодородия почв уже исчерпаны, целесообразна диверси-

фикация посевов, увеличение доли многолетних трав. В сухостепных регионах Заволжья и Южного Урала, целесообразно увеличение доли естественных кормовых угодий с естественным восстановлением степной растительности.

В агроландшафтах северной части Нечерноземья с максимальным сокращением посевов целесообразно возвращение в оборот только лучших земель с развитием кормопроизводства. Значительные площади неизбежно останутся в стадии естественного постаграрного развития с лесохозяйственными, рекреационными и экологическими функциями.

В целом на территории Европейской части России целесообразно возвращение в оборот 40-50% земель (15-16 млн га) в регионах с благоприятным климатическим трендом.

Информационные источники

1. Мухин, Г. Д. Эколого-экономическая оценка трансформации сельскохозяйственных земель Европейской территории России в 1990-2009 гг. / Г. Д. Мухин // Вестник Московского университета. Серия 5, география. – 2012. – № 5. – С. 19-28.
2. Мухин, Г. Д. Климатические изменения и сельскохозяйственное землепользование: проблемы и перспективы / Г. Д. Мухин // Рациональное природопользование: традиции и инновации. – М. : Географический факультет МГУ, 2013. – С. 80-84.
3. Мухин, Г. Д. Климатические изменения и динамика посевных площадей в агроландшафтах европейской территории России / Г. Д. Мухин // Proceedings of International Conference «Landscape Dimensions of Sustainable Development: Science – Planning – Governance». – Tbilisi : Ivane Javakishvili Tbilisi State University, 2017. – С. 363-371.
4. Мухин, Г. Д. Влияние климатических изменений на продуктивность сельскохозяйственных культур территории Кировской области / Г. Д. Мухин, Н. Б. Леонова // Региональные эффекты глобальных изменений климата. – Воронеж : Научная книга, 2012. – С. 422-426.
5. Соловьев, А. Н. Биота и климат в XX-м столетии. Региональная фенология / А. Н. Соловьев ; РАСХН. – М. : Пасья, 2005. – 288 с.
6. Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири / под ред. Н. С. Касимова, А. В. Кислова. – М. : Макс-Пресс, 2011. – 493 с.

Шардаков Алибек Какимуллович,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Геоэкология и инженерная геология», Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, г. Саратов, Россия; shardakov.alibek@mail.ru

Ревзин Станислав Рувимович,

кандидат экономических наук, доцент кафедры «Геоэкология и инженерная геология» Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, г. Саратов, Россия; revzin@inbox.ru

**ОСОБЕННОСТИ АГРОЛЕСОЛАНДШАФТОВ
НА ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лесопастбищные угодья; агролесоландшафты; опустынивание; солнечная энергия.

АННОТАЦИЯ. В представленной статье обосновывается технология устойчивого лесоаграрного природопользования, экологически безопасными методами, путем создания агролесоландшафтов в виде небольших лесопастбищных систем.

Alibek K. Shardakov,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Department of Geoecology and Engineering Geology, Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov, Russia

Stanislav R. Revzin,

Candidate of Economics, Associate Professor of Department of Geoecology and Engineering Geology, Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov, Russia

**FEATURES OF AGROFORESTRY LANDSCAPES
IN THE LOWER VOLGA REGION**

KEYWORDS: forest-pasture lands; agroforestry landscapes; desertification; solar energy.

ABSTRACT. The article substantiates the technology of sustainable forest-agrarian nature management, using environmentally safe methods, by creating agro-forest landscapes in the form of small forest-pasture systems.

Процессы опустынивания и деградации пастбищных угодий приобретают повсеместное распространение особенно на территории Нижнего Поволжья. Одной из причин стала неадаптированная антропогенная деятельность, связанная с интенсивной распашкой земель, уничтожением древесно-кустарниковой растительности, перевыпасом и другими техногенными процессами [1]. И такое положение дел заставляет задуматься о решении этой угрожающей проблемы.

Улучшение обстановки на данной территории можно добиться с помощью растений, т. е. фитомелиорации. Основная цель фитомелиорации – это создание устойчивых лесопастбищных угодий на землях подверженных дефляции, и превращение их в полноценные, устойчивые к ветровой эрозии угодья.

Агролесомелиоративные насаждения являются экологическим каркасом агроландшафта.

Наибольший интерес в области лесо- и фитомелиорации пастбищ представляют работы таких выдающихся исследователей как: В. И. Петров, Т. Ф. Якубов, В. А. Николаев, А. А. Вакулина, Ю. М. Маслов, Н. Ф. Кулик, В. Н. Виноградов, А. С. Манаенков, Ф. М. Касьянов, Е. С. Павловский, К. Н. Кулик, А. Н. Кузин.

В данный момент к данной проблеме необходим новый современный подход т. к. значительно изменилась агроэкологическая обстановка: усилилась региональная засушливость климата, снизилась антропогенная нагрузка на пастбища, резко уменьшилось количество вносимых минеральных удобрений, применение ядохимикатов, пестицидов, гербицидов. В данной ситуации действие защитных лесных насаждений (ЗЛН) должны увеличиваться, так как свойства фитомелиорации характеризуются не только долговечностью, но и стабильностью воздействия на окружающую среду.

В засушливых регионах (сухой степи и полупустыне) выращивание эффективных ЗЛН на больших сельскохозяйственных территориях требует очень больших финансовых затрат, на фоне большого срока окупаемости [2].

И вот уже на протяжении долгого времени продолжается попытка внедрения древесно-кустарниковой растительности в жесткие условия местопроизрастания аридных регионов России. Разработанная на данный момент методика по подбору засухоустойчивых лесных пород, способы смешения и посадки, соответствующие агротехнические и лесоводственные приемы не всегда обеспечивают долгий срок на исконно безлесных территориях. [3].

Аридные пастбища Юго-востока России по природно-климатическим характеристикам подходят для пастбищного содержания животных. Здесь расположена основная масса животноводческих хозяйств. Однако за последние 10-20 лет поголовье овец на каждые 100 га сельскохозяйственных угодий резко сократилось и причиной тому послужило не только экономический кризис в стране, но и сильная деградация пастбищ. В задачи дальнейшего перспективного развития животноводства в данном районе, входит неотложное и скорейшее восстановление и коренное улучшение деградированных пастбищных угодий методами фитомелиорации.

Сохранение и восстановление природных экосистем – это эффективнейший способ повышения продуктивности природных сенокосов и пастбищ. В данной работе авторы ставили перед собой цель анализ методов по повышению продуктивности лесоаграрного природопользования, экологически безопасными методами.

Исследованиями ряда ученых установлено, что лесопастбищные угодья благоприятно влияют на микроклимат территории расположения, которое выражается в изменении влияния солнечного излучения, соответственно теплового баланса и снижения ветра. Под защитой лесных полос улучшается микроклимат, снижается скорость ветра и происходит равномерное распределение снега.

Снижение солнечной радиации связано, в частности, с задерживанием радиации кронами древесно-кустарниковой растительности. Особенности микроклимата в среде древесно-кустарниковой растительности в значительной мере связаны с условиями пропускания прямой солнечной радиации кронами растительности [5].

Для подтверждения наших выводов проводились соответствующие исследования (табл. 1).

На исследуемой территории мы можем наблюдать значительное изменение температуры приземного слоя воздуха, спровоцированное тем, что кроны деревьев и кустарников являются мощным экраном, резко сокращающим приход прямой солнечной радиации к поверхности почвы.

В созданных агролесоландшафтах происходит изменение радиационного баланса солнечной энергии и связано это с задерживанием прямой солнечной радиации древесным пологом лесопастбищ.

Таблица 1

Температура воздуха на высоте 1,3 м в зависимости от времени суток

Время суток, (часы)	Место наблюдения							
	не мелиорированное пастбище				лесопастбищное угодье			
	1 повтор	2 повтор	3 повтор	среднее значение	1 повтор	2 повтор	3 повтор	среднее значение
9	11,8	11,7	11,9	11,80	13,3	13,2	13,3	13,27
11	26,3	26,5	26,1	26,3	16,7	16,8	16,3	16,60
13	23,9	22,7	25,4	23,93	18,7	18,3	18,4	18,47
15	21,4	21,3	21,3	21,33	18	18	18,4	18,13
17	18,3	18,4	18,3	18,33	17,7	17,4	17,5	17,53
19	16,2	16	18	16,73	16,3	16,1	16	16,13
21	15,1	14,1	16,1	15,10	15	15,4	15	15,13

Максимальные значения этих величин приходятся на 13-15 ч. Снижение температуры воздуха происходит несколько медленнее, чем снижение интенсивности радиации, так как температура приземного слоя воздуха поддерживается за счет нагревшейся в течение дня поверхности земли, а также за счет уменьшения теплообмена в приземном слое воздуха в связи с изменением ветрового режима территории лесопастбищ.

Анализ полученных данных подтверждают данные других ученых о том, что древесный полог мелиорированного пастбища создает значительную механическую преграду на пути движения воздушных масс, вследствие чего не только уменьшается скоростной режим воздушных масс вблизи лесопастбищ. Уменьшение скорости ветра и вертикального движения воздуха в лесной местности уменьшает теплообмен в поверхностном воздушном слое, что затрудняет нагрев в течение дня, а ночью – охлаждение поверхностных слоев почвы и поверхностного воздушного слоя. Таким образом, за счет снижения интенсивности прямой солнечной радиации и регулирования ветрового режима на территории лесопастбищных угодий происходит уменьшение суточной амплитуды температурных колебаний [4].

Нижние слои воздуха обогащаются водяными парами за счет испарения влаги почвой и растительностью: чем спокойнее воздух, тем больше скапливается в нем водяных паров. Это повышает водообеспеченность растительности лесопастбища и положительно сказывается на ее биологической устойчивости и урожайности.

Таким образом, для предотвращения процессов опустынивания и деградации почв необходимо создавать высокопродуктивные комплексы защитных лесных насаждений создавая тем самым новый тип ландшафта – агролесоландшафт.

Информационные источники

1. Крючков, С. Н. Лесоразведение в засушливых условиях / С. Н. Крючков, Г. Я. Маттис. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2014. – 300 с.
2. Манаенков, А. С. Лесомелиорация арен засушливой зоны / А. С. Манаенков. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2014. – 420 с.
3. Халилов, Ш. А. Экологическая оптимизация агроландшафтов в аридной зоне Юго-Востока России / Ш. А. Халилов, А. К. Шардаков // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 10. – С. 41-45.
4. Шардаков, А. К. Мелиорация агроландшафтов как государственное мероприятие землеустройства засушливых территорий Прикаспия / А. К. Шардаков, А. П. Исаченко, И. А. Яшков // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2018. – № 2 (157). – С. 28-33.
5. Шардаков, А. К. Лесомелиоративное освоение полупустынных территорий Прикаспия / А. К. Шардаков, Е. П. Эрдниев // Вестник Алтайского государственного университета. – 2011. – № 3. – С. 86-91.

Секция 6
«Региональные закономерности динамики
и функционирования ландшафтов»

УДК 551.843:574.34:595.76:598.2:502.4

DOI: 10.26170/KFG-2021-38

Ананин Александр Афанасьевич,

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Заповедное Подлеморье, п. Усть-Баргузин, Республика Бурятия; Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия; a_ananin@mail.ru

Ананина Татьяна Львовна,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Заповедное Подлеморье, п. Усть-Баргузин, Республика Бурятия; Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия; t.l.ananina@mail.ru

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
НА ДОЛГОВРЕМЕННУЮ ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ
МОДЕЛЬНЫХ ГРУПП ЖИВОТНЫХ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: птицы; жужелицы; животные; климат; изменения климата; климатические изменения; динамика численности; модельные группы животных; заповедники.

АННОТАЦИЯ. Собственные долговременные наблюдения авторов за динамикой численности птиц и жужелиц на высотных выделах западного макросклона Баргузинского хребта (от побережья озера Байкал до гольцов) выполняются с 1984 и 1988 гг. по настоящее время. Анализ результатов долговременного орнитологического и энтомологического мониторинга фоновых видов выявил динамические изменения численности на ключевом участке и в отдельных высотных выделах. Основной причиной таких флуктуаций и трендов считаются климатические изменения. С середины 1990-х гг. продолжается тенденция снижения обилия населения птиц и жужелиц, связанная с аридной фазой климатического цикла в Забайкалье.

Alexander A. Ananin,

Doctor of Biology, Leading Researcher, Zapovednoe Podlemorye, Ust-Barguzin, Republic of Buryatia; Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Tatyana L. Ananina,

Candidate of Biology, Senior Researcher, Zapovednoe Podlemorye, Ust-Barguzin, Republic of Buryatia; Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia

THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON THE LONG-TERM DYNAMICS OF THE NUMBER OF MODEL ANIMAL GROUPS IN MOUNTAIN CONDITIONS

KEYWORDS: birds; ground beetles; animals; climate; climate change; climate change; population dynamics; model groups of animals; nature reserves.

ABSTRACT. Long-term observations of the dynamics of the number of birds and ground beetles in the high-altitude belts of the western macroslope in the Barguzinsky ridge (from the coast of Lake Baikal to the loaches) have been carried out from 1984 and 1988 to the present. Analysis of the results of long-term ornithological monitoring revealed changes in the number of individual species and population in the key site and in separate high-altitude belts. The climatic changes are the main reason for such fluctuations and trends. Since the mid-1990s, a downward trend in the total population of birds and ground beetles has been recorded, associated with the arid phase of the climatic cycle in Transbaikalia.

Долговременный мониторинг осуществляется в целях необходимости сохранения видового разнообразия объектов животного мира как составной части экосистем, а также для выявления изменений в популяциях и сообществах как индикаторов нарушений в функционировании экосистем.

Долговременные исследования модельных групп животных: птиц и жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) были организованы и выполнены в Северо-Восточном Прибайкалье на территории Баргузинского государственного природного биосферного заповедника им. К.А. Забелина (54°01'–54°56'с.ш., 109°28'–110°22'в.д.), который входит в состав Участка Всемирного природного наследия ЮНЕСКО [1; 4; 5]. Территория заповедника может рассматриваться как эталонная для выявления ответов биоты на глобальные изменения среды и климата [3].

Программа орнитологического мониторинга включает ежегодную оценку и анализ долговременных изменений фенологии миграций, численности видов в гнездовой и зимний периоды, структуры населения и их пространственного распределения, а также исследования фауны. Отслеживание динамики видового состава птиц позволяет сделать выводы об изменении ареалов птиц под влиянием трансформации условий окружающей среды. Общее число видов птиц, зарегистрированных на территории Баргузинского заповедника – 290 [3]. Программа энтомологического мониторинга включает исследования по фенологии и видовому составу основных групп насекомых. На примере семейства жуужелиц проводится анализ биотопического распределения, демографической, морфометрической структуры, долговременных изменений численности. Карабидофауна заповедника насчитывает 152 вида [6].

На территории заповедника, по данным восьмисрочной метеостанции «Баргузинский заповедник», за последние 65 лет наблюдается

существенное повышение среднегодовых температур воздуха при практически стационарном уровне атмосферных осадков (рис. 1А-Б).

Рост среднегодовых температур достаточно отчетливо прослеживается с середины 70-х гг. XX века, самый высокий показатель среднегодовой температуры фиксировался в 2020 г. ($-0,9^{\circ}$, при среднемноголетней $-3,3^{\circ}$). Климат на Байкале становится теплее и суше [10].

Количественные учеты птиц в гнездовой период (1984-2020 гг.) и жужелиц в течение периода их активности (1988-2020 гг.) осуществлялись в срединной части Баргузинского хребта в долине р. Давше. Высотный тридцатикилометровый трансект (470-1700 м над ур. м.) пересекает все высотные пояса растительности – байкальские террасы, предгорный, горнолесной (нижнюю и верхнюю части), подгольцовый и гольцовый (высокогорье). Обилие птиц рассчитано по методу Ю. С. Равкина [8], учет жужелиц проводился стандартными почвенными ловушками С. Ю. Грюнталь [7].

Реакция сообществ на изменчивость климата является суммарным итогом реакцией отдельных видов [9]. Из 60 включенных в анализ видов птиц, регулярно встречающихся на ключевом участке, статистически достоверная тенденция ($p < 0,05$) увеличения обилия (положительный тренд, рассчитанный как коэффициент ранговой корреляции многолетних изменений плотности гнездования с временным рядом) обнаружена у 10 видов. Статистически значимая тенденция сокращения обилия ($p < 0,05$) зафиксирована для 18 видов. Еще у 32 видов статистически существенные тренды не проявились.

Из 28 включенных в анализ фоновых видов жужелиц статистически значимые тренды ($p < 0,05$), характеризующие повышение численности, отмечены для 8 видов, снижения численности – 9 видов, и численность оставалась стабильной (тренд отсутствовал) – у 11 видов.

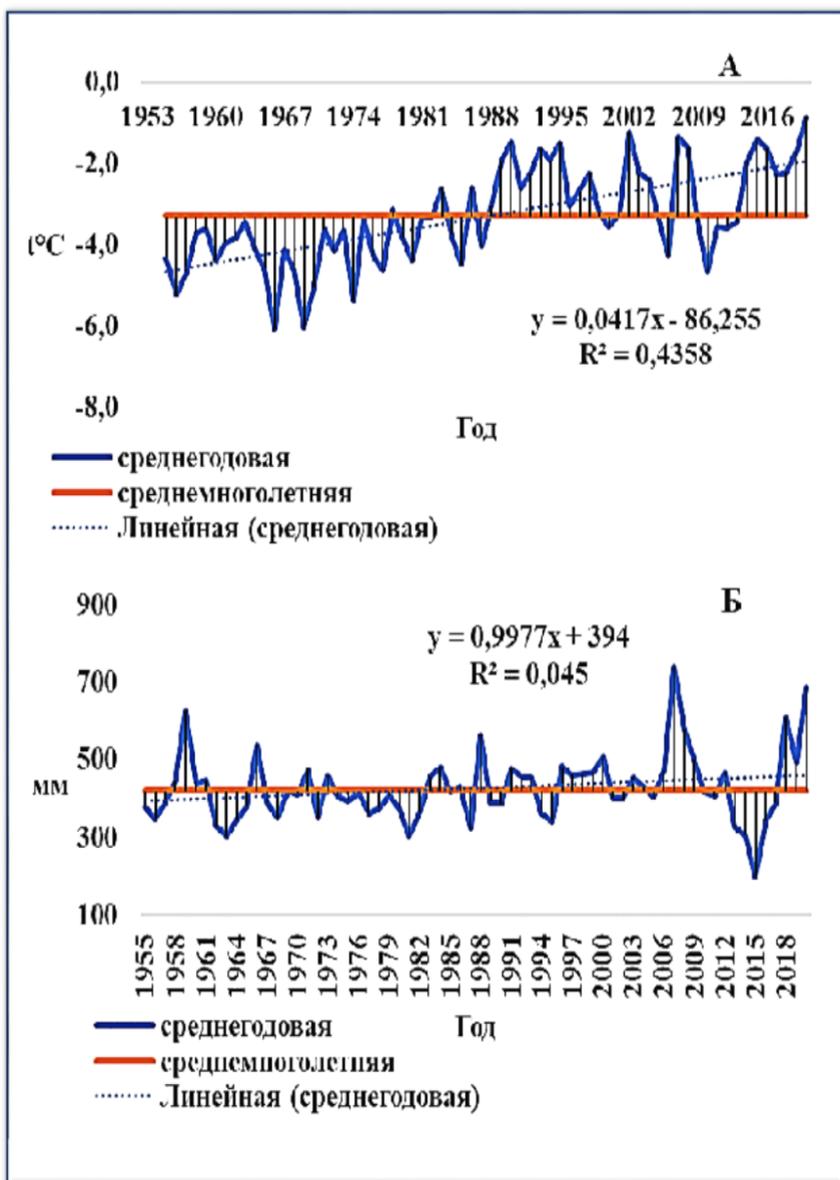


Рис. 1. Изменения среднегодовых температур воздуха (А) и уровня годовых осадков (Б) в 1955-2020 гг. в Северо-Восточном Прибайкалье

Выявлены долговременные тренды обилия населения птиц и жужелиц как на всем трансекте, так и в различных высотных выделах (рис. 2, 3).

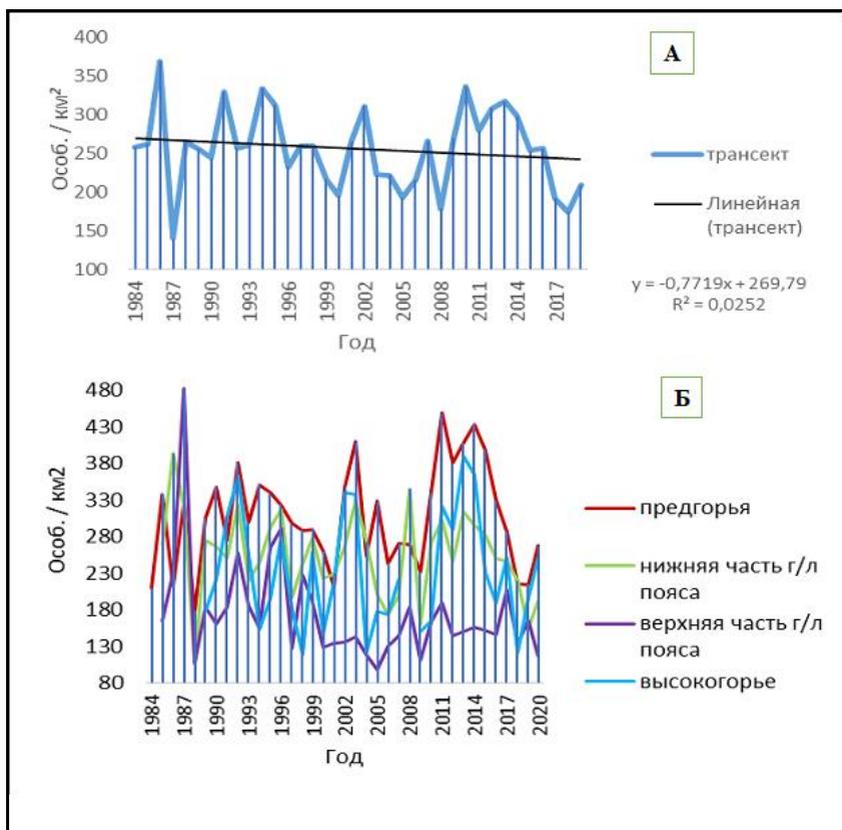


Рис. 2. Изменения численности птиц в высотных выделах Баргузинского хребта в 1984-2020 гг.

Установлены статистически значимые связи многолетних изменений гнездового обилия птиц высотно-поясных выделов ключевого участка с погодно-климатическими параметрами и фенологическими сроками весны текущего года [2]. Средняя скорость сокращения обилия птиц на ключевом участке за 37-летний период – 7,7 особ./км² за 10 лет.

За тридцатитрехлетний период статистически достоверные тренды увеличения численности жужелиц обнаружены в нижних отделах высотного трансекта – на байкальских террасах и в предгорных местообитаниях. Значимое снижение численности карабид характерно для нижней и верхней части горнолесного пояса, высокогорья и, обобщенно, для всех

отделов трансекта (рис. 3). Средняя скорость сокращения численности жужелиц на ключевом участке за период наблюдений – 5,5 экз. на 100 ловушко-суток за десятилетие.

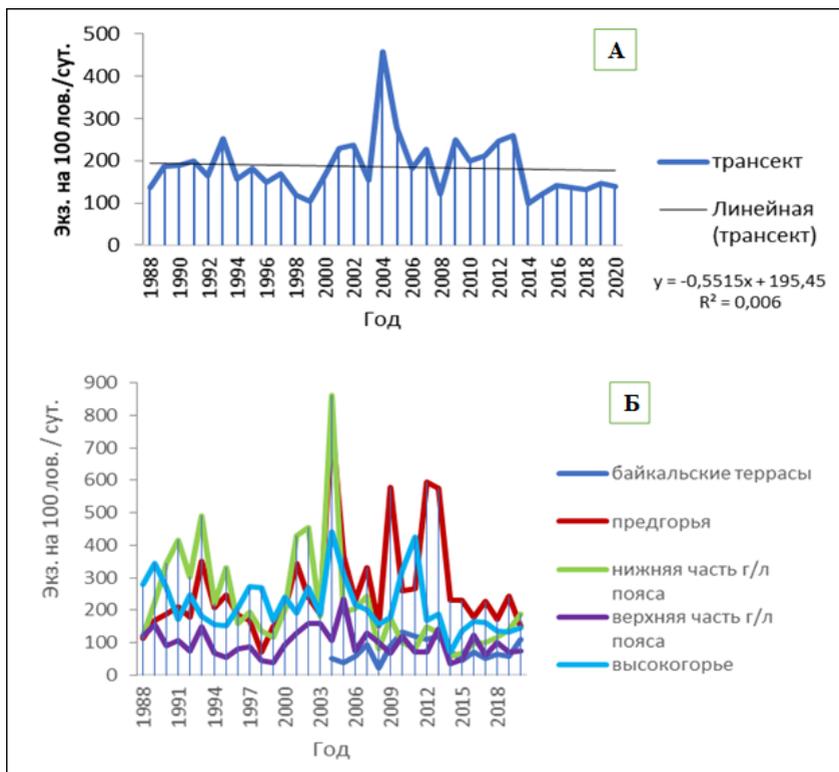


Рис. 3. Изменения численности жужелиц в высотных выделах Баргузинского хребта в 1988-2020 гг.

В целом по ключевому участку в населении и птиц, и жужелиц, с середины 1990-х гг. продолжается тенденция к снижению численности, связанная с выраженной тепло-сухой (аридной) фазой долговременного климатического цикла в Забайкалье. В настоящее время присутствуют все предпосылки для перехода к прохладно-влажной (гумидной) фазе этого цикла, при которой нами прогнозируется повышение плотности населения птиц и жужелиц как на ключевом участке, так и в отдельных высотных выделах территории Баргузинского заповедника [3].

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ «Заповедное Подлеморье», а также при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных научных исследований (ФНИ) государ-

Информационные источники

1. Ананин, А. А. Птицы Северного Прибайкалья: динамика и особенности формирования населения / А. А. Ананин. – Улан-Удэ : Изд-во Бурятского государственного университета, 2010. – 296 с.
2. Ананин, А. А. Влияние изменений климата на население птиц горно-таежных лесов западного макросклона Баргузинского хребта / А. А. Ананин // Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития : матер. Междунар. конф. Т. 1. – Улан-Батор, 2015. – С. 280-283.
3. Ананин, А. А. Формирование и анализ долговременных рядов наблюдений за населением птиц на ключевых участках как метод изучения биоразнообразия / А. А. Ананин // Сибирский экологический журнал. – 2020. – № 4. – С. 479-490. – DOI: 10.15372/SEJ20200406.
4. Ананин, А. А., Ананина Т.Л. Использование катенного метода в энтомологических и орнитологических исследованиях (на примере западного макросклона Баргузинского хребта) / А. А. Ананин, Т. Л. Ананина // География и природные ресурсы. – 2013. – № 1. – С. 43-49.
5. Ананина, Т. Л. Динамика численности жуужелиц в горных условиях Северо-Восточного Прибайкалья / Т. Л. Ананина. – Улан-Удэ : Изд-во Бурятского государственного университета, 2010. – 136 с.
6. Ананина, Т. Л. Особенности локальных фаун жуужелиц (Carabidae, Coleoptera) Восточного Прибайкалья / Т. Л. Ананина // Труды Русского энтомологического общества. – 2020. – Т. 91. – С. 87-107. – DOI: 10.47640/1605-7678_2021_91_87.
7. Грюнталь, С. Ю. К методике количественного учета жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) / С. Ю. Грюнталь // Энтомологическое обозрение. – 1982. – Т. 61, вып. 1. – С. 201-205.
8. Равкин, Ю. С. К методике учета птиц в лесных ландшафтах / Ю. С. Равкин // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. – Новосибирск : Наука, 1967. – С. 66-75.
9. Чернов, Ю. И. Экология и биогеография. Избранные работы / Ю. И. Чернов. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 580 с.
10. Ananina, T. L. Long-term Climatic Changes in the Northeastern Baikal Region (Russia) / T. L. Ananina, A. A. Ananin // Journal of Atmospheric Science Research. – 2020. – Vol. 3 (4). – P. 10-15. – DOI: doi.org/10.30564/jasr.v3i4.2255.

Быков Николай Иванович,

кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия; nikolai_bykov@mail.ru

Сабаев Артем Александрович,

аспирант, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия; artsabaev@outlook.com

СЕЗОНЫ И ФЕНОФАЗЫ ГОДА В ЛАНДШАФТАХ ТИГИРЕКСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА (АЛТАЙ)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: климат; ландшафты; заповедники; фенофазы; метеорология; метеорологические наблюдения.

АННОТАЦИЯ. В статье приведены результаты расчетов продолжительности фенофаз года в ландшафтах Тигирекского государственного заповедника на уровне их подтипов. В основу расчетов положены метеорологические наблюдения температуры воздуха на высотах 480 и 1530 м над уровнем моря и интерполяция их значений на другие высотные уровни. Установлены ландшафтные различия продолжительности фенофаз в зависимости от макросклона Тигирекского хребта, а также их внутриландшафтные вариации.

Nikolay I. Bykov,

Candidate of Geography, Associate Professor, Senior Researcher, Institute of Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia

Artem A. Sabaev,

Postgraduate Student, Institute of Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia

SEASONS AND PHENOPHASES OF THE YEAR IN LANDSCAPES OF THE TIGIREK STATE RESERVE (ALTAI)

KEYWORDS: climate; landscapes; reserves; phenophase; meteorology; meteorological observations.

ABSTRACT. The article presents the results of calculating the duration of the phenophases of the year in the landscapes of the Tigirek State Reserve at the level of their subtypes. The calculations are based on meteorological observations of air temperature at altitudes of 480 and 1530 m above sea level and interpolation of their values to other altitude levels. Landscape differences in the duration of phenophases depending on the macroslope of the Tigirek ridge, as well as their intra-landscape variations, have been established.

Тигирекский государственный заповедник, созданный в 1999 г., расположен на Алтае в пределах северного края Тигирекского хребта в бассейнах рек Иня и Белая (притоки Чарыша) и Алей. Ландшафты заповедника относятся к классу горных [7]. Их подклассы представлены низко

Главным критерием для выделения фенофаз при этом являлся переход температуры воздуха через определенные ее значения [6]. Вместе с тем, из-за того, что зимний сезон начинается в одном календарном году, а заканчивается в другом, как и фаза морозной зимы, которая к тому же может быть либо в одном, либо в другом календарном году, то сумма продолжительности всех фаз не совпадает с числом дней в году. Однако это позволяет сравнивать изменчивость фаз по высотным уровням и ландшафтам заповедника.

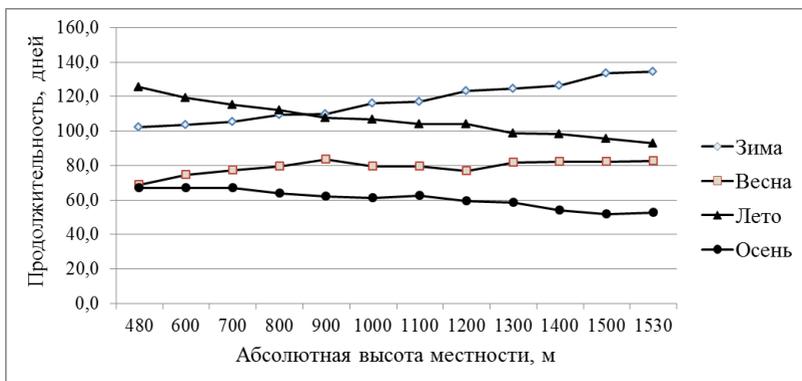


Рис. 2. Распределение средней продолжительности сезонов года за период 2012-2017 гг. по высотным уровням в Тигирекском государственном заповеднике

Анализ высотного распределения сезонов года свидетельствует о том, что по мере продвижения вверх увеличивается продолжительность зимы и весны и уменьшается – лета и осени (рис. 2). Зима при увеличении высоты местности на 1 км длится примерно на 32 дня дольше, а весна – на 16 дней. Такое же увеличение абсолютной высоты местности уменьшает продолжительность лета почти на 33 дня, а осени – на 6 дней.

Ситуация с фенофазами более сложная. Наиболее трудно выделяются фазы морозной зимы и полного лета на верхних уровнях заповедника. В отдельные годы температуры воздуха опускаются ниже значения -15°C всего на 1-2 дня. При этом это может происходить неоднократно, что затрудняет выделение временной границы фазы. Подобная картина характерна и для фазы полного лета. При этом в целом продолжительность фазы морозной зимы и полного лета (особенно значительно) с высотой уменьшается. Напротив продолжительность фаз первозимья и спада зимы с высотой увеличивается.

Также четко отмечается уменьшение продолжительности предлетья, спада лета и начала осени с высотой. У остальных фаз высотная вариация продолжительности выражена не так четко.

Таблица 1

Средняя продолжительность (число дней) фенофаз в ландшафтах
Тигирекского государственного заповедника за 2012-2017 гг.

Подтип ландшафтов	Высота местности, м	Зима			Весна			Лето			Осень		
		Первозимье	Морозная зима	Спад зимы	Снеготаяние	Послезимье	Предлетье	Начало лета	Полное лето	Спад лета	Начало осени	Глубокая осень	Предзимье
D-III-III	480	56,8	30,6	15,0	17,8	18,2	32,8	26,7	67,2	31,8	27,8	18,7	20,3
	620	58,0	28,6	17,2	16,7	19,7	38,0	20,3	64,8	34,0	26,2	19,2	21,5
C-IV-I	620	58,0	28,6	17,2	16,7	19,7	38,0	20,3	64,8	34,0	26,2	19,2	21,5
	800	63,6	26,8	19,0	17,3	18,8	43,2	19,8	57,3	34,8	20,5	23,5	19,8
C-III-III	700	60,4	26,6	18,2	16,2	20,3	40,7	22,3	57,8	34,8	20,7	25,5	20,7
	800	63,6	26,8	19,0	17,3	18,8	43,2	19,8	57,3	34,8	20,5	23,5	19,8
C-III-II	700	60,4	26,6	18,2	16,2	20,3	40,7	22,3	57,8	34,8	20,7	25,5	20,7
	800	63,6	26,8	19,0	17,3	18,8	43,2	19,8	57,3	34,8	20,5	23,5	19,8
B-III-I северный макросклон	600	58,0	28,6	17,2	16,7	19,7	38,0	20,3	64,8	34,0	26,2	19,2	21,5
	1300	72,6	20,2	31,8	19,3	27,2	35,2	26,8	20,8	51,2	11,2	24,8	22,3
B-III-I южный макросклон	800	63,6	26,8	19,0	17,3	18,8	43,2	19,8	57,3	34,8	20,5	23,5	19,8
	1500	74,6	20,2	38,7	19,3	35,3	27,7	28,3	13,3	53,8	11,0	14,3	26,3
B-II-II северный макросклон	1300	72,6	20,2	31,8	19,3	27,2	35,2	26,8	20,8	51,2	11,2	24,8	22,3
	1530	74,6	20,2	39,5	18,7	37,7	26,3	27,2	13,3	52,5	10,3	16,3	26,2
B-II-II южный макросклон	1500	74,6	20,2	38,7	19,3	35,3	27,7	28,3	13,3	53,8	11,0	14,3	26,3
	1530	74,6	20,2	39,5	18,7	37,7	26,3	27,2	13,3	52,5	10,3	16,3	26,2

Вариации продолжительности фаз в пределах ландшафтов в основном зависят от ширины высотного диапазона ландшафта и его экспозиции. Например, в межгорно-котловинных ландшафтах, занимающих небольшой высотный диапазон, фазы варьируют в пределах 1-3 дней (исключение составляет предлетье – 5 дней). А у среднегорных горно-таежных ландшафтов (В-III-I), которые простираются от 560 до 1330 м (на северном макросклоне) над уровнем моря, разница продолжительности фаз на их нижней и верхней границах может достигать 44 дней (табл. 1). На нижних пределах ландшафтов, по сравнению с верхними, продолжительнее морозная зима, предлетье, полное лето, начало и, иногда, глубокая осень. Фазы спада зимы, снеготаяния, послезимья, начала лета, спада лета, предзимья и, иногда, глубокой осени продолжительнее на верхних пределах ландшафтов.

Разница наступлений фаз между верхними и нижними пределами среднегорных горно-таежных ландшафтов (В-III-I) на северном макросклоне составляет 11,7 дней, а на южном макросклоне – 14 дней. Фазы морозной зимы, снеготаяния, начало осени и первозимья медленнее распространяются от нижнего предела до верхнего (или наоборот) на северном макросклоне. На южном медленнее распространяются фазы спада зимы, послезимья, предлетья, глубокой осени и предзимья (табл. 1).

Вместе с тем, следует отметить, что фенофазы рассчитаны на основе интерполяции значений температуры воздуха на северном макросклоне. Реальная картина сложнее. Во-первых, это связано с неравномерным распределением солнечной радиации на склонах разной экспозиции и различными уклонами поверхности. Происходит также неравномерное распределение снежного покрова вследствие его метелевого переноса в среднегорных подгольцово-субальпийских ландшафтах (II-II). Это приводит к формированию в пределах северных склонов данных ландшафтов снежников, а в отдельные годы и снежников-перелетков [1], которые можно назвать «фенологическим плюсом» данной территории. На противоположном «плюсе» находятся склоны южной экспозиции межгорно-котловинных подтаежных ландшафтов (D-III-III). Их низкая абсолютная высота над уровнем моря, положение в барьерной тени Тигирецкого хребта и южная экспозиция обуславливают более благоприятный тепловой режим и короткий период залегания снежного покрова.

Таким образом, вариации продолжительности климатических фаз в подтипах ландшафтов заповедника определяются высотным положением ландшафтов, в том числе диапазоном высот между их нижними и верхними пределами, экспозицией локальных склонов и макросклонов, а также характером атмосферной циркуляции в конкретную фазу.

Исследование выполнено при поддержке Русского географического общества (проект 46376), а также в рамках государственного задания

ИВЭП СО РАН «Природные и природно-хозяйственные системы Сибири в условиях современных вызовов: диагностика состояний, адаптивные возможности, потенциал экосистемных услуг» (№ 0306-2021-0007).

Информационные источники

1. Быков, Н. И. Снежники и лавиносорбы Тигирекского заповедника / Н. И. Быков, Е. А. Давыдов // Горные экосистемы Южной Сибири: изучение, охрана и рациональное природопользование. Труды Тигирекского заповедника. – 2015. – Вып. 7. – С. 12-19.
2. Быков, Н. И. Температурный режим атмосферы в Тигирекском заповеднике по данным инструментальных наблюдений / Н. И. Быков, А. А. Сабаев, Е. А. Давыдов // Труды Тигирекского заповедника. Вып. 11. – Барнаул, 2019. – С. 43-49.
3. Быков, Н. И. Метеорологические и фенологические наблюдения в Тигирекском государственном заповеднике / Н. И. Быков, А. А. Сабаев, Е. А. Давыдов, Е. Н. Бочкарева // Природопользование и охрана природы: Охрана памятников природы, биологического и ландшафтного разнообразия Томского Приобья и других регионов России : материалы IX Всероссийской с международным участием научно-практической конференции / под ред. Н. М. Семеновой. – Томск : Издательство Томского государственного университета, 2020. – С. 148-151.
4. Быков, Н. И. Годовой ход температуры воздуха у земной поверхности и верхнего слоя почвы в Тигирекском заповеднике / Н. И. Быков, А. А. Сабаев, Е. А. Давыдов // Труды Тигирекского заповедника. Вып. 12. – Барнаул, 2020. – С. 11-17.
5. Сабаев, А. А. Некоторые результаты метеорологических наблюдений в Тигирекском заповеднике / А. А. Сабаев, Н. И. Быков, Е. А. Давыдов // Трансграничные регионы в условиях глобальных изменений: современные вызовы и перспективы развития : материалы международной научно-практической конференции (26-28 ноября 2019 г.). – Горно-Алтайск : БИЦ ГАГУ, 2019. – С. 140-143.
6. Харламова, Н. Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула / Н. Ф. Харламова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Барнаул : Изд-во Алтайского ун-та, 2013. – 132 с.
7. Черных, Д. В. Ландшафты Алтая (Республика Алтай и Алтайский край) Карта М-1:500000 / Д. В. Черных, Г. С. Самойлова. – Новосибирск : ФГУП Новосибирская картографическая фабрика, 2011.

Возьмитель Константин Анатольевич,
старший государственный инспектор в области охраны окружающей среды, Государственный заповедник «Денежкин Камень», г. Североуральск, Россия; kvo666@gmail.com

Квашнина Анна Евгеньевна,
директор, Государственный заповедник «Денежкин Камень», г. Североуральск, Россия; akvaanna@gmail.com

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСТУПЛЕНИЯ И ТЕЧЕНИЯ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ СЕЗОНОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОБРАБОТКИ МНОГОЛЕТНИХ ДАННЫХ ПО ПОГОДЕ И ФЕНОЛОГИИ В ЗАПОВЕДНИКЕ «ДЕНЕЖКИН КАМЕНЬ»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: среднегодовая температура; фенологический год; фенология; фенологические наблюдения; продолжительность сезонов; фенофазы; повышение температуры; заповедники.

АННОТАЦИЯ. В результате обработки многолетних данных о погоде и фенологии в условиях естественной природной среды выявлены повышение средних температур фенологического года, сезонов, за исключением сезона «зеленая весна». Выявлена корреляция между датой наступления, продолжительностью фенофазы интенсивного окрашивания (отмирания) листьев и датой наступления весенних сезонов, величиной суммы температур сезонов «зелёной весны» и «лета».

Konstantin A. Vozmitel,
Chief Environmental Guard, “Denezhkin Kamen” Russian Federal Nature Preserve, Severouralsk, Russia

Anna E. Kvashnina,
Head, “Denezhkin Kamen” Russian Federal Nature Preserve, Severouralsk, Russia

TEMPORAL PATTERNS OF PHENOLOGICAL SEASONS BASED ON PERENIAL WEATHER AND PHENOLOGY DATA COLLECTED IN THE “DENEZHKIN KAMEN” RUSSIAN FEDERAL NATURE PRESERVE

KEYWORDS: average annual temperature; phenological year; phenology; phenological observations; the length of the seasons; phenophase; temperature increase; nature reserves.

ABSTRACT. The study based on perennial weather and phenology data reveals an increase of average seasonal and annual temperatures within last 26 years, and correlation between the onset and duration intense leave staining phase and the onset and the sum of temperatures of spring and summer seasons.

В настоящей работе представлены результаты обработки многолетних данных, собираемых в заповеднике «Денежкин Камень» по двум направлениям мониторинга: погода и фенология.

Материалы и методы. Государственный природный заповедник «Денежкин Камень» расположен в Североуральском и Ивдельском городских округах Свердловской области. Территория его, площадью в 80 тыс. га, вытянута в меридиональном направлении и находится примерно в 40 км на северо-запад от г. Североуральска. В границы заповедника входят массив Денежкин Камень, восточные склоны главного Уральского хребта, долина р. Сольва и южная часть хребта Хоза-Гумп. Здесь никогда не велось масштабных разработок полезных ископаемых, почти не было рубок леса. Семьдесят один процент территории заповедника «Денежкин Камень» представляет собой массив первобытного темнохвойного леса, участки которого имеют возраст более 500 лет. Климат заповедника континентальный. Зима продолжительная, холодная, и начинается уже в 20-х числах октября. Устойчивый снежный покров до 130 см у подножий гор, сохраняется 6-7 месяцев. В отдельные годы снежники в горах не тают все лето. Все остальные сезоны как бы сжаты по времени. Лето короткое, умеренно-теплое и заканчивается уже к середине августа. В двадцатых числах августа, как правило, в горах выпадает снег с установлением временного покрова. Ни один из летних месяцев не гарантирован от заморозков.

Для настоящей статьи обработали данные за период с 1994 по 2020 гг. с территории заповедника. Данные по температуре за период 1994-2002 гг. усреднялись из измерений температуры на 8 часов утра бытовыми спиртовыми термометрами в долинах основных рек – Сосьва, Шарп, Шегультан.

Начиная с 2002 данные о микроклимате, в том числе, о температуре воздуха, собираются на фенологическом маршруте. Для сбора данных о температуре на феномаршруте использованы механические недельные самописцы. Вычислялись среднесуточные, суточные максимальные и минимальные значения температур. Полученные результаты использованы в этой работе.

Нами приняты следующие критерии разбивки года на сезоны. Фенологический год начинается с зимы, и заканчивается началом следующей зимы. Зима (начало года) – дата установления постоянного снежного покрова и переход среднесуточных температур ниже нуля градусов по Цельсию. Предвесенье – дата начала таянья снега, дата первой «барабанной дроби» дятла, переход среднесуточных температур выше минус 10 градусов. Начало весны – начало появления положительных среднесуточных температур. Зелёная весна – устойчивый переход среднесуточных температур выше нуля, отрицательных среднесуточных темпера-

тур нет. Лето – переход среднесуточных температур выше 10 градусов. Начало осени – переход среднесуточных температур ниже 10 градусов. Желтая осень – появление отрицательных среднесуточных температур. Предзимье – массовый листопад у лиственницы. Переход среднесуточных ниже плюс пяти градусов.

При длительном возврате температур к предшествующим значениям используется линия тренда полиномиальная степень 6.

Наблюдения за фенологией растительных сообществ в заповеднике «Денежкин Камень» с 2002 г. ведутся с использованием метода сравнительных фенологических характеристик [2; 3; 4]. Фенологический маршрут расположен на северном склоне плеча г. Шарпинская Сопка массива Денежкин Камень. Нижняя точка маршрута имеет абсолютную высоту над уровнем моря 280 м (60°29'6.50"СШ, 59°38'33.41"ВД, СК WGS 84), конечная – 770 м (60°26'50.51"СШ, 59°37'45.27"ВД, СК WGS 84). Наблюдения ведутся на 7 пробных площадях за 125 видами растений. Фенологической площадью является фация. При наблюдении методом суммирующих характеристик на территории фитоценоза в пределах учётной феноплощади определяется фенологическое состояние каждого вида сообщества путём оценки его учетных единиц соответственно стандартам. Нам необходимо было получить обобщённую фенологическую характеристику ценоза, поэтому мы использовали только вегетативные фазы, которые более, чем генеративные, отражают реакцию ценоза на погодные условия. Для получения средних сроков наступления фенологических фаз мы усреднили сначала значения фенофаз, а затем, используя линейную интерполяцию, вычислили средние сроки наступления фенологических фаз «начало окрашивания (отмирания) – <50%, «интенсивное окрашивание (отмирание). Поскольку процессы на различных площадях при таком обобщении весьма значительно коррелируют (коэффициент корреляции более 0,95), а тонкие пространственные различия не имеют значения для выявления влияния климата, и мы усреднили данные по фенофазам со всех площадей.

Результаты. С целью установления корреляции между климатическими характеристиками и сезонным развитием растений мы проанализировали данные по погоде и фенологии, собранные в заповеднике: температура воздуха в пределах растительного яруса, на высоте 1,5 м, характеристики (параметры) сезонов, периодов фенологических фаз растений (вегетационный цикл). Результаты представлены в таблице 1 и на рисунках 1-5.

Наши наблюдения показывают, что, начиная с 2018 г. (рис. 1), средняя температура фенологического года, принимает положительное значение, и нарастает. Возможно, мы фиксируем лишь кратковременный случайный тренд.

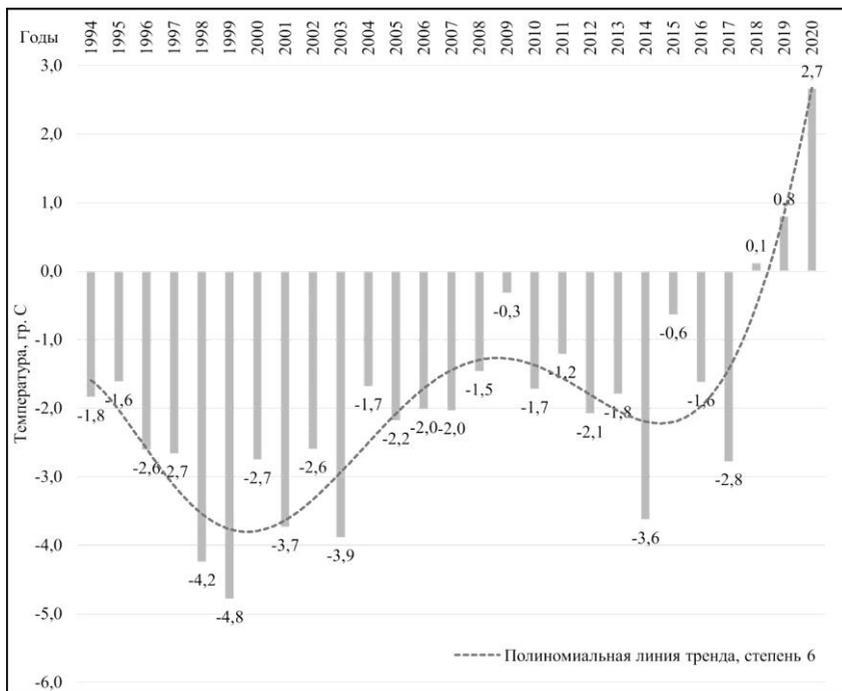


Рис. 1. Среднегодовые температуры фенологических годов с 1994 по 2020 гг.

Увеличение средних температур сезонов четко демонстрируется при выделении десяти наибольших значений температур по рядам, или десяти лет с наибольшими значениями температур для каждого сезона (табл. 1).

Таблица 1

Средние температуры фенологических сезонов по данным заповедника «Денежкин Камень» за период 1994-2020 гг. Выделены первые, наибольшие десять значений для каждого сезона

Средняя температура сезона, годы	зима	предвесенье	начало весны	зеленая весна	лето	начало осени	желтая осень	предзимье	феногод	Количество случаев
1994	-17,5	-9,3	0,4	8,2	11,4	4,7	3,4	-0,5	-1,8	1
1995	-13,4	-8,3	-0,9	5,3	11,7	8,7	3,1	-0,6	-1,6	3
1996	-14,0	-11,0	3,8	9,8	11,6	6,8	-1,7	-0,8	-2,6	2
1997	-15,6	-7,5	0,8	7,5	10,6	8,4	3,4	0,1	-2,7	2
1998	-18,5	-10,9	-0,4	8,3	13,1	7,7	1,9	-1,4	-4,2	1
1999	-18,7	-14,6	-1,7	5,1	11,4	6,9	4,8	-2,4	-4,8	0
2000	-17,1	-7,0	-0,2	8,3	12,9	5,7	-0,3	-1,5	-2,7	1
2001	-18,0	-7,1	2,9	5,9	11,9	6,7	1,7	-6,8	-3,7	1
2002	-12,5	-9,3	0,3	5,8	10,6	7,6	2,7	-2,9	-2,6	1
2003	-18,4	-6,7	2,5	6,0	12,3	6,6	4,2	0,4	-3,9	2
2004	-10,7	-11,7	-4,9	7,5	13,1	7,1	5,5	-3,4	-1,7	3
2005	-14,6	-8,6	0,5	7,9	11,6	8,0	3,8	-1,6	-2,2	0
2006	-16,5	-5,3	0,2	5,9	12,1	10,4	5,4	-0,6	-2,0	3
2007	-14,2	-4,0	-0,7	5,3	15,2	8,6	3,8	-5,9	-2,0	3
2008	-14,8	-12,9	-1,6	4,8	14,0	9,9	3,6	1,7	-1,5	4
2009	-11,2	-4,4	-0,8	9,6	12,5	10,0	6,3	-2,2	-0,3	6
2010	-19,1	-8,5	1,4	8,2	16,2	7,9	5,1	-0,9	-1,7	4
2011	-17,1	-5,2	2,2	9,8	13,8	6,2	5,7	1,4	-1,2	7
2012	-13,6	-4,5	0,7	7,3	13,0	5,2	5,1	1,3	-2,1	4
2013	-12,3	-6,9	0,9	9,2	14,0	7,3	4,5	-4,5	-1,8	4
2014	-14,7	-6,1	-0,8	5,7	9,7	6,2	1,6	-5,9	-3,6	1
2015	-11,7	-4,1	-0,1	6,5	12,6	6,8	5,0	3,2	-0,6	4
2016	-13,9	-4,9	1,7	6,6	16,3	8,7	6,1	2,0	-1,6	7
2017	-15,5	-3,2	1,7	6,0	13,3	9,2	4,7	0,0	-2,8	5
2018	-10,1	-9,0	-0,2	5,4	15,2	10,9	8,3	-0,6	0,1	5
2019	-12,2	-6,7	1,1	8,3	13,7	9,4	7,0	0,9	0,8	8
2020	-10,0	-2,5	0,1	9,6	15,6	11,0	8,3	3,7	2,7	8

С целью выявления каких-либо закономерностей наступления сезонов и маркирующих их фенологических фаз мы проанализировали, по каким параметрам коррелируют фенофазы и сезоны. Поскольку корреляция в целом не высока, мы приняли за значимое значение коэффициента выше 0,5.

Выявлена отрицательная корреляция (значение коэффициента корреляции 0,5-0,6) между началом сезонов «предвесенье», «начало весны», «зелёная весна», и фенофазой «интенсивное окрашивание (отмирание)» (рис. 2). Здесь необходимо отметить, что данные о фенологии имеются за период лишь с 2002 г.

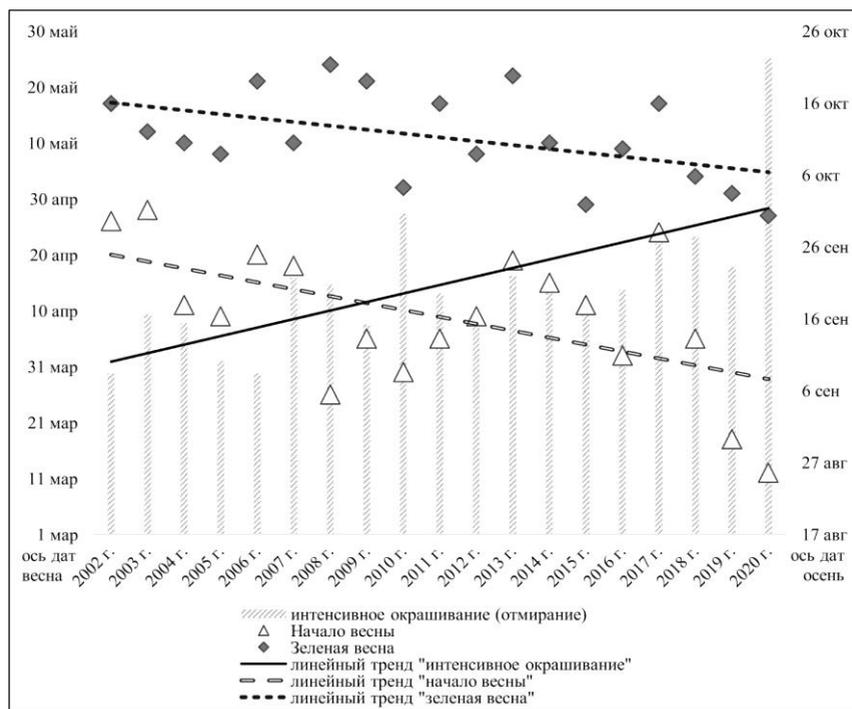


Рис. 2. Даты наступления сезонов «начало весны», «зеленая весна», и средние даты наступления фенофазы «интенсивное окрашивание (отмирание)» за период с 2002 по 2020 гг.

Нами выявлена положительная корреляция между накоплением положительных температур во время течения сезонов «зеленая весна», «лето», и датой начала интенсивного окрашивания (отмирания) листьев (рис. 3).

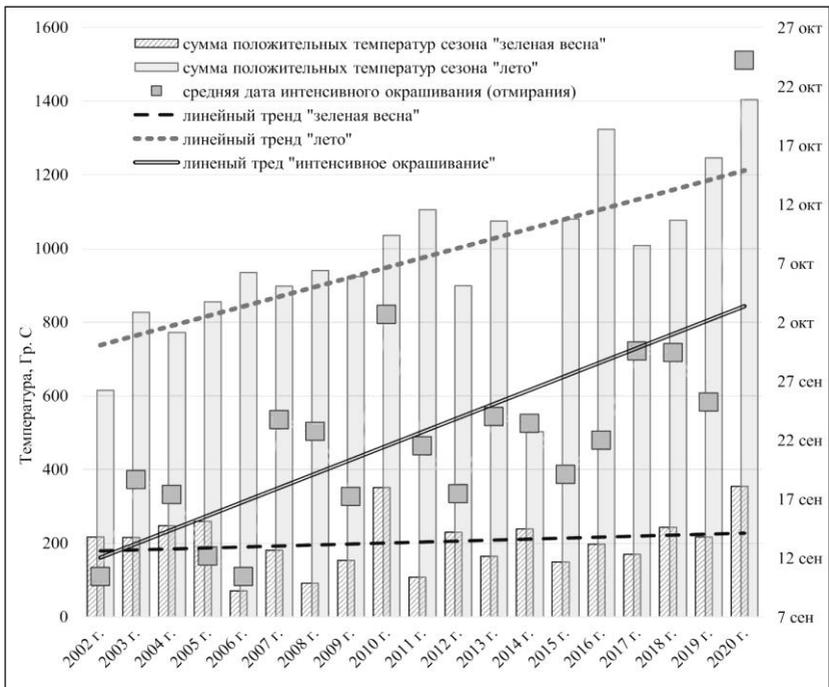


Рис. 3. Суммы положительных температур сезонов «зеленая весна», «лето» и даты начала интенсивного окраса листьев

Выявлена корреляция (рис. 4) между продолжительностью сезонов «предвесенье» и «желтая осень». Эта закономерность была отмечена нами при обработке данных по сезонам за период 1994-2000 гг. [1]. Коэффициент корреляции для периода с 1994 по 2020 гг. равен -0,200, для периода 1994-2000 гг. равен -0,115, далее по декадам лет 2001-2010 и 2011-2020 равен -0,743 и -0,276 соответственно.

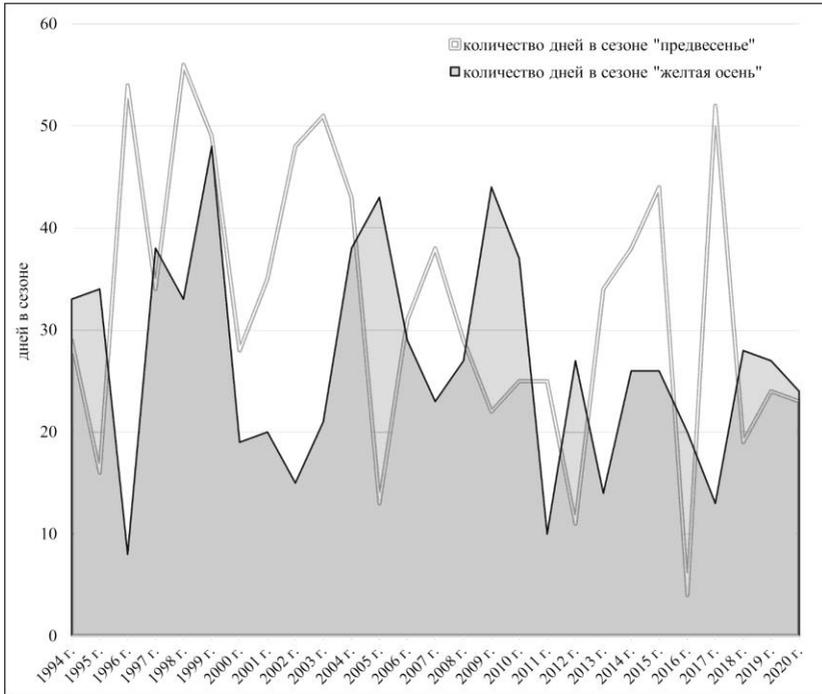


Рис. 4. Количество дней в сезонах «предвесенье» и «желтая осень» за период с 1994 по 2020 гг.

В настоящей работе мы исследовали также корреляцию значения средней температуры сезонов «начало весны» и «желтая осень» (рис. 5), отмеченную нами впервые при обработке материала за период с 1994 по 2000 гг. [1]. Коэффициент корреляции для периода с 1994 по 2000 гг. равен $-0,211$, для периода 1994-2000 гг. равен $-0,727$, для декад 2001-2010 гг. равен $-0,462$ и 2011-2020 гг. составляет $0,152$.

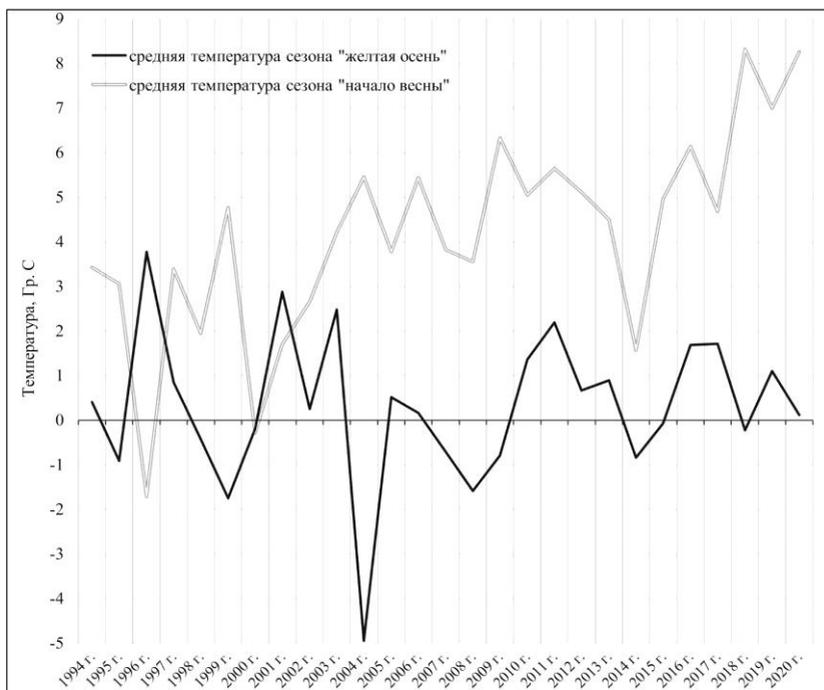


Рис. 5. Средняя температура сезонов «начало весны» и «желтая осень» за период с 1994 по 2020 гг.

Выявленные нами закономерности показывают, что в период с 1994 по 2000 гг. с высокой долей вероятности чем холоднее было «начало весны», тем теплее была «жёлтая осень». В следующее десятилетие 2001–2010 гг., эта корреляция выражена слабо, а в последние 10 лет, с 2011 по 2020 гг., коэффициент корреляции стал положительным. Однако, график демонстрирует, что последние три года значение корреляции становится отрицательным, то есть чем теплее было «начало весны», тем холоднее была «желтая осень».

Выводы:

1. Подтверждено устойчивое повышение среднегодовой температуры фенологического года. Наблюдается устойчивый рост средних температур по всем сезонам, за исключением сезона «зелёная весна», для которого случаи высоких средних температуры распределены по годам более-менее равномерно.

2. Выявлена положительная связь между датой наступления, продолжительностью фенофазы интенсивного окрашивания (отмирания) листьев и датой наступления весенних сезонов, а также величиной суммы температур сезонов «зелёной весны» и «лета».

Чем раньше начинаются сезоны «предвесенье», «начало весны» и «зелёная весна», тем позже у растений начинается интенсивное окрашивание (отмирание), и чем больше сумма положительных температур сезонов «зелёная весна» и «лето», тем позже наступает фенологическая фаза «интенсивное окрашивание (отмирание)».

3. Выявлена обратная корреляция между продолжительностью сезонов «предвесенье» и «жёлтая осень». Также заметно асинхронное изменение средней температуры несмежных сезонов «начало весны» и «желтая осень». Вообще, сезон осенней раскраски листьев «чувствителен» к характеристикам предыдущих сезонов.

Информационные источники

1. Возьмитель, К. А. Опыт феноклиматической периодизации года в заповеднике «Денежкин Камень» при отсутствии метеопостов / К. А. Возьмитель, А. Е. Квашнина, О. Ф. Кирсанова // Заповедное дело. – 2001. – Вып. 8. – С. 74-86.
2. Терентьева, Е. Ю. Комплексные фенологические показатели фитоценозов и их использование при организации феномониторинга : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Терентьева Е. Ю. – Екатеринбург, 2001. – С. 3-16.
3. Терентьева, Е. Ю. Суммированные характеристики фитоценозов / Е. Ю. Терентьева // Развитие идей С. С. Шварца в современной экологии : мборник трудов конференции молодых ученых-экологов Уральского региона (2-3 апреля 1999 г.). – Екатеринбург : Изд-во «Екатеринбург», 1999. – С. 186-187.
4. Терентьева, Е. Ю. Сезонный мониторинг растительности через суммированные фенологические характеристики фитоценозов / Е. Ю. Терентьева // Актуальные проблемы регионального, географического, экологического и биологического образования : материалы региональной научно-практической конференции. – Екатеринбург, 2000. – С. 16-17.

Гонеев Игорь Александрович,

кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой географии, Курский государственный университет, г. Курск, Россия; goneev@gmail.com

Лукашова Ольга Павловна,

кандидат педагогических наук, доцент, Курский государственный университет, г. Курск, Россия; olga_lukashova@mail.ru

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ В УСЛОВИЯХ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЗАСУШЛИВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лесостепные ландшафты; ландшафтоведение; погодно-климатические условия; засуха.

АННОТАЦИЯ. Устойчивые тренды изменения погодно-климатических условий регионов определяют характер устойчивости природных ландшафтов. В большинстве случаев, происходит не деградация ландшафта, а приспособление его отдельных компонентов к изменившимся условиям, что и способствует сохранению устойчивости ландшафта в целом. Объектом исследования в работе являются лесостепные ландшафты Курской области, которые вынужденно реагируют на последствия глобального потепления на примере роста динамики проявления засухи. Переходный характер ландшафта позволяет сохранять свои качественные и количественные характеристики, даже в условиях длительного проявления опасных погодно-климатических условий.

Igor A. Ganeev,

Candidate of Geography, Associate Professor, Head of Department of Geography, Kursk State University, Kursk, Russia

Olga P. Lukashova,

Candidate of Pedagogy, Associate Professor, Kursk State University, Kursk, Russia

TRENDS IN FOREST-STEPPE LANDSCAPES UNDER CONDITIONS OF INCREASING DURATION OF ARID WEATHER MANIFESTATIONS

KEYWORDS: forest-steppe landscapes; landscape science; weather and climatic conditions; drought.

ABSTRACT. Stable trends in changes in the weather and climatic conditions of the regions determine the nature of the stability of natural landscapes. In most cases, it is not the degradation of the landscape that occurs, but the adaptation of its individual components to the changed conditions, which contributes to the preservation of the stability of the landscape as a whole. The object of the study is the forest-steppe landscapes of the Kursk region, which are forced to react to the effects of global warming

on the example of the growth of the dynamics of the manifestation of drought. The transitional nature of the landscape allows you to maintain its qualitative and quantitative characteristics, even in conditions of long-term manifestations of dangerous weather and climatic conditions.

Введение. Состояние и устойчивость ландшафтов, является одним из ключевых положений физической географии, так как определяет содержание и функциональную значимость такого фундаментального понятия, как природная (ландшафтная) зональность. Не менее важно представление о возможной динамике ландшафтов в силу практической направленности их использования.

Для лесостепных ландшафтов Курской области, более 80% которых потеряли свою природную (экосистемную) значимость в силу их полного изменения транспортным, промышленным, селитебным и сельскохозяйственным сектором экономики, наблюдается снижение природной устойчивости. Поэтому, представление об естественных ландшафтах, где климатический фактор является одним из наиболее значимых, становится особо важным. Ряд исследователей погодно-климатических изменений в Курской области [1; 2; 5; 7; 8; 10], отмечают за последние 50 лет устойчивый рост среднегодовой температуры. До 7,4 на севере области и до 8,3 на юге области, при среднемноголетних значениях 5,4°C. В тоже время, годовое количество осадков не имеет такой однонаправленной тенденции изменения. Выделяются года с их ростом, или, наоборот, с сокращением [1]. Количество атмосферных осадков часто близко к испаряемости (среднегодовой коэффициент увлажнения равен 0,7-1,0), но в разные годы нередки и отклонения в ту или другую сторону.

Наблюдения последних 10 лет выявили одну опасную тенденцию: увеличение повторяемости погод с низкими показателями влажности воздуха и, что особенно настораживает, опасных метеорологических явлений – атмосферная и почвенная засухи. Эти проявления имеют свои последствия, как в природном, так и в антропогенном типе ландшафта.

Изменения в антропогенном ландшафте полностью зависят от деятельности человека. Так, например, применение современных технологий позволяет получать высокие показатели урожайности даже в условиях неоднократно повторяющихся засух в период активной вегетации сельскохозяйственных культур (урожайность зерновых по Курской области: 2018 – 46,8 ц/га, 2019 – 51,5 ц/га, 2020 – 58, 5 ц/га) [4].

Природные ландшафты отвечают на погодно-климатические изменения своим приспособлением к ним. Для лесостепных ландшафтов характерно сочетание широколиственных лесов и луговых степей. Почвы лесостепных ландшафтов имеют промывной или периодически промывной режим, обеспечивающий контрастную радиальную миграцию химических элементов, что позволяет многим видам растений «переждать»

сложные для них условия. Например, несмотря на сведение большинства лесов и лугов в области, почвенный покров (серые лесные почвы, деградированные черноземы) позволяет судить о более широком распространении лесов в прошлом. В геохимическом отношении лесостепи несут в себе черты, как широколиственных лесов, так и луговых степей, однако современная миграция элементов ближе к луговым степям [6].

Объекты и методы исследования. Объектом исследования данной работы стали, с одной стороны, проявление неблагоприятных погодных условий, характеризующихся засушливыми явлениями, а, с другой стороны, видовой состав лугово-степного разнотравья и изменения площадей лесных ландшафтов.

Засуха – нередкое опасное метеорологическое явление для Курской области. Отмечается, что начало каждого столетия характеризуется ее проявлением, иногда носящим катастрофические последствия. В первой половине XX века было несколько засушливых годов: 1901, 1906, 1911, 1914, 1917. Начало 20-х гг. осталось в истории, как двухлетняя катастрофическая засуха. Это опасное явление вызвало страшный голод и гибель миллионов людей. Начало XXI столетия не стало исключением. Согласно Пятому оценочному докладу МГЭИК, в XXI в. «средняя глобальная температура будет повышаться при всех сценариях радиационного воздействия. Для различных сценариев антропогенного воздействия наиболее вероятные оценки увеличения глобальной температуры в 2081-2100 гг. по отношению к 1986-2005 гг. для 5-95% общего числа моделей будут составлять: 0,2-1,8°C (RCP2.6), 1,0-2,6°C (RCP4.5), 1,3-3,2°C (RCP6.0), 2,6-4,8°C (RCP8.5)» [8]. Различия в количестве осадков, выпадающих во влажных и засушливых регионах, а также в течение влажного и сухого сезонов, будут увеличиваться, хотя могут быть исключения в ряде регионов. На фоне данного утверждения приобретает особый смысл региональный мониторинг проявления засушливых погод и статистическая обработка полученных сведений. Метеорологические данные представлены Централльно-Черноземным УГМС и Централльно-Черноземным заповедником им. проф. В.В. Алехина. Статистическая обработка данных проведена с помощью программы Microsoft Office Excel.

В качестве природных моделей лугово-степных и лесных ландшафтов нами были выбраны следующие участки: участок Централльно-Черноземного заповедника Стрелецкая степь, расположенный в 30 км южнее г. Курска; степной сектор Курского биосферного стационара ИГ РАН, расположенного 40 км южнее г. Курска; лиственный лес урочища Сборная дача, расположенный у южных границ КБС ИГРАН.

Геоботанические измерения проводились методом Раменского на метровых площадках [3], заложенных в пределах степных ландшафтов

Стрелецкого участка Центрально-Черноземного заповедника и экспериментальной площадки территории Курского биосферного стационара.

Для определения динамики площадей лесных ландшафтов области был использован топонимический метод исследования, и конкретно – три его составляющие: географическая, картографическая, историческая.

Географический метод основан на использовании народных географических терминов – слов, определяющих характер географического объекта. Являясь, по сути, именем нарицательным, народные термины употребляются для определения конкретного географического понятия или явления. Картографический метод важен для установления закономерностей размещения топонимических явлений, динамики их развития во времени, пространственных связей и зависимостей, как между отдельными топонимическими фактами, так и между ними. При анализе топонимических фактов был применен исторический подход, так как топонимы во многом отражают взаимоотношение человека и природы, которые складываются на протяжении определенного исторического периода и социального строя.

Результаты и их обсуждение. Анализ фондовых материалов о проявлении атмосферной и почвенной засухи на территории Курской области позволил определить периодичность этого явления, а также выявить географию и динамику повторяемости этого явления за прошедшие 20 лет [7].

Наиболее ярко засуха проявила себя в 2010, 2014, 2015, 2018, 2019, 2020 гг. Чаще наблюдалась атмосферная засуха, чем почвенная (77% и 23% соответственно). Наибольшая повторяемость почвенной засухи пришлась на 2010 г (6 проявлений), наименьшая (2 проявления) на 2015 и 2018 гг. (рис. 1).

Самыми активными по проявлению атмосферной засухи стали 2018, 2019 и 2020 гг. (более 10 повторений), и лишь немного уступили ему 2008, 2014 и 2015 гг., где повторений было от 6 до 8 раз.

Засуха 2010 г. может служить показателем наиболее сложного ее проявления. За этот период повторяемость сильных и обширных засух в Центрально-Черноземном районе составила 19-22% [10; 11]. В то же время в 2018 – 18%, в 2019 – 17%, 2020 – 19%.

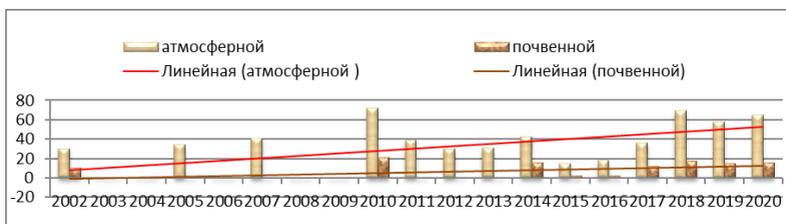


Рис. 1. Повторяемость атмосферных и почвенных засух на территории области

Динамику проявления и регистрации метеостанциями Курской области атмосферной засухи в период с 2000 по 2019 гг. можно охарактеризовать как нарастающую. Существенное увеличение повторений наблюдается с 2008 г., с наибольшим ростом в восточных районах области. Почвенные засухи проявлялись не на всех территориях области.

Ущерб, наносимый засухами, зависит от времени их возникновения, начальных условий при развитии засухи, а также продолжительности. В связи с этим был проведен анализ сезонного проявления засух в области за последние три года (табл. 1).

Таблица 1

Сезонное проявление засух и засушливых типов погоды для Курской области (по данным Центрально-Черноземного УГМС)

годы	Повторяемость атмосферной и почвенной засух по сезонам года (...)																	
	весна				лето				осень									
	март		апрель		май		июнь		июль		август		сентябрь		октябрь		ноябрь	
2018	-	6	а.п	7	а	7	а	10	а	14	а.п	18	а	14	а	7	-	2
2019	-	12	а.п	8	-	8	-	4	а	9	а.п	23	а.п	18	а	7	-	3
2020	а	14	а.п	8	-	10	-	4	а	10	а	27	а.п	16	а.п	12	-	4

1 – проявление засухи (а – атмосферной, п – почвенной);

2 – продолжительность засушливого периода.

Как видно из таблицы, возрастет угроза негативного воздействия засух за счет весеннего и осеннего периода.

Подобные изменения были зафиксированы и в данных метеорологических наблюдений ЦЧЗ им. проф. В.В. Алехина. Период с 2000 по 2013 гг. характеризовался сухой и теплой погодой, особенно в вегетационный сезон весной и летом, зима стала короче, а лето и осень – длиннее.

За период с 2000 по 2013 гг. отмечено 5 лет с аномально жаркой погодой и малым количеством осадков (табл. 2). Небывалая засуха пришла на 2010 г., последствия которой спровоцировали распад осинового древостоев заповедника. Этому способствовали также неблагоприятное соотношение тепла и влаги в вегетационные периоды 2008-2009 гг. и последующий засушливый 2011 г.

Таблица 2

Климатические параметры засушливых лет в районе расположения Центрально-Черноземного заповедника [8]

Год	Количество осадков, мм	Среднегодовая температура воздуха, °С
2000	478.5 (578.9)	7.0 (5.5)
2001	477.8 (576.9)	6.7 (5.5)
2006	413.7 (573.6)	6.1 (5.6)
2010	333.8 (570.4)	7.9 (5.7)
2011	437.9 (568.9)	6.7 (5.7)

Безусловно, погодно-климатические условия последних лет способствуют росту повторяемости засух и засушливых периодов.

В ходе работы были просмотрены картографические и топографические карты различных годов, а, кроме того, были изучены материалы земельного комитета Октябрьского района. Это позволило выявить изменения ландшафтов во времени, а также изменения их названий, что было отражено на картосхемах (рис. 2).

Проведенный нами анализ показал, что на обзорно-топографической карте обозначено 13 урочищ. Их названия занесены в таблицу (табл. 3).

Таблица 3

№ п/п	Название лесных урочищ		
	Год издания карты		
	2000 г.	1950 г.	1900 г.
1	Алябьев Лес	Алябьев Лес	Алябьев Лес
2	-	Пеньковский Лес	Пеньковский Лес
3	Яшин Лес	Яшин Лес	Яшин Лес
4	Стояновский Лес	Стояновский Лес	Стояновский Лес
5	-	Масловский Лес	Масловский Лес
6	-	Сорокинский Лес	Сорокинский Лес
7	-	Липинский Лес	Липинский Лес
8	-	-	Малиновский Лес
9	Дехтярка	Дехтярка	Дехтярка
10	-	Журавлинский Лес	Журавлинский Лес
11	-	Артюховский Лес	Артюховский Лес
12	Юрьевский Лес	Юрьевский Лес	Юрьевский Лес
13	Плотавский Лес	-	Плотавский Лес

Топонимические исследования были положены на топографическую основу и были получены картосхемы расположения лесных ландшафтов, отражающие их площади в 1990, 1950 и 2000 гг. (рис. 2).



Рис. 2. Картосхема расположения лесных урочищ в 1900, 1950 и 2000 гг.

Условные обозначения:

- границы района;
- земли, занятые в севообороте;
- лес;
- населенные пункты

Резкое снижение площадей лесных урочищ было связано не только с интенсивной распашкой территории, но и с характером погод 20-30-х гг. первой половины XX столетия.

Подобное явление отмечено в пределах Центрально-Черноземного заповедника. Повторяющаяся в течение 2009-2012 гг. жаркая и сухая погода привела к иссушению верхних горизонтов почвы. Это способствовало ослаблению и усыханию деревьев осины, более 80% корней которой расположены в верхних горизонтах почвы, на глубине до 20 см. В трудах ученых Центрально-Черноземного заповедника им. проф. В.В. Алехина отмечено, что за период 2005-2011 гг. на Стрелецком участке усохло 109 деревьев осины и 23 дерева перешли из живых в категорию сухостоя, а затем – валежа. Впервые с 1969 г. численность погибших осин превысила численность живых [8].

Геоботанические наблюдения 2019 г. показали, что на всех площадках велико разнообразие фрагментов ассоциаций злаковых растений. Проективное покрытие злаков варьировало от 7% до 48%. Среднее значение проективного покрытия злаковых не менее 19%. Основными доминантами стали: ковыль, типчак, трясунка, тимофеевка, мятлик. На их долю пришлось более 60% проектного покрытия, из них 10% – ковыль. По данным сотрудников заповедника, в многолетнем ряду наблюдений на плакорных расположениях степей Стрелецкого и Казацкого участков прослеживалась общая мезофитизация растительного покрова. Она проявлялась с одной стороны во внедрении в лугово-степные сообщества «новых» луговых и даже лесных видов растений [11]. А с другой стороны – в последние годы наблюдается тенденция перехода к доминированию степных злаковых растений (типчака (*F. valesiaca*) и ковыля (*S. pennata*). Проективное покрытие ковыля в мезофитной ассоциации ранее было очень низким, теперь же оно возросло в 2 раза.

В то же время отмечается рост продуктивности биомассы. В 2017 и 2019 гг. при ярком росте среднегодовой температуры, даже в экстремально сухие и жаркие сезоны (осень 2020 г.), надземная биомасса оказалась почти вдвое большей, чем в подобные сезоны предыдущих, менее теплых и засушливых годов. Это может быть объяснено более ранним наступлением вегетации, а, следовательно, более быстрым приростом биомассы.

Заключение. Результаты приведенного исследования позволяют отметить, что природные ландшафты отвечают на погодно-климатические изменения своим приспособлением к ним. Начало XXI столетия характеризуется повышенной активностью проявления засушливых погод и атмосферных засух. Что, в принципе повторяет ситуацию начала и двух предыдущих столетий. Засушливые погоды и засухи могут изменять состав древесных культур в лесных ландшафтах и, наряду с антропогенным фактором, приводить к сокращению их площади. В лугово-степных ландшафтах

реакция на засушливый тип погод проявляется в доминировании ксерофитных злаков, над разнотравьем. Все это подчеркивает, что переходный характер ландшафта (лесостепь) позволяет сохранять свои качественные и количественные характеристики, даже в условиях длительного проявления опасных погодно-климатических условий.

Информационные источники

1. Богатырёва, М. А. Изменение климатических условий лесостепных ландшафтов Курской области на рубеже XX-XXI вв. / М. М. Богатырёва, О. П. Лукашова // Сборник статей по материалам XIV международной научно-практической конференции «Естественные и математические науки в современном мире». – Новосибирск : СибАК, 2014. – С. 108-113.
2. Гонеев, И. А. Тенденции изменения современных ландшафтов Среднерусской возвышенности под воздействием природных и антропогенных факторов (на примере Курской области) / И. А. Гонеев, О. П. Лукашова, Е. А. Батраченко, В. Н. Лунин // Проблемы региональной экологии. – 2020. – № 2. – С. 56-63.
3. Зеленская, Н. Н. Изменение функциональных параметров северного изолированного фрагмента степей при потеплении климата / Н. Н. Зеленская // Научные ведомости. Серия Естественные науки. – 2016. – № 25, вып. 37. – С. 8-13.
4. Информационно-аналитические материалы. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства. Информация 2020. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 02.03.2021). – Текст : электронный.
5. Лесостепной тип ландшафта и его содержание. Научно-популярный портал Природа Оренбургской области. – URL: <http://orenpriroda.ru/steprene/sim2006/1227-лесостепной-тип-ландшафта-и-его-содержание> (дата обращения: 28.02.2021). – Текст : электронный.
6. Лукашова, О. П. К вопросу о влиянии опасных метеорологических явлений на потенциальные возможности опустынивания в Курской области / О. П. Лукашова, И. А. Гонеев // Мировая экологическая повестка и Россия : материалы Всероссийской научной конференции с международным участием / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. – М., 2020. – С. 84-88.
7. Росгидромет. 2014. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 1. – М., 2014. – С. 23, 61.
8. Рыжков, О. В. Мониторинг климата и биоты Стрелецкого участка Центрально-Черноземного заповедника / О. В. Рыжков, А. А. Власов, Г. А. Рыжкова [и др.] // Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П.Г. Смидовича. Вып. 18 / редкол.: Е. В. Варгот (отв. ред.), А. Б. Ручин, А. А. Хапугин. – 2017. – С. 17-32.

9. Черенкова, Е. А. Анализ особенностей обширных атмосферных засух на юге европейской России / Е. А. Черенкова // Аридные экосистемы. – 2012. – Т. 18, № 4 (53). – С. 13-21.
10. Численность, проективное покрытие перистых ковыллей и некоторые характеристики луговых степей Центрально-Черноземного заповедника / Н. И. Золотухин [и др.] ; Проект ПРООН/ГЭФ/Минприроды России «Совершенствование системы и механизмов управления ООПТ в степном биоме России», Центр.-Чернозем. гос. природ. биосфер. заповедник им. проф. В.В. Алехина. – Курск : Мечта, 2017. – 108 с.
11. Lukashova, O. P. Contemporary climate changes as a factor for central Russian forest-steppe landscape development (in the Kursk region taken as an example) / O. P. Lukashova, M. A. Bogatyreva, E. S. Dmitrova, I. Y. Soshnikova // International Scientific Conference GEOBALCANICA. – Sofia, 2019. – С. 127-134.

Горичев Юрий Петрович,

кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе, Южно-Уральский государственный природный заповедник, д. Реветь, Республика Башкортостан, Россия; yura.gorichev.55@mail.ru

МЕЗОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫСОТНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ЗАПАДНОМ СКЛОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: микроклиматические наблюдения; мезоклимат; высотная дифференциация ландшафтов; лесные ландшафты; ландшафтоведение; заповедники.

АННОТАЦИЯ. В статье представлены результаты 4-летних микроклиматических наблюдений, проведенных на территории Южно-Уральского заповедника. В районе исследований, охватывающем хребет Белягуш и долину р. Реветь наблюдается выраженная высотная дифференциация лесных ландшафтов. Высотный спектр образуют 4 ландшафтных геоконкомпекса, сменяющих друг друга снизу-вверх в следующей последовательности: долинные бореальные темнохвойнолесные – склоновые субнеморальные широколиственно-темнохвойнолесные – плакорные неморальные широколиственнолесные – плакорные (хребтовые) бореальные темнохвойнолесные. В результате проведенных микроклиматических наблюдений определены термические параметры и режимы геоконкомпексов. Полученные данные указывают на существенные различия мезоклиматических параметров широколиственнолесных и темнохвойнолесных геоконкомпексов, они сравнимы с климатическими параметрами их широтных ареалов. Вполне определенно можно утверждать, что наблюдаемый высотный спектр ландшафтных комплексов обусловлен температурными инверсиями.

Yuri P. Gorichev,

Candidate of Biology, Deputy Director for Research, South Ural State Nature Reserve, v. Revet, Republic of Bashkortostan, Russia

MESOCLIMATIC PARAMETERS OF HIGH-ALTITUDE DIFFERENTIATION OF FOREST LANDSCAPES ON THE WESTERN SLOPE OF THE SOUTHERN URALS

KEYWORDS: microclimatic observations; mesoclimate; high-altitude differentiation of landscapes; forest landscapes; landscape science; nature reserves.

ABSTRACT. The article presents the results of 4-year microclimatic observations conducted on the territory of the South Ural Nature Reserve. In the research area covering the Belyagush ridge and the Revet River valley, there is a pronounced high-altitude differentiation of forest landscapes. The altitudinal spectrum is formed by 4 landscape geocomplexes that follow each other from the bottom up: boreal with dark coniferous forests geocomplexes of mountain valleys-sub-demoral with broad-leaved and dark-coniferous forests geocomplexes of mountain slopes-plakor geocomplexes with broad-leaved forests-plakor (high-altitude) geocomplexes with boreal dark-coniferous forests.

As a result of the conducted microclimatic observations, the thermal parameters and modes of geocomplexes were determined. The data obtained indicate significant differences in the mesoclimatic parameters of geocomplexes with broad-leaved forests and dark-coniferous forests, they are comparable with the climatic parameters of their zonal latitudinal ranges. The observed altitude spectrum of landscape complexes is definitely caused by temperature inversions.

Исследования проведены на территории Южно-Уральского государственного природного заповедника. Район исследований охватывает южную часть хребта Белягуш с долиной реки Реветь. Максимальная высота хр. Белягуш – 934,9 м над ур. м. В схеме физико-географического районирования район исследований расположен в пределах Карязинско-Зильмердакского физико-географического района [12]. Хребет Белягуш занимает восточное крыло Инзерского синклиория, сложенного отложениями среднего и верхнего рифея [9; 11]. Хребет имеет сложное орографическое строение [4]. Параллельно основному гребню, к западу от него, простирается боковой отрог, носящий наименование Калты, с максимальной отметкой 802,2 м. Основной гребень хребта простирается в виде цепочки округлых слабовыпуклых вершин высотой 700-800 м, разделенных плоскими седловинами. Склоны хребта в верхней части крутые, ниже более пологие. Средние и нижние части склонов расчленены эрозийными формами. К западному склону хр. Белягуш примыкает группа отрогов – увалов высотой от 470 до 602 м. Днища долин рек М. Инзер, Тюльмень и Реветь, ограничивающих хребет с юга, запада и востока, расположены на высоте 280-470 м над ур. м.

В схеме ботанико-географического районирования район исследований относятся к Зильмердакскому району широколиственно-темнохвойных лесов [6]. Коренную растительность хребта формируют ассоциации широколиственных, широколиственно-темнохвойных и темнохвойных лесов. Значительную площадь занимают вторичные сообщества – осинники и березняки, возникшие на месте сплошных рубок, на инсолируемых склонах распространены сосновые леса пирогенного происхождения [13]. Район исследований охвачен сетью лесных пробных площадей (ПП) [5].

На склонах хр. Белягуш наблюдается высотная дифференциация лесных ландшафтов. Визуально прослеживается своеобразный высотный спектр из 4 геокмплексов в ранге фаций и урочищ, сменяющих друг друга снизу-вверх. Самый нижний уровень, охватывающий днища глубоких горных долин, расположенных на высоте от 200 до 450 м над ур. м., занимают долинные бореальные темнохвойнолесные ГК. Выше них по склонам распространены склоновые субнеморальные широколиственно-темнохвойнолесные ГК. Они распространены полосой, занимая высотный интервал от 520 до 650 м на западных склонах хр. Белягуш и хр. Калты и

от 595 до 630 м над ур. м – на восточном склоне хр. Белягуш. В пределах этой полосы локально распространены плакорные широколиственнолесные ГК, занимающие гребни и верхние части склонов увалов и невысоких гор в высотном интервале от 436 до 512 м над ур. м. Самый верхний уровень (свыше 800 м над ур. м), охватывающий гребень и вершины хребта Белягуш, занимают плакорные (хребтовые) бореальные темнохвойнолесные ГК. Данный высотный спектр ландшафтов характерен для всего района широколиственно-темнохвойных лесов Южного Урала [5]. Высотная дифференциация и границы высотного распространения бореальных темнохвойнолесных и неморальных широколиственнолесных ГК на склонах хребтов прослеживаются визуально, там, где сохранилась природная структура древостоев. Однако вследствие сильной нарушенности древостоя всевозможными рубками и пожарами и формирования производных фитоценозов, эти границы нередко затушевываются.

В 2013-2016 гг. на ряде лесных пробных площадей, заложенных в коренных фитоценозах, проведены микроклиматические наблюдения с использованием цифровых термометров-регистраторов «Термохрон». В данной статье представлены результаты наблюдений на 4 ПП. Первая ПП (№ 14) характеризует мезоклиматические условия долинного бореального темнохвойнолесного ГК. Она расположена в долине р. Реветь (470 м над ур. м.) на левобережном склоне. Вторая ПП (№-34) находится в средней части восточного склона хр. Белягуш (605 м над ур. м.). Она характеризует мезоклиматические условия склонового широколиственно-темнохвойнолесного ГК. Местоположение следующей ПП (№-8) – гребень хр. Белягуш (830 м над ур. м.), ПП отражает мезоклиматические условия плакорного бореального темнохвойнолесного ГК. Четвертая ПП (№-39) заложена на гребне увала примыкающего к западному склону хр. Белягуш (515 м над ур. м.). Она отражает мезоклиматические условия плакорного неморального широколиственнолесного ГК. 3 ПП (№ 14, № 34 и № 8) своим местоположением образуют высотный профиль, проходящий от долины р. Реветь (ПП-14) через среднюю часть восточного склона хр. Белягуш (ПП-34) к его вершине (ПП-8). Подробные сведения о пробных площадях содержатся в монографии [5].

На основе первичных данных микроклиматических наблюдений рассчитаны параметры теплообеспеченности и термического режима ГК – среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые температуры, суммы температур, продолжительность вегетационного и безморозного периодов (табл. 1). Проведен сравнительный анализ данных ПП. Мезоклиматические условия ГК, вполне сравнимы с макроклиматическими условиями, наблюдаемыми в пределах их широтных ареалов – подзон широколиственных, широколиственно-темнохвойных и темнохвойных лесов.

Таблица 1

Показатели термического режима лесных формаций в 2013-2016 гг.
(крайние значения / средние значения за период наблюдений)

Показатели	ГК			
	Долинный темнохвойно- лесной	Плакорный широко- лиственно-лесной	Склоновый широко- лиственно- темнохвойно-лесной	Плакорный (хребтовый) темнохвойно- лесной
t_{min}	-13,6...-16,4 -14,9	-11,2...-15,1 -12,9	-11,9...-14,7 -13,2	-12,8...-15,0 -13,8
t_{max}	14,9-18,7 16,7	18,6-24,6 20,7	17,3-21,5 18,7	16,1-21,3 17,8
T	1,3-2,2 1,8	3,6-5,1 4,6	2,4-3,8 3,2	1,6-2,5 2,0
P_{veg}	111-122 115	140-150 143	118-128 125	112-131 121
S	1568-1837 1718	2216-2695 2394	1866-2163 1976	1618-1903 1743
$P_{б/м}$	85-92 90	126-162 147	126-162 145	126-145 136

Примечание. t_{min} – среднемесячная температура самого холодного месяца, °С; t_{max} – среднемесячная температура самого теплого месяца, °С; T – средняя годовая температура воздуха, °С; P_{veg} – продолжительность вегетационного периода, дни; S – сумма температур за вегетационный период, °С; $P_{б/м}$ – продолжительность безморозного периода, дни.

По мнению многих исследователей Урала, подобные спектры высотной дифференциации ландшафтных комплексов обусловлены температурными инверсиями [7; 8; 10]. Как известно в результате инверсий, на определенных высотах и при определенных погодных условиях (антициклонах) наблюдается положительный вертикальный градиент температуры, вследствие чего наиболее теплыми являются ГК, занимающие верхние части склонов и вершины невысоких гор [1]. С этими местоположениями связано распространение наиболее теплолюбивых широколиственных пород и образуемых ими ценозов.

Установлено, что наибольшая повторяемость температурных инверсий в Сибири и на Дальнем Востоке наблюдается в зимний период [2]. Данная закономерность также отмечена на Ю. Урале [14]. Сравнительный анализ минимальных суточных температур в январе на 3 ПП образующих высотный профиль, также выявил наличие температурных инверсий. За 4-летний период наблюдений число дней с температурной инверсией в январе варьировало от 14 до 24 дней на нижнем высотном отрезке 470-605 м и от 7 до 14 дней на верхнем отрезке 605-830 м (табл. 2). На нижнем высотном отрезке среднемесячные значения вертикальных градиентов минимальной суточной температуры при инверсии составляли 4,0-5,4°С/100 м, максимальные значения достигали 8,5-8,9°С/100 м.

На верхнем высотном отрезке среднемесячные значения вертикальных градиентов температуры при инверсии составляли 0,8-1,1°C/100 м, максимальные значения – 1,3-2,7°C/100 м. Среднемесячные значения нормального вертикального градиента составляли на нижнем отрезке 0,4-0,5°C/100 м, на верхнем – 0,5-0,8°C/100 м, максимальные значения соответственно – 0,4-1,1 и 0,9-1,3°C/100 м.

Таблица 2

Повторяемость температурных инверсий и вертикальные градиенты минимальной суточной температуры воздуха в январе (2013-2016 гг.)

Показатели	2013 год		2014 год		2015 год		2016 год	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Число дней с вертикальным градиентом								
Нормальный	6	17	11	16	12	22	6	13
Положительный (инверсия)	23	11	14	11	16	7	23	14
Изотермия	2	3	6	4	3	2	2	4
Вертикальные градиенты, °C/100 м (средние/максимальные значения)								
При инверсии	4,0/8,5	0,8/2,7	4,3/8,5	1,1/2,2	5,4/8,9	0,9/1,3	4,4/8,5	0,9/1,8
В отсутствие инверсии	0,5/1,1	0,6/1,3	0,4/0,4	0,7/0,9	0,4/0,7	0,8/1,1	0,5/1,1	0,5/1,3

Примечательным оказалось то, что и в летний период – в июле отмечены частые температурные инверсии. Число дней с температурной инверсией в июле варьировало от 17 до 25 дней на нижнем высотном отрезке и от 6 до 22 дней на верхнем отрезке (табл. 3). На нижнем высотном отрезке среднемесячные значения вертикальных градиентов минимальной суточной температуры при инверсии составляли 1,6-3,3°C/100 м, максимальные значения достигали 4,1-5,9°C/100 м. На верхнем высотном отрезке среднемесячные значения вертикальных градиентов температуры при инверсии составляли 0,5-0,7°C/100 м, максимальные значения – 0,9-1,8°C/100 м. Среднемесячные значения нормального вертикального градиента составляли на нижнем отрезке 0,4-0,7°C/100 м, на верхнем – 0,5-0,7°C/100 м, максимальные значения соответственно составляли 0,7-1,1 и 0,9-1,8°C/100 м.

Таблица 3

Повторяемость температурных инверсий и вертикальные градиенты минимальной суточной температуры воздуха в июле (2013-2016 гг.)

Показатели	2013 год		2014 год		2015 год		2016 год	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Число дней с вертикальным градиентом								
Нормальный	1	14	9	23	7	23	4	9
Положительный (инверсия)	25	13	17	6	21	6	25	22

Продолжение таблицы 3

Показатели	2013 год		2014 год		2015 год		2016 год	
		I	II	I	II	I	II	I
Изотермия	5	4	5	2	3	2	2	0
Вертикальные градиенты, °C/100 м (средние/максимальные значения)								
При инверсии	3,3/5,9	0,4/0,4	2,3/4,4	0,5/0,9	1,6/4,1	0,7/1,1	3,2/5,9	0,7/1,6
В отсутствие инверсии	0,7/0,7	0,5/1,3	0,5/1,1	0,7/0,9	0,4/0,7	0,6/1,3	0,7/1,1	0,6/1,8

Примечание: I – высотный отрезок 470-605 м; II – высотный отрезок 605-830 м.

Таким образом, можно определенно утверждать, что температурные инверсии обычны на западном склоне Южного Урала и ими обусловлен высотный спектр геоконплексов.

Информационные источники

1. Барри, Р. Погода и климат в горах / Р. Барри. – Л. : Гидрометеиздат, 1984. – 312 с.
2. Безуглая, Э. Ю. Инверсии температуры над территорией СССР / Э. Ю. Безуглая, Е. В. Виноградова, Л. И. Елекоева // Труды ГГО. – 1977. – Вып. 387. – С. 88-99.
3. Горичев, Ю. П. Высотная дифференциация лесных формаций на западном склоне Южного Урала (район широколиственно-темнохвойных лесов) / Ю. П. Горичев // Экология и география растений и растительных сообществ. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2018. – С. 194-198.
4. Горичев, Ю. П. Особенности орографии хребта Белягуш (Южный Урал) / Ю. П. Горичев, В. Ю. Горичев // Эколого-географические проблемы регионов России : материалы VIII всероссийской научно-практической конференции. – Самара : СГСПУ ; СаГА, 2017. – С. 40-43.
5. Горичев, Ю. П. Широколиственно-темнохвойные леса Южного Урала: пространственная дифференциация, фитоценотические особенности и естественное возобновление / Ю. П. Горичев, А. Н. Давыдычев, Ф. Х. Алибаев, А. Ю. Кулагин. – Уфа : Гилем, 2012. – 176 с.
6. Горчаковский, П. Л. Растительность и ботанико-географическое деление Башкирской АССР / П. Л. Горчаковский // Определитель высших растений Башкирской АССР. – М. : Наука, 1988. – С. 3-13.
7. Зубарева, Р. С. Лесообразующая роль микроклимата в темнохвойных типах леса Висимского заповедника / Р. С. Зубарева // 10 лет Висимскому государственному заповеднику. – Свердловск, 1981. – С. 12-14.
8. Зубарева Р.С. Термический режим темнохвойных лесов Среднего Урала как лесообразующий фактор / Р. С. Зубарева, В. М. Горячев // Роль экологических факторов в лесообразовательном процессе на Урале. – Свердловск : УНЦ АН СССР, 1981. – С. 3-16.

9. Козлов, В. И. Геологическая карта Южно-Уральского государственного природного заповедника. Масштаб 1:100000: Объяснительная записка / В. И. Козлов. – Уфа : ДизайнПресс, 2014. – 48 с.
10. Коломыц, Э. Г. Эколого-географические аспекты изучения горной тайги Среднего Урала / Э. Г. Коломыц // Темнохвойные леса Среднего Урала: Труды Института экологии растений и животных Уральского научного центра АН СССР. Вып. 128. – Свердловск, 1979. – С. 51-83.
11. Пучков, В. Н. Тектоника Башкирского мегантиклинория / В. Н. Пучков // Природный комплекс Южно-Уральского государственного природного заповедника и сопредельных территорий. – Уфа : Принт, 2008. – С. 163-178.
12. Физико-географическое районирование Башкирской АССР // Ученые записки БГУ. Серия географическая. – 1964. – Т. XVI, № 1.
13. Флора и растительность Южно-Уральского государственного природного заповедника / под ред. Б. М. Миркина. – Уфа : Гилем, 2008. – 528 с.
14. Ячменева, Н. В. Повторяемость инверсий и их влияние на уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Челябинске / Н. В. Ячменева, А. Ю. Гольвей // Вестник Челябинского государственного университета. Экология. Природопользование. – 2011. – № 5 (220), вып. 5. – С. 84-89.

Дрыгваль Анна Валерьевна,

младший научный сотрудник, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия; drygval95@mail.ru

Дрыгваль Полина Валерьевна,

ассистент, Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия; any-poly@mail.ru

Горбунов Роман Вячеславович,

кандидат географических наук, директор, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия; karadag_station@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ В ЗИМНИЙ СЕЗОН НА ОСНОВЕ ВНУТРИСУТОЧНЫХ СОСТОЯНИЙ В КАРАДАГСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: функционирование ландшафтов; ландшафты; ландшафтоведение; метеорологические параметры; зимний сезон; заповедники.

АННОТАЦИЯ. Работа посвящена изучению функционирования ландшафтов в зимний сезон за период 6 лет (2014–2019 гг.) на ключевом участке в Карадагском ландшафтно-экологическом стационаре. В качестве результатов функционирования ландшафтов в зимний сезон выделяется собственно «развитие», «уничтожение» как предпосылок, так и результатов функционирования ландшафтов, «накопление» предпосылок развития ландшафтов, а также смешанные категории. В отдельно взятый сезон отмечались различные категории результатов функционирования ландшафтов, которые имели место в различные периоды времени. В целом зима в период с 2014 по 2019 гг. характеризуется 46 вариациями типов погод на рассматриваемом участке. Относительно чередуясь между собой, в зимние сезоны доминируют то процессы накопления предпосылок функционирования ландшафтов, то процессы уничтожения предпосылок и результатов функционирования ландшафтов.

Anna V. Drygval,

Junior Scientist, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia

Polina V. Drygval,

Assistant, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Roman V. Gorbunov,

Candidate of Geography, Director, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia

SPECIFICITY OF THE LANDSCAPES FUNCTIONING DURING THE WINTER SEASON BASED ON INTRADAY STATES IN THE KARADAG NATURE RESERVE

KEYWORDS: functioning of landscapes; landscapes; landscape science; meteorological parameters; winter season; nature reserves.

ABSTRACT. The work is devoted to the study of the landscapes functioning in winter for the period of 6 years (2014-2019) in the site in the Karadag landscape-ecological station. As the results of the functioning of the landscapes in winter there are “development”, “destruction” of both prerequisites and results of the landscapes functioning, “accumulation” of prerequisites for the development of the landscapes functioning, as well as mixed categories. In this season, there were different types of landscapes functioning, which took place in different periods of time. In general, winter in the period from 2014 to 2019 is characterized by 46 variations of the weather types in the considered area. Relatively alternating with each other, in winter seasons the processes of accumulation and processes of destruction prerequisites and results dominate.

Исследование многолетних состояний ландшафтов, а также разработка методов их картографирования – сложная и актуальная задача. Понимание теории взаимодействия процессов внутри геосистем стало фундаментальной задачей, и она имеет экологическую ориентацию, так как выясняются разнообразные механизмы взаимодействия геосистем и их среды с тем, чтобы научиться адаптироваться к ходу природных реакций и процессов. Знание этих вопросов позволяет решать проблемы прогнозирования геосистем, их динамических закономерностей и тенденций [9].

Целью данного исследования было проанализировать результаты функционирования ландшафтов в зимний сезон за период 6 лет (2014-2019 гг.) на ключевом участке в Карадагском ландшафтно-экологическом стационаре (Крымский полуостров). В качестве исходных данных использовались внутрисуточные метеорологические показатели Карадагской станции фоновое экологического мониторинга (фиксация метеорологических показателей каждый час: количество осадков, влажность воздуха, температура воздуха, скорость ветра), а также материалы «Летописей природы» [1-6], где зафиксированы используемые нами показатели (поверхностный сток, изменение уровня грунтовых вод, наступление и окончание зимнего сезона). Оценка функционирования ландшафтов в зимний сезон проводилась на основе методики [7].

В качестве основных признаков оценивания брались следующие процессы [7] (диагностические признаки предпосылок функционирования ландшафтов): перемещение тепла, перемещение влаги, скорость ветра, осадки, образование снежного покрова, метелевый перенос снега, промерзание и оттаивание почвы, таяние снега, почвообразование, появление новых морфологических частей ландшафта или исчезновение старых, испарение с поверхности снежного покрова или почвы, сдувание снега при метели, поверхностный сток, изменение уровня грунтовых вод.

Необходимо отметить, что в зимний период 2016-го года нельзя с точностью оценить ситуацию, при которой происходило функционирование ландшафтов, т. к. по техническим причинам возникли сложности в получении метеоданных с Карадагской станции фонового экологического мониторинга. Только ряд данных за 2 дня (30 и 31 декабря 2015 г.) был взят для оценки зимнего сезона 2016 г.

Продолжительность сезона на протяжении рассматриваемых 6-ти лет сильно менялась от 6 до 67 дней. Зима наступала во временном интервале от 30 декабря (в 2015 и 2016 гг.) по 24 января (2014 г.). Окончание зимы отмечается в интервале с 9 января (2019 г.) по 21 февраля (2015 г.). Самая длинная зима была в 2017 г. – 67 дней, самый короткий зимний сезон был в 2019 г. – 6 дней [1-6].

В целом зима в период с 2014 по 2019 гг. характеризуется 46 вариациями типов погод на рассматриваемом участке.

Оцениваемые по методике [7] диагностические признаки были в дальнейшем отнесены к различным результатам функционирования ландшафтов. В качестве результатов функционирования ландшафтов в зимний сезон выделяется собственно «развитие», «уничтожение» как предпосылок, так и результатов функционирования ландшафтов, «накопление» предпосылок развития ландшафтов, а также смешанные категории. То есть в отдельно взятый сезон отмечались различные категории результатов функционирования ландшафтов.

Например, результат функционирования ландшафтов как «развитие» был отмечен в 2014, 2015, 2017 и 2018 гг. Причем во всех перечисленных годах присутствуют слабые процессы развития, однако в 2015 и 2018 гг. были отмечены типы погодных условий, в которых процессы развития отнесены к средней категории.

К процессам развития в зимний период были отнесены: таяние снега, почвообразование и появление новых морфологических частей ландшафта. Каждый из процессов вносит свой вклад в общую картину процесса развития.

На рисунке 1 изображены графики, показывающие вклад перечисленных зимних процессов в общий результат функционирования ландшафтов, связанный с «развитием» и «накоплением». В легендах представлены только те процессы, которые внесли вклад в результаты функционирования ландшафта.

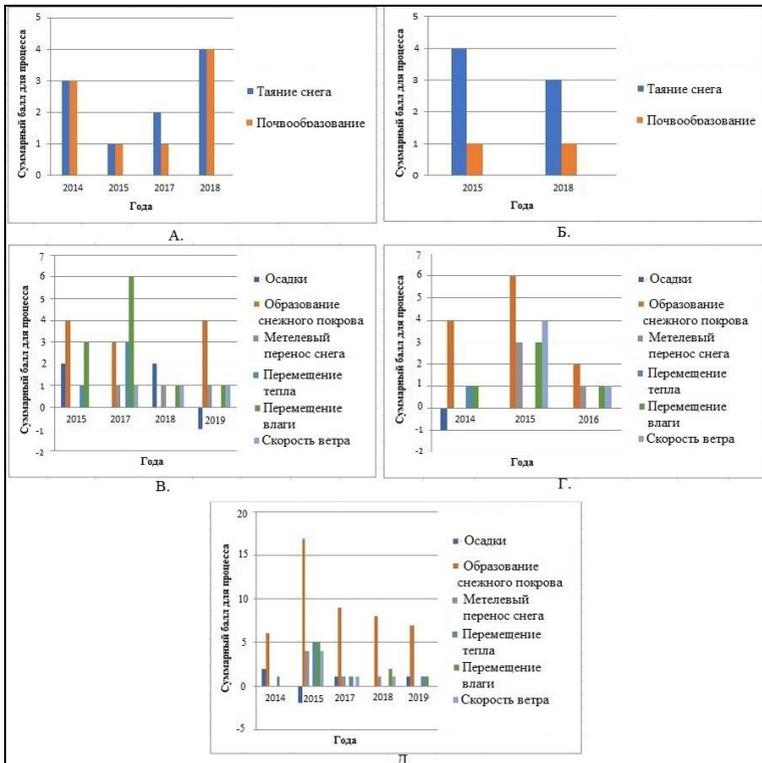


Рис. 1. Графики оценки вклада диагностических признаков (процессов) в общие результаты функционирования ландшафта, характеризующиеся как (А) «слабое развитие», (Б) «среднее развитие», (В) «слабое накопление», (Г) «среднее накопление», (Д) и «сильное накопление» в зимний сезон (в период 2014-2019 гг.)

Собственно развитие в основном было вызвано процессами таяния снега и процессами почвообразования. Почвообразование продолжается и в зимний сезон на Карадаге, т. к. промерзания почвенного покрова, которое могло бы остановить данный процесс, здесь не происходит. Также отмечается, что появления или исчезновения новых морфологических частей ландшафта в рассматриваемый период не происходило (рис. 1).

От года к году количество случаев, приводящих к развитию ландшафтов, меняется. Минимальное число случаев с развитием составляет – 1 (в 2017 г.), максимальное – 46 и 63 случаев наблюдения (в 2015 и 2018 гг. соответственно). В 2016 и 2019 гг. случаев установления типов погод, при которых происходит развитие ландшафтов, не наблюдается, скорее всего, за счет небольшой выборки данных в 2016 г. и за счет ко-

роткого зимнего периода в 2019. В последнем случае, короткий зимний сезон не характеризовался активными процессами таяния снега, происходили только кратковременные случаи накопления снежного покрова.

Одним из результатов функционирования ландшафтов при определенных погодных условиях стало «накопление» предпосылок развития ландшафтов. Среди процессов накопления в зимний период выделяются: перемещения тепла, перемещение влаги, скорость ветра, осадки, образование снежного покрова, метелевый перенос снега, а также промерзание и оттаивание почвы. Каждый из процессов вносит свой вклад в общую картину процесса накопления. В основном эти процессы становятся предпосылками, обеспечивающими впоследствии процессы развития. Так, выпадение осадков в виде снега является процессом накопления, таяние которого весной обеспечивает процессы развития функционирования ландшафтов [8].

Такой результат как накопление предпосылок развития ландшафтов был отмечен во всем рассматриваемом периоде с 2014 по 2019 гг. Для данного сезона характерны слабые, средние и сильные по интенсивности процессы накопления. В 2015, 2017-2019 гг. происходили слабые процессы накопления, средние по интенсивности процессы накопления характерны для зимних сезонов 2014, 2015 и 2016 гг., а сильные процессы, в свою очередь, встречаются во всех годах, кроме 2016 г. (что, возможно, связано с неполными метеорологическими данными зимнего сезона в этом году).

Необходимо отметить, что процесс «промерзание и оттаивание почвы» в зимний сезон в рассматриваемых ландшафтах не происходит, т. к. отрицательных температур в почвенном покрове не отмечается.

На графиках видно, что основными процессами, которые влияют на слабое накопление предпосылок, становятся «образование снежного покрова» (кроме 2018 года) и «перемещение влаги» (в основном в 2015 и 2017 гг.). В зимний сезон 2018 г. имеет преимущество процесс «накопление осадков» среди остальных, имеющих вклад в результат «слабое накопление». Также стоит отметить, что этот же процесс в 2019 г. отмечен отрицательным баллом, то есть гасит основной результирующий вклад в рассматриваемый результат функционирования ландшафта. Это происходит за счет того, что накопления осадков в зимний период при типах состояний, для которых характерно слабое накопление предпосылок, не происходит, а наоборот, осуществляется переход погодных условий в категорию уменьшения осадконакопления.

Отмечается, что не каждый выделяемый в зимний сезон процесс активно влияет на данный тип результата функционирования ландшафтов. Например, небольшое влияние метелевого переноса на общий процесс слабого накопления предпосылок присутствует только в 2017, 2018

и 2019 гг., тогда как в зимний сезон 2015 г. данный процесс не приносит свой вклад в данный вид результата функционирования ландшафтов.

Результат функционирования ландшафта, характеризующийся как «среднее накопление» отмечается в 2015, 2016 и 2017 гг. Доминирующим процессом, осуществляющим вклад в данный тип функционирования ландшафтов, является образование снежного покрова, а также можно отметить относительное преобладание процесса изменения скорости ветра в 2015 г. Стоит отметить, что процесс накопления осадков в 2014 г. отмечен отрицательным баллом, то есть гасит основной результирующий вклад в рассматриваемый результат функционирования ландшафтов.

«Сильное накопление» предпосылок функционирования ландшафтов встречается во все рассматриваемые годы, кроме 2016 г. (скорее всего за счет маленькой выборки доступных метеоданных в зимний период этого года). Эта категория функционирования ландшафтов также в основном существует за счет процесса образования снежного покрова, он значительно преобладает над остальными диагностическими процессами. Отмечается, что аналогично с другими категориями накопления предпосылок, для сильного накопления характерно преобладание не всех процессов, которые приносят вклад в данный вид функционирования ландшафтов. Здесь отмечаются процессы «метелевый перенос снега», «перемещение влаги», а также «изменение скорости ветра», которые имеют небольшой вклад в отдельные годы.

Процессы накопления в зимний период в основном определяются за счет процесса «образование снежного покрова». Не смотря на малоснежные зимы и довольно короткий по времени период нахождения снежного покрова на поверхности земли, за счет быстрых процессов таяния снежного покрова, периодически количество осадков позволяет выпасть слою снега более 5 см [1-6]. Это позволяет увеличивать интенсивность процессов накопления в ландшафтах именно за счет этого диагностического признака.

В качестве результата функционирования ландшафтов в зимний сезон выделяется «уничтожение» как предпосылок, так и результатов функционирования ландшафтов. Отмечается, что при выборе результата функционирования ландшафта между «уничтожением предпосылок» «уничтожением результатов» брались во внимание результирующие баллы «развития» и «накопления» в этом же типе состояний ландшафта. Выбиралась категория «уничтожение предпосылок», если итоговый балл больше у категории «накопление», чем у категории «развитие». И наоборот, выбиралась категория «уничтожение результатов», если результирующие баллы выше у «развития», чем у «накопления». Такой выбор категории функционирования ландшафтов позволяет определить категорию доминирующих процессов (после процессов уничтожения), на кото-

рые и будут направлены процессы уничтожения тех или иных накопленных или развитых эффектов в пределах ландшафтов.

К процессам уничтожения (как предпосылок, так и результатов функционирования ландшафтов) в зимний период были отнесены: испарение с поверхности снежного покрова или почвы, сдувание снега при метели, поверхностный сток, изменение уровня грунтовых вод, перемещение тепла, перемещение влаги, скорость ветра.

На рисунке 2 представлены графики, представляющие вклад перечисленных зимних процессов в общий результат функционирования ландшафтов, связанный с «уничтожением» предпосылок. В легендах представлены только те процессы, которые внесли вклад в результаты функционирования ландшафта.

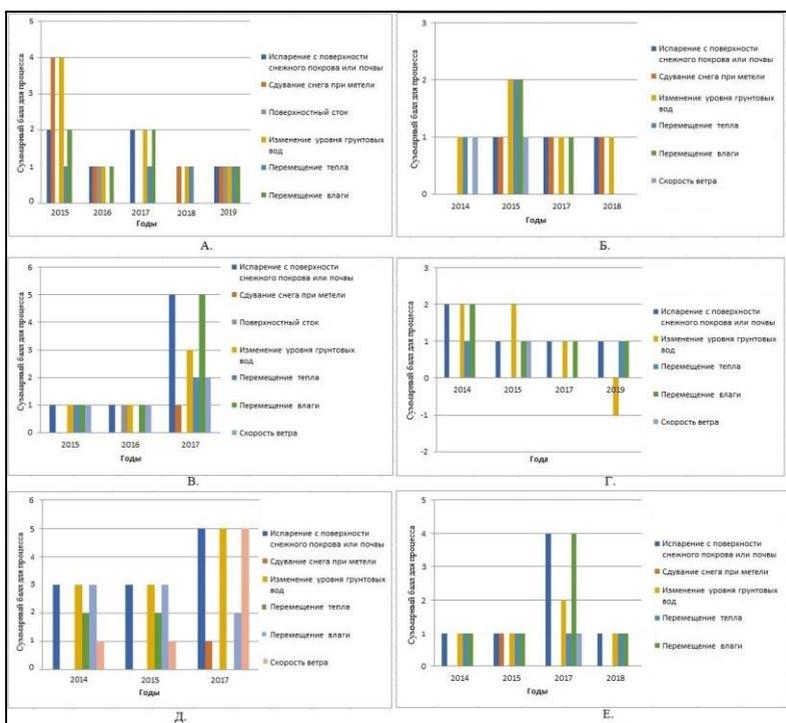


Рис. 2. Графики оценки вклада диагностических признаков (процессов) в общие результаты функционирования ландшафтов, характеризующиеся как (А) «слабое уничтожение предпосылок», (Б) «среднее уничтожение предпосылок», (В) «сильное уничтожение предпосылок», (Г) «слабое уничтожение результатов», (Д) «среднее уничтожение результатов» и (Е) «сильное уничтожение результатов» в зимний сезон (в период 2014-2019 гг.)

Результат «слабое уничтожение предпосылок» функционирования ландшафтов встречается практически во все рассматриваемые годы (кроме 2014 г.). Можно отметить, что данная категория функционирования встречается в большем количестве типов погод именно в 2015 г., о чем свидетельствует высокий суммарный балл некоторых процессов в этот период. Изменение уровня грунтовых вод и сдувание снега при метели преобладают над остальными диагностическими признаками ландшафта в 2015 г. Также необходимо отметить, что некоторые процессы не приносят свой вклад в общий результат «уничтожения предпосылок» функционирования ландшафтов ни в один год. К такому процессу относится ветровой режим, который проявляет себя в качестве процесса «уничтожения» при другой степени результата функционирования, но при слабом уничтожении никак себя не проявляет.

Похожая ситуация наблюдается для следующего уровня интенсивности процесса уничтожения предпосылок ландшафта – средний. Здесь, как и в случае слабого уничтожения, наибольший вклад процессов уничтожения приходится на типы состояния 2015 г. Здесь происходит усиление процессов изменения уровня грунтовых вод, перемещения тепла и влаги. Причем последние 2 процесса попали в категорию «уничтожения предпосылок» за счет похолодания или уменьшения количества влаги в рассматриваемых типах состояний. При потеплении или увеличении влажности воздуха – эти показатели попали бы в категорию «накопления» предпосылок функционирования ландшафтов. Важно отметить, что процессы поверхностного стока при результатах среднего уничтожения предпосылок в ландшафтах не проявляются в рассматриваемый временной период.

На графике видно (рис. 2Б), что практически все выделяемые диагностические процессы (кроме поверхностного стока) имеют одинаковый вклад в результат среднего уничтожения предпосылок в зимний период, исключая некоторые процессы в 2015 г.

Наибольшая интенсивность результата уничтожения предпосылок функционирования ландшафтов встречается в период от 2015 по 2017 г. Причем в большем количестве типов погод данный результат отмечен в 2017 г. В этом году процессы уничтожения проявлялись с разной интенсивностью, но преобладающими процессами являлись два взаимосвязанных процесса: испарение с поверхности снежного покрова и перемещение влаги. Такая интенсивность этих процессов говорит, что их активность была характерна для большего количества типов состояний в зимний сезон 2017 г.

Если говорить о результате функционирования ландшафтов «сильное уничтожение предпосылок» в 2015 и 2016 гг., то здесь процессы отличаются единичным суммарным баллом, так как только при одном

типе погод проявляется данный результат. Однако, если говорить о количестве наблюдений, то именно в 2015 г. происходит наибольшее количество наблюдений с данным результатом – 18,3% (и все они проявляются в рамках одного типа погодных условий). Можно предположить, что большой процент наблюдений в рамках одного типа погоды говорит об устойчивом состоянии рассматриваемых процессов, так как их сочетание встречается наиболее часто в рассматриваемом сезоне. Однако, возможны ситуации, при которых тот же самый тип состояния, но, например, проявляющийся в другой сезон, будет абсолютно неустойчив и будет отличаться единичными наблюдениями (долями процентов от общего количества наблюдений).

Результат функционирования ландшафтов «уничтожение результатов» был отмечен во всем рассматриваемом периоде с 2014 по 2019 гг., кроме 2016 г., что, скорее всего, связано с отсутствием необходимой информации по метеоданным в больший период этого года зимой. Графики на рисунке 2 показывают вклад процессов уничтожения, на развитие данного результата функционирования рассматриваемого ландшафта.

Говоря о «слабом уничтожении результатов» функционирования ландшафта, отмечается, что не все процессы участвуют в данной категории функционирования ландшафтов. Такие признаки как: сдувание снега при метели и поверхностный сток совершенно не проявляются в данном случае. Также отмечается отрицательное воздействие процесса «изменение уровня грунтовых вод» на общий процесс уничтожения результатов, это говорит о том, что данный процесс в некоторой степени ослабляет общий результат уничтожения развития функционирования ландшафтов зимой 2019 г.

При большем количестве типов погод проявляется результат функционирования «среднее уничтожение результатов» в ландшафтах. Так процессы испарения с поверхности снежного покрова, изменения уровня грунтовых вод и изменения скорости ветра активно проявляют себя зимой 2017 г., в большей степени влияя на общий результат уничтожения развития. Вклада в эту категорию результата процессов поверхностного стока и сдувания снега при метели не происходит.

Отмечается, что категории среднего уничтожения результатов функционирования ландшафтов в 2018 и 2019 гг. не происходит.

Сильное уничтожение результатов характерно для некоторых типов погодных условий, установившихся в 2014, 2015, 2017 и 2018 гг. Причем наиболее активно этот результат проявляется в 2017 г. Здесь в основном за счет испарения с поверхности снежного покрова или почвы и за счет перемещения влаги в воздухе осуществляется основной вклад в данный результат функционирования. Также интересно отметить, что поверхностный сток совершенно не проявил себя как процесс, влияющий

на уничтожения результатов функционирования, причем ни в одной категории интенсивности результата (слабой, средней или сильной).

Отмечено, что некоторые результаты функционирования ландшафтов были с параллельно идущими процессами функционирования, которые, тем не менее, вносили отдельно свой вклад в общую категорию функционирования ландшафтов, характеризующееся как собственно «развитие», «уничтожение» как предпосылок, так и результатов функционирования ландшафтов, «накопление» предпосылок развития ландшафтов.

Зимний сезон в период 2014-2019 гг. в целом характеризовался наличием как процессов накопления и развития, так и процессов уничтожения. Однако нужно отметить, что есть и результаты функционирования ландшафтов, при формировании которых участвуют с одинаковой силой разные категории функционирования ландшафтов (развитие, накопление предпосылок, а также уничтожение предпосылок и результатов) (рис 3).

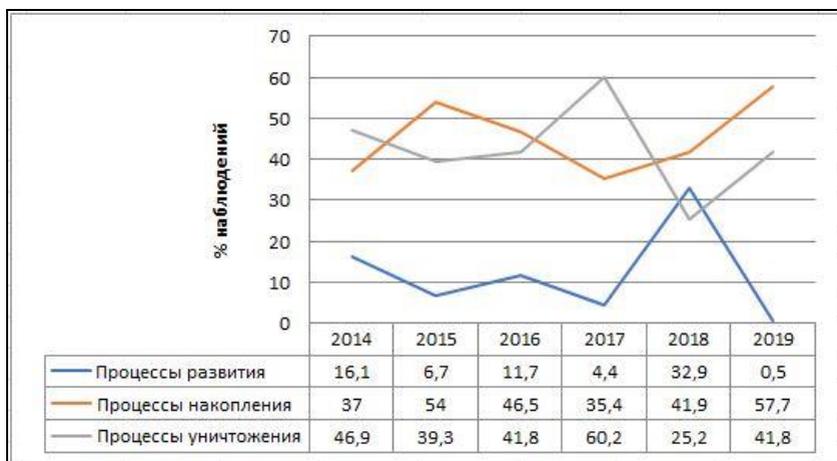


Рис. 3. График процессов, функционирования ландшафтов в зимний сезон, их соотношение и динамика в период 2014-2019 гг.

Путем группировки и сложения основных категорий процессов функционирования ландшафтов в зимний сезон, получены графики их соотношения и динамики в рассматриваемый период времени. По графику видно, что, относительно чередуясь между собой, в зимние сезоны доминируют то процессы накопления предпосылок функционирования ландшафтов, то процессы уничтожения предпосылок и результатов в ландшафтах. Процессы накопления преобладают в 2015, 2016, 2018 и 2019 гг. Процессы уничтожения доминируют соответственно в 2014 и 2017 гг. Отмечается резкое увеличение количества и интенсивности процессов развития в

ландшафтах в 2018 году и резкое ослабление процессов уничтожения как предпосылок к развитию, так и результатов в ландшафтах.

Как было отмечено в работе [8] главным предназначением зимних процессов является «накопить силы», то есть создать необходимые условия, для развития ландшафтов в последующие сезоны. Данное заключение справедливо и для изучаемых в этой работе ландшафтов. Однако по графику отмечается также тенденция преобладания процессов уничтожения каждые 2 года, однако для выявления такой тенденции как правило, необходимо рассмотреть больший период развития ландшафтов и функционирующих в нем процессов.

Работа выполнена по теме государственного задания ФИЦ Ин-БЮМ, регистрационный номер АААА-А19-119061190081-9.

Работа поддержана Программой стратегического академического лидерства РУДН.

Информационные источники

1. Летопись природы. Том XXXI 2014 год. – Карадаг, 2015. – 197 с.
2. Летопись природы. Том XXXII 2015 год. – Карадаг, 2016. – 189 с.
3. Летопись природы. Том XXXIII 2016 год. – Карадаг, 2017. – 198 с.
4. Летопись природы. Том XXXIV 2017 год. – Карадаг, 2018. – 239 с.
5. Летопись природы. Том XXXV 2018 год. – Карадаг, 2019. – 235 с.
6. Летопись природы. Том XXXVI 2019 год. – Карадаг, 2020.
7. Мамай, И. И. Динамика ландшафтов (Методика изучения) / И. И. Мамай. – М. : Изд-во МГУ, 1992. – 167 с.
8. Мамай, И. И. О вкладе зимних состояний природных территориальных комплексов в их развитие / И. И. Мамай // Известия русского географического общества. – 2007. – Т. 139. – С. 18-29.
9. Хромых, В. С. Некоторые теоретические вопросы изучения динамики ландшафтов / В. С. Хромых // Вестник Томского государственного университета. – 2007. – № 298. – С. 198-207.

Дряхлов Александр Григорьевич,

кандидат географических наук, доцент, Дальневосточный Федеральный университет, г. Владивосток, Россия; Dryakhlov1949@mail.ru

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ ВЕРХОВЬЕВ КОЛЫМЫ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водохранилища; ландшафты; ландшафтоведение; плотины.

АННОТАЦИЯ. В статье дается оценка воздействия Колымских водохранилищ на сезонную динамику развития ландшафтов.

Alexander G. Dryakhlov,

Candidate of Geography, Associate Professor, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

SEASONAL DYNAMICS OF DEVELOPMENT AND FUNCTIONING OF LANDSCAPES OF THE UPPER KOLYMA RIVER

KEYWORDS: reservoirs; landscapes; landscape science; dams.

ABSTRACT. The article assesses the impact of the Kolyma reservoirs on the seasonal dynamics of landscape development.

Изучение сезонной ритмики ландшафтов приобретает большое значение в связи с хозяйственным освоением и строительством крупнейших ГЭС в зоне многолетней мерзлоты, чтобы установить динамические тенденции развития природной среды. Сезоны представляют довольно большие отрезки времени, в которых заметны внутри сезонного изменения процессов и явлений. Это позволяет в каждом из них выделить отдельные фазы развития природы [3]. В. А. Фриш [5] считает, что, поскольку многолетние ритмы развития ландшафта слагаются из годовичных, сезонных, суточных, открывается возможность предсказания многолетних тенденций развития ландшафта по его кратковременным изменениям.

В результате изучения взаимосвязей сезонной ритмики природных явлений выделены основные фазы годового цикла развития ландшафтов. Конкретными критериями установления сроков начала и окончания фаз служили среднесуточные температуры воздуха, как комплексный показатель взаимодействия основных климатообразующих факторов с подстилающей поверхностью, морфологическими показателями и биотой, четко регистрируемой во времени [1].

За начало зимы принималась дата перехода среднесуточной температуры воздуха через -7°C и установление устойчивого снежного покрова. По этим параметрам в районе Колымских водохранилищ зима начинается в среднем с 8 октября и длится 225 суток, т. е. более полугода. Весна длится всего 26 суток. За начало весны принимается дата пере-

хода среднесуточной температуры воздуха через + 5-7°C при устойчивом повышении максимальной температуры через 0°C. На исследуемой территории весна начинается 21 мая. Лето начинается 15 июня и длится 67 суток, т. е. немногим более двух месяцев; за начало лета принималась дата перехода температуры воздуха через +12°C.

За окончание лета и начало осени принимали дату перехода температуры через +12°C. Осень начинается 22 августа. Ее продолжительность составляет 47 суток (рис. 1).

Всего выделено 10 фаз развития ландшафтов. Фаза ранней весны (середина апреля – середина мая) характеризуется сменой отрицательных температур воздуха положительными; начало снеготаяния днем, возникновение проталин на южных склонах, однако снежный покров почти сплошной. Выпадение осадков обычно в твердой фазе; в это же время наблюдается нарастание наледей. Ледовый покров на реках еще устойчив и прочен, но полыньи увеличиваются. Средняя минимальная температура для этого периода отрицательная, хотя приближается к 0°C.

В фазе снеготаяния (середина мая – конец мая) происходит перестройка атмосферной циркуляции к циклонической с повторяемостью циклонов до 50%. Радиационный баланс переходит к положительным значениям, но невелик (83,3 – 167,6 МДж/кв.м*мес). Средние суточные температуры воздуха +4-6°C. В этот период интенсивность таяния снега велика, происходит разрушение и сход снежного покрова, нередко случаи временного восстановления снежного покрова. В реках и ручьях отмечается начало стока. Наблюдается первый максимум миграции животных и предвегетационные процессы в растительности, происходит формирование кроны лиственницы, которая в основном завершается к 20 мая. В конце мая у кедрового стланика и ольхи появляются незрелые семена, а у карликовой березки и кустарниковой ивы – первые листья. Такие виды, как багульник болотный, малина, смородина в 20-х числах вступают в стадию бутонизации: 17-25 мая отмечается прорастание хвоща, папоротника и плауна.

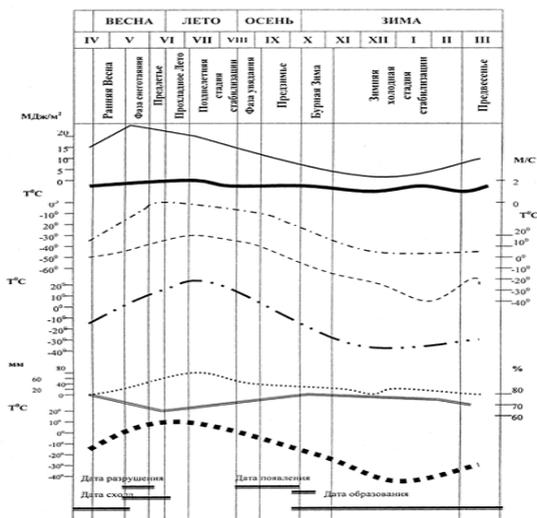


Рис. 15 Структура сезонного ритма развития ландшафтов верховьев р. Колымы (составил автор)
 Основные обозначения структурной схемы сезонного режима развития ландшафта.

- | | | |
|----|--------------|---|
| 1. | — | Радиационный баланс. Држ/м ² мл. |
| 2. | — | Скорость ветра, м/с. |
| 3. | - - - - - | Минимальная температура воздуха С ⁰ |
| 4. | · · · · · | Максимальная температура воздуха С ⁰ |
| 5. | - · - · - · | Средне месячная температура поверхности почвы, С ⁰ . |
| 6. | -x-x-x-x-x-x | Осадки, мм. |
| 7. | — | Относительная влажность воздуха, %. |
| 8. | xxxxxxxxxxxx | Устойчивый снежный покров. |
| 9. | oooooooooooo | Средняя месячная температура воздуха, °С. |

Рис. 1. Структура сезонного ритма развития ландшафтов верховьев р. Колымы

Для некоторых растений с очень коротким вегетационным периодом, например, для подснежников, наступает пора отцветания.

Таблица 1

Стадии фенофазы растительности района Колымских водохранилищ

Вид растений	Стадии фенофазы					
	Вегетация (Вег)	Полное цветение (Ц ₂)	Отцветание (Ц ₃)	Плоды (семена) незрелые (П ₁)	Плоды (семена) зрелые (П ₂)	Осыпание плодов (П ₃)
Листваница	с 10.05 по 01.10	-	-	-	-	-
Кедровый стланик	-	-	-	с 25.05 по 20.07	с 20.07 по 10.09	с 0.09 по 25.09
Ольховый стланик	с 15.05 по 01.05	-	-	с 25.05 по 30.06	с 01.07 по 30.07	с 01.08 по 20.08
Карликовая береза	с 20.05 по 01.10	-	-	начало августа	середина августа	конец авгу- ста
Кустарниковая ива	с середины мая по 01.10 с 25.05 (бутониза- ция)	середина июня	с 20.06 по 15.07	с 05.07 по 20.07	с 20.07 по 10.08	с 10.08 по 10.09
Багульник болотный	с 25.05(бутонизация)	середина июня	с 20.06 по 15.07	с 05.07 по 20.07	с 20.07 по 10.08	с 10.08 по 10.09
Жимолость	с 25.05 по 20.09	с 20.06 по 02.07	с 01.07 по 20.07	с 20.07 по 05.08	середина ав- густа	начало сен- тября
Шиповник	июнь-сентябрь	с 20.06 по 08.07	с 26.06 по 15.07	с 02.07 по 06.08	с 04.08 по 10.06	с 05.09 по 28.09
Малина	с 25.05 (бутониза- ци)	с 20.06 по 05.07	с 26.06 по 12.07	с 07.07 по 20.07	с 20.07 по 07.08	с 07.08 по 30.08
Смородина	с 25.05 (бутониза- ци)	июнь, июль	июль, август	с 25.06 по 15.07	с 15.07 по 09.08	с 01.08 по 20.08
Рододендром	июнь, август	конец июня	начало июля	конец июля	начало авгу- ста	середина августа

Продолжение таблицы 1

Вид растений	Стадии фенофазы					
	Вегетация (Вег)	Полное цветение (Ц ₂)	Отцветание (Ц ₃)	Плоды (семена) незрелые (П ₁)	Плоды (семена) зрелые (П ₂)	Осыпание плодов (П ₃)
Голубика	июнь-сентябрь	-	начало июня	с 20.06 по 10.07	с 18.0 по 30.08	с 15.08 по 25.09
Брусника	с 20.05	конец июня 06.07	с 26.06 по 10.0	с 10.07 по 20.08	с 20.08 по 20.09	с 20.09 по 10.10
Шикша	май сентябрь	начало июня	начало июля	с 20.06 по 18.0	с 19.07 по 15.08	с 15.08 по 25.09
Морошка	июнь август	конец июня	июль	с 18.07 по 30.07	с 20.07 по 10.08	с 05.08 по 20.08
Кипрей	с 20.05 по сентябрь	с 28.06 по 25.07	конец июля	с 27.07 по 10.08	середина августа	конец августа
Камнеломка	с 20.05 по 20.06	конец июня	с 08.07 по 25.07	с 25.07 по 10.08	середина августа	начало сентября
Папоротник	июнь август	-	-	-	-	-
Осока	май сентябрь	-	-	-	-	-
Вейник	июль сентябрь	-	-	с 21.06 по 02.07	с 29.06 по 15.07	с 20.07 по 25.08
Злаковые	июнь сентябрь	-	-	-	с 29.06 по 15.07	
Пушица	-	с 26.06 по 05.07	начало июня	начало августа	середина августа	-

Составлена автором.

В конце мая – середине июня начинается предлетье. В это время большая часть земной поверхности свободна от снежного покрова, случаи установления снежного покрова очень редки. В этот период средняя минимальная температура обычно выше 0°C. Наблюдается окончание заморозков и оттаивание почвы, а также максимальная активность флювиальных и гидротермических процессов рельефообразования. В биоте происходит формирование летне-зеленой части растительности и активизация почвенных животных. Многие представители растительности района в начале – середине июня вступают в стадию цветения, для кустарников эта пора начинается раньше (5-15 июня), а для травостоя – позже (12-27 июня).

Фаза раннего прохладного лета – середина июня-начало июля. Начинается активная циклоническая деятельность с повторяемостью циклонов до 50%. В этот период радиационный баланс положительный (251,4-335,2 МДж/кв.м*мес). Осадки почти во всех случаях выпадают в жидкой фазе, периодически наблюдаются грозы. Происходит окончание формирования летне-зеленой части растительности, а также пора полного цветения большинства видов растений, которая приходится на конец июня – начало июля: камнеломка, мятлик, тысячелистник, твердо хлебца, мышинный горох и др. цветут с 28 июня по 7 июля, шиповник и малина – с 20 июня по 5 июля, рододендрон и морошка – с 25 июня по 6 июля. Необходимо отметить, что в формировании и отмирании летне-зеленой части растительности выделяется резкий переход стадий фенофазы, что связано с суровостью климата. Так, например, для багульника и голубики стадия бутонизации наступает 25 мая – 1 июня, расцветание и полное цветение – 5 июня-15 июня, отцветания и созревание плодов – 15 июля – 1 августа, а к середине августа происходит осыпание плодов. Для брусники и кипрея также характерен короткий период вегетации, но временные сроки его сдвинуты стадия бутонизации – 20-25 июня, цветение – 26 июня – 10 июля, созревание плодов – 27 июля – 1 августа.

Позднелетняя фаза стабилизации (начало июля – середина августа) характеризуется устойчивой высокой температурой воздуха и прогреванием почвы. Наблюдается максимальная напряженность процессов роста, расходование элементов минерального питания и почвенной влаги, интенсивное поедание животными и разложение органической массы. Почти все снежники в горах оттаивают к концу фазы, остаются только перелетки. Среднесуточная температура воздуха составляет +14-16 град. С, отдельные дни может достигать +30 град. С.

В осеннюю фазу увядания (середина августа – начало сентября) преобладает циклоническая циркуляция, но повторяемость циклонов уменьшается, радиационный баланс положителен (до 125 МДж/кв.м*мес). Средняя минимальная температура около 0°C, наблюдается ее переход к отрицательным среднесуточным температурам. В этот период осадки вы-

падают в виде дождя и снега, кратковременно устанавливается снежный покров, на реках появляются забереги и шуга. В это время прекращается рост и происходит перестройка биоты. В растительном покрове наблюдается отмирание летне-зеленой части, а к концу августа начинает осыпаться хвоя лиственницы, у багульника, смородины, голубики, и других кустарников происходит опадание плодов, травостой желтеет и высыхает к 3-4 сентября, лиственные деревья теряют крону.

Предзимье – переходная осенне-зимняя фаза становления снега (начало сентября – начало октября). Отмечается распространение отрога азиатского барического максимума с повторяемостью антициклонов до 50%. Радиационный баланс близок к 0 и переходит к отрицательным значениям. Отмечается преобладание отрицательных температур воздуха, а также ледовые явления на реках и озерах; происходит завершение активной жизнедеятельности биоты, устанавливается временный или неглубокий снежный покров.

Самый холодный период – фаза бурной, ветреной зимы (начало октября – начало ноября). В это время наблюдается выхолаживание воздуха (без оттепельного периода) и промерзание оттаявшего слоя почвы, снегонакопление, пассивное состояние биоты, господство антициклонического режима. Радиационный баланс – отрицательный.

Зимняя холодная фаза стабилизации (начало ноября – начало марта). В этот период господствуют сильные морозы, суточный ход температуры незначительный; сплошной, устойчивый, почти не тающий снежный покров. Происходит выпадение осадков в твердой фазе, образуется ледовый покров на крупных реках, озерах и водохранилищах.

Предвесенне (начало марта – середина апреля) – наступление умеренной продолжительности светлой части суток и резкое возрастание инсоляции; температура воздуха повышается; снижается повторяемость антициклонов сильные ветры наблюдаются редко, радиационный баланс близок к 0. Еще сохраняются сильные ночные морозы, днем же они ослабевают. Отмечается перестройка биоты к активному существованию.

Остановимся на главнейших взаимосвязях в геосистеме, уделяя основное внимание тем особенностям, которые не могут быть выявлены без учета посезонной динамики явлений. В таежных геосистемах изменение количества тепла – важнейшая причина перестройки всех процессов, а, следовательно, смены сезонных фаз [2]. Очень резок контраст температуры воздуха между летней и зимней фазами – более 50°C. Последняя при это и почти вдвое продолжительнее первой.

В почве периоды с положительными и отрицательными температурами приблизительно одинаковы. В отличие от воздуха корнеобитаемый слой зимой остается относительно теплым. Но он слабо прогревается летом, так что годовая амплитуда составляет не более 15° на глубине

0,3-0,4 м. Это показывает одну из важнейших сторон ландшафт образующей роли снежного покрова, который в значительной мере нейтрализует воздействие характерных для района сильного зимнего охлаждения и резко континентального климата.

Зимняя и летняя фазы неодинаковы и в смысле длительности воздействия на следующие за ними переходные сезоны, что хорошо видно по расположению фаз относительно астрономических времен года. Так, вследствие зимнего охлаждения явно сказывается почти до времени летнего солнцестояния. В течение неполного месяца после осеннего равноденствия опять устанавливается зимний режим. Весной «остаток» зимнего холода существует в виде снежного покрова, который, сохраняясь до второй половины мая, препятствует оттаиванию почвы и началу вегетации. Длительное залегание снега укорачивает время прогревания почвы, что является одной из причин сравнительно низкой летней температуры корнеобитаемого слоя (5-10°C).

Дефицит тепла, обусловленный большой длительностью и интенсивностью охлаждения деятельного слоя, сказывается на режиме увлажнения геосистем, но эта связь достаточно сложна.

Так, в годовом ходе минимум атмосферных осадков совпадает с минимумом температуры воздуха. Но из-за низких температур зимой очень ограничен расход воды. Зимой в виде снежного покрова накапливается до 170 мм влаги. Эта влага, мобилизуемая только весенним теплом, – главный источник «водородных» процессов функционирования геосистемы – интенсивного стока, промачивания почвы, размыва субстрата. Важно, однако, то, что заметно снижает интенсивность промачивания и денудации.

Накапливающаяся зимой в корнеобитаемом слое влага образует ледяные линзы, раздвигающие почвенные слои. При этом происходит также сезонные колебания поверхности: зимой она повышается, летом по мере вытаивания ледяных линз оседает. На склонах сопек, где летом почва оттаивает лишь на несколько десятков сантиметров, гидрометрические движения вызывают рост бугров пучения и углубление находящихся между ними западин.

При рассмотрении связей между теплом и влагой надо еще заметить, что последняя сказывается на термике почвы не только зимой, выступая в виде снега. Влага имеет обогревающее значение и летом, ибо температура дождевой воды часто выше температуры почвы. Теплее почвы также воды снеготаяния, весной стекающие по поверхности. Они ускоряют оттаивание почвы. Особенно сильно этот эффект сказывается на природных режимах в водосборных понижениях, где концентрируется сток с окружающих склонов и водоразделов. В целом увлажнение в от-

личие от термического фактора чаще всего смягчает проявление резко континентального климата.

Укажем также, что отмеченные выше переломные переходы в ходе гидротермических показателей в целом увязываются и с важнейшими этапами жизнедеятельности биотического сообщества. Так, например, велика роль снежного покрова. Снег оказывает существенное влияние на внешний вид растений, особенно деревьев и кустарников. Под влиянием ветров, несущих массу снежинок, стволы деревьев, не защищенных снежным покровом, подвергаются снеговой коррозии. Это приводит к тому, что стволы оголяются от коры и сучьев, а вершины в некоторых случаях усыхают, образуя низкорослые формы. Кроме механического влияния на морфологические особенности деревьев ветер влияет и через температуру, влажность и глубину промерзания. Кедровый стланик, широко распространяясь здесь, способен пригибаться к земле при понижении температуры и вновь выпрямляться при потеплении. Это обеспечивает ему благоприятную зимовку в малоснежные зимы. Впервые это явление отмечено В. Б. Сочава и А. Н. Лукичевой [4] для Восточной Сибири. Необходимо добавить, что с динамикой термических условий в первую очередь связано и сезонное развитие биотических сообществ в течение вегетационного периода.

В заключение следует отметить, что сезонному ритму ландшафта данного пояса свойственны холодный длительный период с низкими температурами, глубоким промерзанием почв и неравномерным по мощности снежным покровом, короткий период проявления биотических процессов, а также сильные ветры в первую половину зимы. Сезонные ритмы – один из важнейших факторов динамики ландшафта, которые необходимо учитывать в хозяйственной деятельности.

Информационные источники

1. Вендров, С. Л. Водохранилища и окружающая природная среда / С. Л. Вендров, К. Н. Дьяконов. – М. : Наука, 1976. – 250 с.
2. Галахов, Н. Н. Климатический режим по сезонам года в приморской и континентальной местностях полуострова Камчатки (на примере Петропавловска-Камчатского) / Н. Н. Галахов // География и генезис почв Магаданской области / под ред. А. П. Игнатенко. – Хабаровск : ДВНЦ АН СССР, 1980.
3. Дряхлов, А. Г. Климатический режим и сезонная динамика развития ландшафтов верховьев Колымы / А. Г. Дряхлов // Межвузовский тематический сборник / Деп. в ИЦ ВНИИГМИ МЦД № 820-ГМ 88. – 1988. – С. 44-56.
4. Сочава, В. Б. К географии кедрового стланика / В. Б. Сочава, А. Н. Лукичева // Доклады АН СССР. – 1953. – Т. 90, № 6. – С. 1163-1166.
5. Фриш, В. А. Сезонная динамика Белорусского Поозерья / В. А. Фриш // Известия ВГО. – 1974. – Т. 106, вып. 1. – С. 11-17.

Колпащиков Леонид Александрович,

доктор биологических наук, руководитель научного отдела, ФГБУ «Заповедники Таймыра», г. Норильск, Россия

Михайлов Владимир Валентинович,

доктор технических работ, профессор, ведущий научный сотрудник, Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, Россия

РОЛЬ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В СОВРЕМЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОЛЕНЬИХ ПАСТБИЩ И ПРОБЛЕМЫ ИХ СОХРАНЕНИЯ НА ТАЙМЫРЕ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: северные олени; среда обитания; лишайники; загрязняющие вещества; климат; олени пастбища.

АННОТАЦИЯ. В современный период Таймыр становится одним из наиболее осваиваемых человеком районов Арктики. Это влечет за собой негативную трансформацию представленных здесь растительных сообществ и снижение кормового качества сезонных пастбищ популяций диких и домашних северных оленей. Наблюдаются существенные регрессивные изменения в структуре таймырской популяции диких северных оленей. В этом процессе заметно стала проявляться роль изменяющихся условий среды обитания, происходящих под воздействием природных и негативных антропогенных факторов. Особую тревогу вызывает ухудшение и деградация оленьих пастбищ и их важнейшего компонента – лишайников, составляющих основу зимнего рациона северных оленей. В отличие от кустарников и травянистых растений, лишайники более подвержены внешнему воздействию и быстро выпадают из состава растительных группировок, что приводит к потере их пастбищной ценности. В настоящее время стоит задача изучения изменения продуктивности лишайниковых пастбищ их видового разнообразия в зависимости от антропогенных и экологических факторов природной среды. Это даст возможность показать изменения видового разнообразия и продуктивности лишайниковых кормов северных оленей под воздействием интенсивного выпаса животных в условиях воздействия антропогенных и климатических факторов.

Leonid A. Kolphashchikov,

Doctor of Biology, Head of Scientific Department, Federal State Budgetary Institution “Reserves of Taimyr”, Norilsk, Russia

Vladimir V. Mikhailov,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher, Saint Petersburg Federal Research Center Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

ANTHROPOGENIC AND NATURAL FACTORS OF MODERN TRANSFORMATION OF VEGETATION OF REINDEER PASTURES OF THE TAYMYR PENINSULA

KEYWORDS: reindeer; habitat; lichens; pollutants; climate; reindeer pastures.

ABSTRACT. In the modern period, Taimyr is becoming one of the most explored areas of the Arctic. This entails a negative transformation of the plant communities represented here and a decrease in the forage quality of seasonal pastures of wild and domestic reindeer populations. Significant regressive changes are observed in the structure of the Taimyr population of wild reindeer. In this process, the role of changing environmental conditions, occurring under the influence of natural and negative anthropogenic factors, began to manifest itself. Of particular concern is the deterioration and degradation of reindeer pastures and their most important component – lichens, which form the basis of the winter diet of reindeer. Unlike shrubs and herbaceous plants, lichens are more susceptible to external influences and quickly drop out of plant groups, which leads to the loss of their grazing value. At present, the task is to study the change in the productivity of lichen pastures of their species diversity, depending on the anthropogenic and ecological factors of the natural environment. This will make it possible to show changes in the species diversity and productivity of lichen forage for reindeer under the influence of intensive grazing of animals and under the influence of anthropogenic and nation factors.

Полуостров Таймыр представляет собой самую северную материковую часть Евразии с крупнейшим единым участком тундры. Это единственный на территории России тундровый массив, включенный в список 200 ценнейших экорегионов мира. На территории с площадью суши более 900 000 кв. км обитают популяции диких и домашних северных оленей. Гнездование сотен тысяч пар гусей, уток, чаек и куликов послужило причиной включения водно-болотных угодий Таймыра в список территорий, охраняемых по международной конвенции РАМСАР.

В современный период Таймыр становится одним из наиболее осваиваемых человеком районов Арктики. Это влечет за собой негативную трансформацию представленных здесь растительных сообществ и снижение кормового качества сезонных пастбищ популяций диких и домашних северных оленей. Среди форм антропогенной трансформации экосистем Таймыра можно выделить: строительство городов и поселков, промышленных коммуникаций, транспортных магистралей и газопроводов, поиск и добычу полезных ископаемых, интенсивное судоходство и продление навигации на реках, загрязнение воздуха, воды и почвы промышленными выбросами, использование гусеничного транспорта, пожары и браконьерство. Каждая из этих форм в той или иной степени действует на компоненты тундровых биогеоценозов, вызывая зачастую негативные (обратимые и необратимые) последствия.

Общеизвестно мнение, что в связи с общей экстремальностью абиотической среды, выраженной динамичностью и длительностью восстановительных процессов, тундровые экосистемы весьма чувствительны к воздействию человека [1; 5; 11].

В условиях Таймыра антропогенное воздействие на природную среду наиболее существенно в окрестностях городов, поселков и вдоль

сухопутных и водных магистралей. В связи с тем, что значительная часть территорий, осваиваемой диким северным оленем в период осенних и весенних миграций уже в настоящее время испытывает влияние хозяйственной деятельности, наблюдается трансформация их растительного покрова и в целом снижается кормовое качество сезонных пастбищ.

В процессе ежегодных миграций многотысячные стада диких северных оленей осваивают огромные пространства Таймыра. В центральной части региона пастбищами для животных служит вся территория от побережья Ледовитого океана до плато Путорана.

В связи с тем, что территория огромна, она охватывает самые разные ландшафты с присущими им типами растительности. По геоботаническому районированию территория охватывает три зоны: зона арктических тундр, субарктических (типичных и южных) тундр и лесотундру. Характер использования пастбищ определяется комплексом факторов, среди которых важное значение имеют наличие и качественный состав кормов. Ведущую роль в распределении оленей на пастбищах играет и доступность кормов, особенно в снежный период [3; 4]. Кормом северному оленю служат представители как цветковых (высших) растений, так и споровых (в первую очередь – лишайники). Если у цветковых происходит закономерная смена периода активной вегетации периодом покоя, то рост и развитие споровых, хотя и более медленными темпами, продолжают в течение года. В целом это вызывает неравномерность использования сезонных пастбищ.

Наступление и продолжительность вегетационного периода, а также распределение растений по территории зависят от температурного режима, который в пределах широтной протяженности Таймыра изменяется довольно значительно. Соответственно изменяется и временной период использования пастбищ.

Пастбища Таймыра обеспечивают оленей самым разнообразным кормом, от состояния и качества которых зависит и само существование популяции как диких оленей, так и их домашних сородичей. Поэтому их сохранение является одной из главных задач в решении природоохранных проблем региона в целом и охраны среды обитания животных в частности. Особенно это становится актуальным в условиях продолжающегося снижения численности диких северных оленей, при которой важно знать какую роль играют природные и антропогенные факторы на растительный покров пастбищ и отдельные виды корма.

Скусывание листвы и молодых побегов кустарников в период вегетации способствует новому заложению листовых почек и побегообразованию, которые с началом весеннего периода вновь продолжают свой рост и развитие. Механического повреждения от копыт диких животных ивы и березка также не испытывают, поскольку их невысокие кусты

значительно утолщены в мощную моховую дернину. Большинство травянистых растений, особенно массово потребляемые оленем злаковые и осоковые, обладают способностью к вегетативному размножению, поэтому скучивание их цветоносных побегов до созревания и рассеивания семян не приводит к гибели растений. Быстрое отрастание отчужденной фитомассы способствует ее ежегодному возобновлению [7].

Все положения относительно влияния диких оленей на растительный покров принимаются априори, исходя из биологических особенностей растений. Фактические материалы, подтверждающие или опровергающие эти положения, отсутствуют, поскольку специальных исследований по изучению ответной реакции высших растений на воздействие диких животных на Таймыре не проводилось. Изучение этого вопроса является весьма актуальным и должно стать неотъемлемой частью экологического мониторинга.

Лишайниковые корма являются неотъемлемой частью рациона северных оленей в снежный период года. И хотя многие исследователи подвергают сомнению их значение в питании диких животных, тем не менее факты свидетельствуют об обратном: дикие олени всегда поедают лишайники на тех пастбищах, где они имеются даже в незначительном количестве. В снежный период, когда кустарниковые и травянистые растения представлены лишь малопитательным ветошным кормом, а запасы подснежной зелени незначительны в силу биологических особенностей растений, энергетические потребности оленей восполняют именно лишайники.

Лишайники являются характерным компонентом растительного покрова Таймыра. Они представлены значительным числом видов и распространены чрезвычайно широко – от полярных пустынь до таежной зоны. В то же время кормовую ценность для оленей имеет лишь ограниченное число видов; их часто объединяют в понятие «ягель». Основными кормовыми лишайниками на Таймыре являются кустистые виды рода кладония – *Cladonia (Cladonia stellaris, C. rangiferina, C.arbuscula)*, а также цетрарии (*Cetraria cucullata, C.islandica*). И хотя олень поедает также некоторые другие виды кладин и цетрарий, а также пепельники и алектории, о достоинстве пастбищ судят по наличию именно основных кормовых лишайников. В отличие от прочих видов лишайников они наиболее представительны в составе растительных сообществ и образуют в отдельных районах мощные моно-видовые покровы.

В отличие от кустарников и травянистых растений, лишайники более подвержены внешнему воздействию и быстро выпадают из состава растительных группировок, что приводит к потере их пастбищной ценности.

Ухудшение качества лишайниковых пастбищ является проблемой всех северных территорий. На Таймыре современная пастбищная ситуа-

ция такова, что зимнее содержание оленей возможно только в его западной и юго-западной частях территории – на лево- и правобережье Енисея, где продуктивность лишайниковых пастбищ поддерживается на достаточно высоком уровне. Однако и здесь проблемы сохранения лишайниковых пастбищ стоят достаточно остро.

В последние годы на лишайниковые пастбища левобережья Енисея усиливается пресс техногенного воздействия. Это связано с продолжающейся эксплуатацией ниток газопровода Мессояха-Норильск и строительством новой трассы газопровода Северосоленинское-Пелятка. В результате отчуждения части территории под непосредственное строительство и возникновения искусственных преград, коими стали нитки трубопроводов, нарушилась схема миграций оленьих стад и усилилась нагрузка на пастбища, расположенные вблизи мест перехода через трубопроводы. Кроме того, лишайниковые пастбища уничтожаются тяжелой гусеничной техникой, используемой здесь круглогодично. Облет трассы газопровода осенью 2000 г. показал, что колеи от вездеходной техники уходят от инспекторской дороги, вглубь белеющей от обилия лишайников тундры, хаотично покрывая близлежащие пространства на десятки километров. Без упорядочения мер по использованию тяжелого транспорта в районах Севера и строгого контроля за их выполнением уничтожение пастбищ будет продолжаться и в дальнейшем.

Периодически стада диких северных оленей мигрируют в период сезонных миграций с летних пастбищ Таймыра на левый берег Енисея, где они используют лишайниковые пастбища территории бывших совхозов «Заря Таймыра» и «Тухард», в которых содержится основное поголовье домашних оленей Таймыра (до 134 тыс. голов). С усилением нагрузки, которую испытывает растительный покров под воздействием выпаса и домашних, и диких оленей, положение с пастбищами для домашнего оленеводства может оказаться критическим, а последствия – катастрофическими. И пример этому – Центральный Таймыр.

Аналогичная ситуация продолжает оставаться в восточной части Таймырского округа, также испытывающей влияние, выпасающийся здесь стад диких северных оленей. Хотя следует признать некоторое снижение их воздействие на пастбища вследствие снижения поголовья диких северных оленей ввиду завышенных норм изъятия этих животных промыслом, который в настоящее время стал основным фактором снижения их численности.

Причиной ухудшения состояния лишайниковых покровов является и будет оставаться в дальнейшем человеческий фактор – отношение оленеводов к пастбищам, на которых они выпасают стада домашних оленей, и до тех пор, пока ими не будет признана необходимость соблюдения

технологии выпаса животных и поддержания пастбищеоборота, без которых невозможно сохранение продуктивности пастбищ.

К одному из мощных факторов негативного воздействия на растительный покров региона следует отнести и производственную деятельность Норильской горной компании, в результате которой в атмосферу попадают и переносятся на большие расстояния значительные объемы загрязняющих веществ. Современные данные, полученные при анализе растительных и животных проб, отобранных с разноудаленных от источника выбросов площадок, свидетельствуют о серьезных изменениях природной среды в радиусе свыше 100 км. Растительный покров и в целом вся окружающая среда за пределами 100-километрового расстояния в северном направлении от источника загрязнения свободна от наличия загрязняющих веществ, о чем свидетельствуют данные о циркуляции элементов в трофических цепях биоценозов и содержании тяжелых металлов в других биологических объектах (рыбы, мелкие грызуны и др.). Так, анализ донных отложений из озера на северо-востоке Таймыра показал отсутствие поступления элементов из атмосферы, а концентрация тяжелых металлов в тканях рыб и леммингов не превышает таковую в образцах из других точек Арктического Севера [2; 18; 20].

Таким образом, основной ареал популяции диких северных оленей находится за пределами зоны влияния аэротехногенных выбросов, и растительный покров на летних пастбищах и большей части переходных пастбищ свободен от загрязняющих веществ. Поступление их в организм оленей через потребление кормовых растений возможно лишь на участках выпаса в прилегающих к Норильскому промышленному району пастбищных территориях. Однако осенне-весенние миграции оленей в этой части ареала минимальны, а ближайшая к НПП осваиваемая животными территория зимнего выпаса располагается в северо-западных отрогах плато Путорана в области среднего и слабого загрязнения. Характер и механизмы поступления загрязняющих веществ по пищевым цепям растение-олень и растение-олень-человек на Таймыре не изучены и требуют проведения специальных исследований.

Эксплуатация пастбищ и всесторонний контроль за их рациональным использованием осуществимы только при наличии постоянной информации о состоянии кормовых ресурсов. Все проблемы, связанные с использованием и сохранением пастбищ, останутся нерешенными без организации на государственном уровне учета северных земель и оценки их качественного состояния.

Общая тенденция изменения растительного покрова биота тундры на увеличение температуры воздуха, связанное с глобальным потеплением климата заключается в росте наземной фитомассы, что отражается в увеличении NDVI – вегетационного индекса, характеризующего интен-

сивность фотосинтеза. По [18] устойчивый линейный тренд изменения индекса на интервале с 1982 по 2017 гг. характеризуется темпом роста около $7 \cdot 10^{-7}$ ед. NDVI/год. Однако в региональном плане изменения NDVI не одинаковы и различаются не только по темпам и амплитуде, но и по направленности изменений. Условно указанные процессы именуются как «озеленение» и «побурение» тундры. В Евразии территории, где происходит «озеленение» и «побурение» растительного покрова тундры практически сравнялись [13].

Отметим, что по данным метеонаблюдений на Севера Средней Сибири за последние 50 лет среднегодовая температура воздуха по линейному лет возросла примерно на $2,6^{\circ}\text{C}$, летняя увеличилась на $1,7^{\circ}\text{C}$, весенняя на $2,8^{\circ}\text{C}$. Средне-июльская температура на Таймыре в районе пос. Диксон за это время увеличилась на 4°C , пос. Усть-Тарей и Кресты Пясинские – около 2°C (модельная реконструкция), Хатанга – около 1°C . Представление о структурных изменениях растительных сообществ тундры были получены при повторных работах на территориях, где ранее проводились ботанические исследования. Это наблюдения на Таймыре на Тарейском стационаре с интервалом 40 лет [7] на Диксоне с интервалом 30 лет [9], на Восточно-Европейском Севере (Большеземельская и Малоземельская тундры, острова Баренцева моря) с интервалом 16-18 лет [6]. Как показали результаты работ, структура растительного покрова и состав флоры зональных сообществ не изменился, несмотря на инструментально зафиксированное увеличение температуры воздуха и почвы.

Можно предположить, что в среднесрочной перспективе зональные сообщества сохранят структуру стабильной, а их реакция на потепление климата будет состоять в росте фитомассы в рамках сложившейся фито-структуры [10]. В дальнейшем неизбежны качественные структурные изменения сообществ с продвижением зональных границ в направлении температурного градиента. На межграницных территориях и в интразональных сообществах потепление климата уже привело к изменению структуры сообществ, выраженное в увеличении проективного покрытия и фитомассы видов, оптимум условий существования которых расположен в более южных растительных зонах. Пример тому – разрастание кустарниковой ивы в районе поселка Харп (граница подзоны южных субарктических тундр), хорошо заметное при сравнении снимков 1968 и 2013 гг.

В заключении следует отметить, что в настоящее время стоит задача изучения изменения продуктивности лишайниковых пастбищ их видового разнообразия в зависимости от антропогенных и экологических факторов природной среды. Это даст возможность показать изменения видового разнообразия и продуктивности лишайниковых кормов северных оленей под воздействием интенсивного выпаса животных и в условиях воздействия антропогенных факторов. Кроме этого появится возможность оце-

нить состояние пастбищных территорий в снежный период и определить их кормовую емкость подобного рода работы проводились в Советском Союзе в 1980-х годах с использованием малой авиации (АН-2) большими коллективами геоботаников. Эти данные к настоящему времени устарели.

Современные исследования в этом направлении с привлечением космических технологий [6; 12; 14] могут быть использованы при разработке методики оценки состояния пастбищных территорий и анализа лишенобиоты в регионе, а также методик восстановления нарушенного растительного покрова и разработке мероприятий (технологий) по его восстановлению.

Время проведения работ по космосъемке растительного покрова – август-сентябрь, место проведения в первую очередь – север Эвенкии (территория Моеро-Котуйская котловина – междуречье Мойеро-Котуй), где в зимний период выпасаются дикие северные олени таймырской популяции. Для выбора ключевых участков с лишайниковым покровом может быть использована геоботаническая карта Р. П. Щелкуновой [14]. Для визуализации картографических данных состояния растительных сообществ, их комплексного когнитивного анализа, проверки и апробации гипотез, прогнозирования предполагается использовать современные ГИС-технологии и компьютерное моделирование [10; 19]. Для анализа влияния погодно-климатических факторов на популяцию и среду ее обитания предпринять биоклиматический подход, представленный ранее в методических указаниях по построению и практическому использованию в «Биоклиматической модели ареала диких северных оленей» [11].

Вышеизложенное вызывает необходимость оценки и анализа факторов антропогенного воздействия на человека и тундровые экосистемы района, и разработку усовершенствованных рекомендаций по их ограничению, системы мониторинга за состоянием биоты. Это определяется, в первую очередь и тем, что в ближайшей перспективе на Таймыре начнут разрабатываться крупные месторождения углеводородов на нескольких лицензионных участках.

Информационные источники

1. Андреев, В. Н. Состояние мирового оленеводства и его классификация / В. Н. Андреев // Экология. – 1977. – № 4. – С. 5-10.
2. Власова, Т. М. Биоиндикация аэротехногенного загрязнения в условиях Енисейского Севера : автореф. дис. ... канд. наук / Власова Т. М. – М., 1990. – С. 24.
3. Колпашиков, Л. А. Использование зимних пастбищ дикими оленями / Л. А. Колпашиков // Проблемы охраны и хозяйственного использования ресурсов диких животных Енисейского Севера. – Новосибирск, 1979. – С. 19-29.

4. Колпашиков, Л. А. Дикий северный олень Таймыра (особенности экологии, охраны и рационального использования) : автореф. дис. ... канд. наук / Колпашиков Л. А. – Норильск, 1982. – 24 с.
5. Крючков, В. В. Чуткая Субарктика / В. В. Крючков. – М. : Наука, 1976. – С. 136.
6. Лавриненко, О. В. Стабильность состава и структуры тундровых сообществ в изменяющемся климате / О. В. Лавриненко, И. А. Лавриненко // Тез. докладов международной научной конференции «Комплексные исследования природной среды Арктики и Антарктики». г. Санкт-Петербург, 2-4 марта 2020 г. – СПб. : ГНЦ РФ ААНИИ, 2020. – С. 387-391.
7. Лайшев, К. А. Северные олени Таймыра / К. А. Лайшев, Д. А. Мухачев, Л. А. Колпашиков, В. М. Зеленский, И. Н. Пикулева. – Новосибирск, 2002. – 340 с.
8. Матвеева, Н. В. Изменения во флоре сосудистых растений в районе Тарейского биогеоценологического стационара (среднее течение р. Пясины, Западный Таймыр) с 1970 по 2010 гг. / Н. В. Матвеева, Л. Л. Заноха, З. А. Янченко // Ботанический журнал. – 2014. – Т. 99, № 8. – С. 841-867.
9. Матвеева, Н. В. Изменения во флоре сосудистых растений в окрестностях пос. Диксон (Западный Таймыр) с 1980 по 2012 г. / Н. В. Матвеева, Л. Л. Заноха // Ботанический журнал. – 2017. – Т. 102, № 6. – С. 812-846.
10. Михайлов, В. В. Многомодельное оценивание динамики фитомассы растительных сообществ тундры на основе спутниковых снимков / В. В. Михайлов, А. В. Спесивцев, В. А. Соболевский [и др.] // Исследование Земли из космоса. – 2021. – № 2.
11. Мордовин, В. Ю. Биоклиматическая модель ареала диких северных оленей : методические указания по построению и практическому использованию / В. Ю. Мордовин, В. В. Михайлов, Л. А. Колпашиков. – Норильск, 2005. – С. 32.
12. Тишков, А. А. Экологическая реставрация нарушенных экосистем Севера / А. А. Тишков. – М., 1996. – 114 с.
13. Тишков, А. А. «Позеленение» тундры как драйвер современной динамики арктической биоты / А. А. Тишков, Е. А. Белоновская, М. А. Вайсфельд [и др.] // Арктика: экология и экономика. – 2018. – № 2 (30). – С. 31-44.
14. Щелкунова, Р. П. Растительность и кормовые ресурсы оленеводства Таймыра / Р. П. Щелкунова // Аграрная Россия. – 2000. – № 3. – С. 36-38.
15. Щелкунова, Р. П. Использование, резервы и охрана оленьих пастбищ на Таймыре и Эвенкии / Р. П. Щелкунова, И. В. Савченко // Повышение продуктивности северного оленеводства. – М. : Колос, 1976. – С. 124-129.

16. Bhatt, U. S. Recent declines in warming and vegetation greening trends over pan-Arctic tundra / U. S. Bhatt, D. A. Walker, M. K. Reynolds et al. // *Remote Sens.* – 2018. – № 4. – P. 4229-4254.
17. Epstein, H. Tundra Greenness / H. Epstein, U. Bhatt, M. Reynolds et al. – 2018. – URL: <https://arctic.noaa.gov/Report-Card/Report-Card-2018/ArtMID/7878/ArticleID/777/Tundra-Greenness>. – Текст : электронный.
18. Klein, R. Arctic air pollution threatens winter food of Caribou and reindeer / R. Klein, T. Vlasova // The article is based on a paper presented at the International Arctic Ungulate Conference, Nuuk, Greenland. September 3-8, 1991, and reported in the journal *Rangifer*. – P. 1-14.
19. Reynolds, M. A new estimate of tundra biom phytomass from trans-Arctic field data and AVHRR NDVI / M. Reynolds, D. Walker, H. Epstein, J. Pinzon, C. Tucker // *Remote Sens. Letters.* – 2012. – Vol. 3, № 5, Sept. – P. 403-411.
20. Vlasova, T. M. Effects of point source atmospheric pollution on boreal forest vegetation of northwestern Siberia / T. M. Vlasova, B. I. Kovalev, A. N. Filipchuk // International Conference on the Role of Polar Regions in Global Change (University of Alaska, Fairbanks, AK: University of Alaska, Geophysical Institute / Centre for Global Change and Arctic System Research). – 1991. – P. 423-428.

Лебедев Ярослав Олегович,

кандидат географических наук, научный сотрудник, Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр, Ханой, Вьетнам; Институт биологии Южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия; ya.o.lebedev@ya.ru

Горбунов Роман Вячеславович,

кандидат географических наук, директор, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия; karadag_station@mail.ru

Горбунова Татьяна Юрьевна,

кандидат географических наук, научный сотрудник, Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр, Ханой, Вьетнам; Институт биологии Южных морей им. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия

Дрыгваль Анна Валерьевна,

младший научный сотрудник, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия; drygval95@mail.ru

Кузнецов Андрей Николаевич,

доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова, г. Москва, Россия; согендиректор, Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр, Ханой, Вьетнам

Кузнецова Светлана Павловна,

старший инженер, Институт тропической экологии, Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр, Ханой, Вьетнам

ПОЧВЕННЫЕ И ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГОРНЫХ ТРОПИЧЕСКИХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геохимия почв; геохимическая миграция; тропические леса; почвы; ландшафты; экосистемы.

АННОТАЦИЯ. Работа посвящена изучению вещественного состава почв, развивающихся в различных ландшафтных условиях среднегорных тропических лесов и имеющих отличительные особенности геохимической миграции вещества. Разрезы заложены в автоморфных, транс-аккумулятивных и полугидроморфных условиях почвообразования. Рассмотрено влияние рельефа на формирование растительной подстилки и изменение зольности опавших ветвей и листьев.

Yaroslav O. Lebedev,

Candidate of Geography, Researcher, Russian-Vietnamese Tropical Center, Hanoi, Socialist Republic of Vietnam; A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia

Roman V. Gorbunov,

Candidate of Geography, Head, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia

Tatiana Yu. Gorbunova,

Candidate of Geography, Researcher, Russian-Vietnamese Tropical Center, Hanoi, Socialist Republic of Vietnam; A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia

Anna V. Drygval,

Junior Researcher, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia

Andrei N. Kuznetsov,

Doctor of Biology, Principal Researcher, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russia; Head, Russian-Vietnamese Tropical Center, Hanoi, Socialist Republic of Vietnam

Svetlana P. Kuznetsova,

Senior Engineer, Russian-Vietnamese Tropical Center, Hanoi, Socialist Republic of Vietnam

**SOIL AND LANDSCAPE-GEOCHEMICAL CONDITIONS
OF MOUNTAIN TROPICAL FOREST ECOSYSTEMS
OF SOUTH VIETNAM**

KEYWORDS: soil geochemistry; geochemical migration; rainforests; soil; landscapes; ecosystems.

ABSTRACT. The work is devoted to the study of the material composition of soils that develop in various landscape settings of mid-mountain tropical forests and have distinctive features of geochemical migration of matter. The sections are laid in automorphic, trans-accumulative, and semi-hydromorphic conditions of soil formation. The influence of topography on the formation of plant litter and changes in the ash content of fallen branches and leaves is considered.

Введение. Изучение геохимических процессов – одного из путей массовой миграции элементов – является актуальной задачей для понимания функционирования системы «растения-растительная подстилка-почва» и биосферы в целом. В горных районах процессы почвообразования приобретают уникальные особенности и осложняются процессами перераспределения вещества. Они, в свою очередь, зависят от многих факторов: степени увлажнения, растительности, крутизны склонов, меха-

нического состава, близости грунтовых вод и др. С целью изучения геохимических миграций изучался процесс перераспределения вещества в подчиненных ландшафтах с учетом влияния растительной подстилки.

Территория парка включает в себя две самые высокие вершины плато Ланг Биан: Бидуп (2287) и Нуйба (2167), и является одним из крупнейших национальных парков Вьетнама по площади. Территория парка сложена вулканическими породами юрского и мелового возраста, которые имеют сложный литологический состав и перекрыты мощной корой выветривания. Кора выветривания, прорезанная несколькими крупными водотоками, сохраняется здесь благодаря отсутствию эрозионных процессов на склонах, покрытых закрытым тропическим лесом, почвы под которым переводят осадки в поверхностный сток.

Методология. Исследования проводились на территории Южного Вьетнама в национальном парке Бидуп Нуйба. На территории Национального парка был выделен ключевой участок (рис. 1), в пределах которого был создан ландшафтно-экологический стационар. Заложенные нами в рамках катены почвенные разрезы были приурочены к элементам структурно-денудационного рельефа: в верхней части хребта, на склоне структурного хребта и в нижней части склона. Один участок располагался у подножия склона на острове, образованном периодическим водотоком, поэтому его можно отнести к структурно-флювиальному рельефу (рис. 2). В местах заложения почвенных срезов отбирали растительный опад для последующего озоления.

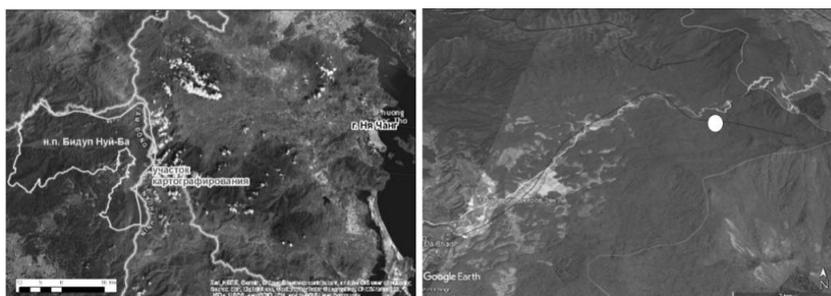


Рис. 1. Национальный парк Бидуп Нуйба – контур территории обозначен серой линией. Справа находится среднemasштабное изображение территории - объект исследования (белый круг) [2]

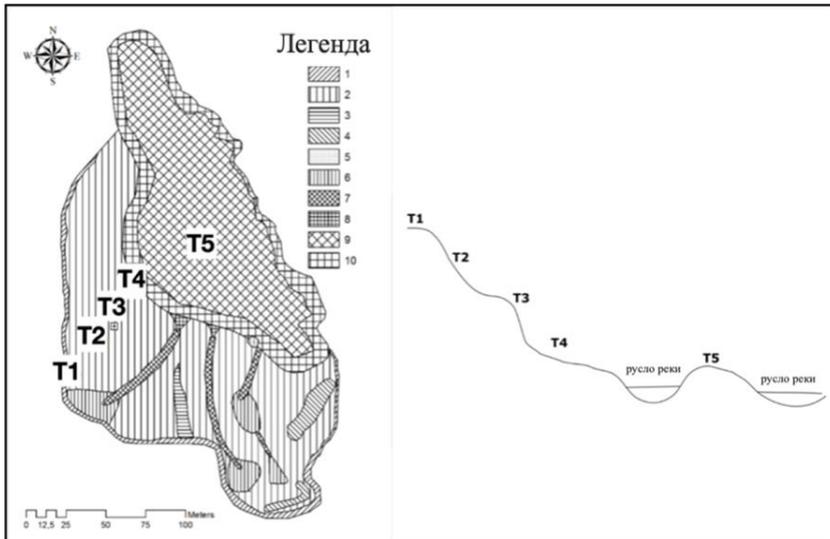


Рис. 2. T1-T5 – почвенные разрезы и точки отбора растительного опада.

Генетические типы рельефа: структурно-денудационный рельеф:

- 1 – гребень структурной гряды; 2 – склоны структурной гряды;
- 3 – поверхность гребня межложбинной гряды; 4 – структурные террасы;
- 5 – скальный отторженец; структурно-эрозийный рельеф;
- 6 – водосборные понижения на поверхности структурных гряд;
- 7 – ложбины; 8 – конусы выноса; структурно-флювиальный рельеф;
- 9 – сезонный остров; 10 – русло реки

Пробоподготовку проводили в лабораторных условиях: сушка образцов до воздушно-сухого состояния, разделение растительного опада на фракции – листья и ветви, измельчение керамическим ножом и взвешивание фракций на аналитических весах, озоление в керамических тиглях в муфельной печи методом сухого озоления [6]. При получении золы осуществляли двойную повторность. Образцы золы опада и образцы почвы готовили для последующего определения валового содержания элементов (1n азотнокислородное экстрагирование). Определение элементов и тяжелых металлов в отобранных почвенных пробах проводили с помощью масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой PlasmaQuant MS Elite S-NR:11-6000ST043 в научно-образовательном центре коллективного пользования «Спектрометрия и хроматография» ФГБУН Института биологии Южных морей им. А. О. Ковалевского РАН.

Результаты и обсуждение.

Растительный опад. Растительный опад формировался лесными сообществами, произрастающими на отдельных точках: сосново-

лиственный лес на поверхности структурного гребня хребта (точка 1), средне-закрытый широколиственный лес с развитым травянистым ярусом на пологом склоне (точка 2), широколиственный лес с тремя древесными ярусами и фрагментированным травянистым ярусом на крутом склоне и у основания склона (точки 3 и 4 соответственно), прибрежный лиственный лес (точка 5) [2].

В качестве показателя, демонстрирующего способность растительного опада вовлекать различный объём вещества в процесс миграции, нами был выбран показатель зольности, который, с одной стороны, позволяет выявить количественные различия в объеме вещества, поступающего из опада, и, с другой стороны, позволяет впоследствии провести детальный (поэлементный) анализ полученной золы. Исследование сопровождалось сложностями с определением растений, подлежащих золеню, и выделением маркерных растений, которые можно было бы использовать для отслеживания изменений накопления зольных элементов в растительном опаде. Проведенные исследования учитывали тот факт, что зольность листьев зависит от вида растений и условий окружающей среды (почвенные условия, гидротермический режим и некоторые другие), а также подвержена сезонной динамике. Полученные данные приведены в таблице 1.

В зависимости от особенностей рельефа участка прослеживается изменение зольности растительного опада. Таким образом, при движении от автоморфных условий вершины гряды к транс-аккумулятивным условиям склонов гряды зольность веток и листьев уменьшается и увеличивается к аккумулятивным условиям, достигая там максимальных значений. Зольность листьев от автоморфных к аккумулятивным и аккумулятивно-полугидроморфным условиям возрастает в 2,1 и 1,6 раза, а зольность веток – в 3,3 и 1,7 раза соответственно. Таким образом, рельеф (подножие склона, аккумулятивные условия) и стабильное увлажнение (близость грунтовых вод) определяют максимальные значения зольности смешанного опада для аккумулятивных условий основания склона – 5%. На крутых участках склона (транс-аккумулятивные условия) способность растений улавливать элементы снижается, в результате чего зольность снижается до 1,8% по сравнению с автоморфными условиями, где она составляет 2,1%.

Таблица 1

Зольность ветвей и листьев и их соотношение
в различных ландшафтных условиях

Показатели Точка отбора	Соотношение ветвей и листьев в растительном опаде	Зольность веток, %	Зольность листьев, %	Средняя зольность опада, %
T1 – автоморфные условия	0,40	1,2	2,95	2,08
T2 – транс- аккумулятивные условия	0,14	1,06	2,48	1,77
T3 – транс- аккумулятивные условия	0,59	1,07	2,46	1,76
T4 – аккумулятивные условия	0,12	3,93	6,09	5,01
T5 – аккумулятивно- полугидроморфные условия	0,27	2,05	4,75	3,39

Понимание вещественного состава растительного опада с учетом его удержания на пологих склонах, а также гравитационного смещения при опадании и смещении листьев на крутых склонах, позволяет в полной мере оценить влияние крутизны склона на геохимические миграционные процессы. Проведённый химический анализ золы (на содержание Mg, K, Ca, Mn, Cu, Zn, Sr, Pb, Al, Fe, Ti, Si, а также Na, P, S, Cl) опада ветвей и листьев позволил выявить элементы (рис. 3), поступающие вследствие разложения опада в органогенные горизонты почв.

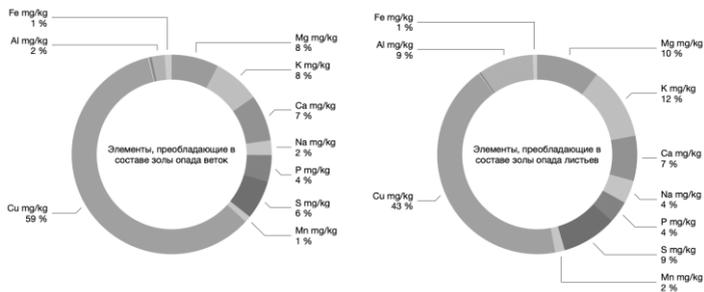


Рис. 3. Элементный состав золы опада веток и листьев

Отмечено существенное содержание щелочных элементов (Са – 7%, К – 8-12%, Mg – 8-10%) и металлов (в т. ч. тяжелых) (Mn – 1-2%, Al – 2-9%, Fe – 1%, Cu – 43-59%). Кроме отмеченных на диаграмме элементов, в количестве десятых долей % содержатся Zn и Sr; сотых долей % – диагностические элементы желтозёмов (Pb, Ti, Si). В абсолютных значениях концентрация отдельных элементов достигает существенных значений, например Cu – 352,6 г/кг золы веток и 185,5 г/кг золы листьев. Дальнейшие исследования позволят оценить вклад различных видов растений в биогеохимический круговорот вещества тропических лесных экосистем.

Почвы. Исследуемые почвы были представлены желтозёмами (точка 1-4) и аллювиальными почвами (точка 5). Для всех горизонтов определяли металлы (в т. ч. тяжелые) (Mn, Cu, Zn, Sr, Pb), щелочные элементы, участвующие в агрегации (флокуляции) почвенных частиц (Mg, K, Ca), а также диагностические элементы желтозёмов (Al, Fe, Ti, Si) [4]. Полные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание элементов в горизонтах исследованных почв

Элементы Al, Fe, Ti, Si

Точка 1	Mg мг/кг	K мг/кг	Ca мг/кг	Al мг/кг	Fe мг/кг	Ti мг/кг	Si мг/кг	Mn мг/кг	Cu мг/кг	Zn мг/кг	Sr мг/кг	Pb мг/кг
At	198,6	342,5	33,0	5011,7	1512	69,6	3796,6	11,0	3,0	9,9	2,2	6,2
A1	2229,0	403,9	114,4	49195,0	36920	491,6	564,3	105,0	11,8	109,8	5,1	34,4
A2	170,4	179,5	23,4	14219,8	2640	20,4	239,1	12,3	1,3	12,0	2,3	18,9
B	354,4	628,2	3,2	32346,3	30848	17,5	1684,6	15,1	5,3	12,8	3,4	50,9
C	262,4	893,1	0,8	25869,0	27765	4,8	8163,2	38,3	11,4	19,9	4,4	62,6
Точка 2	Mg мг/кг	K мг/кг	Ca мг/кг	Al мг/кг	Fe мг/кг	Ti мг/кг	Si мг/кг	Mn мг/кг	Cu мг/кг	Zn мг/кг	Sr мг/кг	Pb мг/кг
At	376,6	371,0	21,0	12092,1	6508	78,5	931,4	16,1	5,5	14,8	1,4	8,2
A1	205,8	241,9	17,0	43636,4	28188	180,1	1444,1	17,7	5,3	11,8	1,5	11,7
AeB	226,2	472,5	129,5	52293,0	45721	106,2	911,4	11,7	7,9	31,3	2,2	12,6
Bc	307,4	159,8	4,2	70566,2	57918	116,3	1401,1	15,9	7,7	14,2	2,9	11,1
Точка 3	Mg мг/кг	K мг/кг	Ca мг/кг	Al мг/кг	Fe мг/кг	Ti мг/кг	Si мг/кг	Mn мг/кг	Cu мг/кг	Zn мг/кг	Sr мг/кг	Pb мг/кг
Ad	708,3	511,0	26,4	69859,5	47004	475,4	775,3	27,8	19,4	18,6	1,9	16,7
AeB	7159,5	1341,8	1,9	92150,3	54423	687,4	2840,4	109,3	39,7	35,0	1,3	17,1
C1	2323,0	206,3	11,6	85883,4	116040	582,7	511,3	183,3	43,0	28,1	4,7	27,7
C2	780,4	151,7	9,3	52616,8	97145	528,7	5554,2	487,3	39,3	27,0	1,4	11,6
D	42069,9	170,3	0	126592,3	108559	1798,4	1674,5	1232,8	40,7	174,1	7,1	5,9
Точка 4	Mg мг/кг	K мг/кг	Ca мг/кг	Al мг/кг	Fe мг/кг	Ti мг/кг	Si мг/кг	Mn мг/кг	Cu мг/кг	Zn мг/кг	Sr мг/кг	Pb мг/кг
Ad	1875,2	456,8	136,1	41774,7	31471	446,9	115,9	188,1	11,2	84,7	6,2	31,2
A	2266,4	395,0	107,8	53837,4	41704	505,8	193,5	106,7	11,6	113,6	5,1	34,1
AB	2709,0	350,0	74,4	55697,0	48429	487,5	923,0	120,3	12,6	143,4	4,8	40,8
B	2777,0	394,9	90,9	50148,7	43880	431,9	697,4	224,4	13,2	95,2	4,5	38,2
BG	2932,2	443,6	88,2	93165,0	4,586	390,1	662,1	120,3	10,7	90,4	3,6	27,6
G	3225,5	538,6	72,0	57326,4	39766	385,7	1195,8	95,1	11,1	104,3	5,1	34,8

Продолжение таблицы 2

Точка 5	Mg мг/кг	K мг/кг	Ca мг/кг	Al мг/кг	Fe мг/кг	Ti мг/кг	Si мг/кг	Mn мг/кг	Cu мг/кг	Zn мг/кг	Sr мг/кг	Pb мг/кг
Ad	2099,0	411,4	105,7	49760,2	38985	471,4	927,5	245,6	11,3	79,6	5,2	38,1
A	2274,3	326,1	93,7	58626,7	44610	593,0	12187,1	195,5	10,8	98,0	5,6	45,3
B1	2668,0	318,5	53,1	58777,6	48614	550,7	12692,6	270,0	13,2	129,0	4,8	45,8
B2	1542,3	217,1	32,8	56987,1	48179	405,0	811,9	224,1	9,3	63,5	3,9	32,6
BC	4818,8	756,8	109,3	73822,9	47475	559,4	1968,3	403,0	15,0	133,1	4,6	53,5

Распределение алюминия (Al) имеет выраженную тенденцию к постепенному количественному накоплению в минеральных горизонтах от автоморфных к аккумулятивным условиям. Полученные данные свидетельствуют о том, что процессы гипергенеза приводят к постепенному разрушению пород, включающих Al (дациты, горизонт D, Al = 126592,3 мг/кг), в результате чего он постепенно мигрирует в почвенные горизонты подчиненных ландшафтов. Из таблицы также видно, что в автоморфных условиях Al привносится в органогенные горизонты с опадом (горизонт A1, точка 1), в других точках об этом можно судить по горизонтам Ad. Это связано с высокой миграционной способностью Al с водными почвенными растворами. Кроме того, пик концентрации связан с механическим барьером на границе горизонтов A1-A2 и AeB/B.

Железо (Fe) активно вымывается из растительной подстилки (горизонты At) и аллювиального горизонта A2, а также участвует в коагуляции гуминовых кислот в органогенных горизонтах (Ad, A1). В минеральных горизонтах содержание Fe не изменяется, так как связано с литологическим составом почвообразующих пород.

Титан (Ti) является диагностическим элементом желтозёмов и связан с литологическим составом почвообразующих пород [5]. Его количественное содержание увеличивается к минеральным горизонтам от автоморфных к аккумулятивным условиям, что свидетельствует о его постепенном выносе вследствие процессов гипергенеза. Как и алюминий, титан привносится в органогенные горизонты вместе с опадом.

В автоморфных условиях накопление кремния (Si) в горизонтах A1-A2 характеризуется сорбционным глинистым барьером, что приводит к значительному накоплению всех элементов, кроме Si. Такое распределение Si (минимум в гумусовых горизонтах и увеличение к минеральным горизонтам) отражает его вовлечение в биологический цикл [1] и последующее поступление с растительным опадом. Увеличение содержания Si характерно для элювиальных горизонтов желтозёмов и аллювиальных почв в целом. Пиковая концентрация также связана с механическим барьером на границе горизонтов A1-A2 и AeB/B.

Элементы Mg, K, Ca. Количественное содержание магния (Mg) увеличивается от автоморфных к аккумулятивным условиям. Mg имеет несколько пиков накопления, связанных с механическими барьерами (горизонт AeB) при поступлении из органогенных горизонтов и содержанием в почвообразующих породах (дацитах). Полученные данные позволяют судить о постепенном выносе Mg из почвенных горизонтов (точки 1-2) вследствие процессов гипергенеза.

Калий (K) (наряду с кальцием (Ca)) относится к элементам, активно участвующим в биологическом круговороте, в результате чего его концентрация уменьшается от органогенных горизонтов к минеральным.

В связи с этим его количественное содержание незначительно колеблется от органогенных (поступление с опадом) до минеральных горизонтов (направление активной миграции). В связи с этим К может указывать на образование сорбционных глинистых барьеров, так как скорость его миграции в механически тяжелых почвах замедляется (горизонт AeB, точка 3), а в аллювиальных горизонтах, наоборот, может ускоряться (горизонт A2, точка 1).

Как отмечалось выше, Са активно участвует в биологических процессах, а также активно мигрирует вниз по почвенному профилю. В механически тяжелых почвах Са может накапливаться за счет образования сорбционного глинистого барьера (горизонты A1, AeB в точках 2 и 3). Отмечено также, что содержание Са в горизонтах At и Ad коррелирует с количественным изменением зольности опада от автоморфных к аккумулятивным и полугидроморфным условиям, что подтверждает его биологическое происхождение в миграционных почвенных процессах.

Элементы Mn, Cu, Zn, Sr, Pb. Из таблицы видно, что все изученные элементы тяжелых металлов (Mn, Cu, Zn, Sr, Pb) имеют тенденцию к увеличению своего содержания от автоморфных к аккумулятивным и полугидроморфным ландшафтным условиям. Однако отклонения от этого распределения могут указывать на образование геохимических барьеров или на амфотерные свойства некоторых тяжелых металлов (например, Zn и Mn).

Пик концентрации марганца (Mn) в исследуемых образцах отмечается в горизонте A1 (точка 1) и связан с образованием механического барьера, после чего Mn активно вымывается из почвенного профиля. Mn также входит в состав почвообразующих пород (дациты, точка 3, Mn = 1232,8 мг/кг), что объясняет увеличение его концентрации в минеральных горизонтах.

Медь (Cu) поступает в почву с растительной подстилкой, о чем свидетельствуют его достаточно высокие концентрации в горизонтах At и Ad. Отмечается его постепенная миграция и накопление из автоморфных в аккумулятивные и полугидроморфные условия. Увеличение содержания Cu в точке 3 связано, в первую очередь, с неглубоким залеганием коренных пород (дацитов), в состав которых входит этот элемент, а также указывает на активную миграцию элемента за счет процессов гипергенеза коренных пород. На границе с горизонтом B2 (точка 5) из-за переменной влажности нижележащих горизонтов возникает сорбционный гидроксидный барьер [3], который приводит к осаждению катионов Cu и накоплению в виде сложных и малорастворимых соединений.

Цинк (Zn) – один из самых активных элементов. Наблюдается тенденция количественного увеличения концентрации Zn от автоморфных ландшафтных условий к аккумулятивным. Он активно поступает из рас-

тительного опада, о чем свидетельствуют данные по органогенному горизонту (At) в точке 1. Распределение Zn, с учетом его амфотерных свойств, свидетельствует о формировании нескольких геохимических барьеров различного происхождения: в гумусовых горизонтах (A1 точка 1, A, AB точка 4) – за счет образования механических барьеров; на границе горизонтов B1-B2 (точка 5) – за счет образования сорбционного гидроксидного барьера.

Содержание стронция (Sr) (талассофильного элемента) в исследуемых почвах низкое. В биологическом цикле он активно конкурирует с Ca, в результате чего его распределение имеет сходные особенности. Также, как было отмечено для Ca, изменение содержания Sr от автоморфных к аккумулятивным и полугидроморфным условиям четко коррелирует с изменением количественного показателя зольности растительной подстилки, что свидетельствует о ее поступлении в органогенные горизонты вместе с растительным опадом. В горизонтах C1 (точка 3) и B (точка 4) Sr накапливается за счет образования механических барьеров (увеличения плотности подстилающих горизонтов) и активно вымывается из горизонта B2 (точка 5).

Свинец (Pb) обладает низкой миграционной способностью, в результате чего происходит естественное увеличение его концентрации от органогенных горизонтов к минеральным, но полученные данные свидетельствуют об ином распределении в исследуемой почвенной катене. Следует отметить, что он поступает в почву вместе с растительным опадом (накопление в горизонте B, точка 1). Кроме того, в горизонте A2 той же точки отмечено значительное снижение его концентрации, что указывает на его связь с мелкой фракцией почвы (ввиду ее выноса из горизонта). Накопление Pb в горизонте C1 (точка 3) происходит за счет образования механического барьера на границе с горизонтом C2.

Выводы. Зольность ветвей и листьев уменьшается при переходе от автоморфных условий к транс-аккумулятивным условиям и увеличивается к аккумулятивным условиям, достигая там максимальных значений. Таким образом, рельеф (подножие склона, аккумулятивные условия) и стабильная влажность (близость грунтовых вод) определяют максимальные значения зольности смешанного растительного опада для аккумулятивных условий в основании склона. На крутых участках склона (транс-аккумулятивные условия) снижается способность растений улавливать элементы, в результате чего снижается индекс зольности. Кроме того, в опаде преобладают ветви за счет ветрового переноса и поверхностного сноса листового опада.

Геохимический анализ образцов исследуемых почв различных ландшафтно-геохимических обстановок позволил установить наличие четких закономерностей количественной миграции вещества в исследуе-

мых подчиненных ландшафтах горного тропического леса по Pb, Mn и Mg. Выявлены тенденции, характерные для Si, K, Ca, Sr, Fe, а также Al, Cu, Zn и Ti. Элементы Ca и Sr от автоморфных к аккумулятивным условиям имеют распределение, коррелирующее с зольностью опада, что указывает на их поступление в органогенные горизонты из опада.

Выявленные закономерности в дальнейшем будут проанализированы с учетом вещественного состава зелёных растений, сезонных изменений миграционных процессов, а также уточнены в сопоставимых ландшафтно-геохимических условиях среднегорных тропических лесов. Это позволит выделить маркерные растения, в наибольшей степени участвующие в геохимическом круговороте вещества в горных тропических лесных экосистемах.

Работа выполнена в рамках НИР Тропического центра Э-1.2 «Сохранение, восстановление и устойчивое использование тропических лесных экосистем на основе изучения их структурно-функциональной организации», раздел «Изучение особенностей структуры и функционирования равнинных и горных экосистем Вьетнама (национальный парк Бидун-Нуйба)», а также в рамках НИР ФИЦ ИнБЮМ «Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий» № АААА-А19-119061190081-9.

Информационные источники

1. Горбунов, Р. В. О некоторых особенностях строения и функционирования горных тропических лесных ландшафтов Центрального Вьетнама и необходимости создания ландшафтно-экологического стационара / Р. В. Горбунов, А. Н. Кузнецов, Ю. О. Лебедев, Т. Ю. Горбунова, И. П. Котлов, Н. Д. Хой // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. Феодосия. «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН». – 2018. – № 3 (7). – С. 52-53.
2. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А. И. Федорова, А. Н. Никольская. – М. : Владос. 2001. – С. 110, 228.
3. Соколов, И. А. Тропическое почвообразование и выветривание (на примере Лаоса) / И. А. Соколов. – М. : Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАН, 2004. – С. 15.
4. Воронков, М. Г. Кремний в живой природе / М. Г. Воронков, И. Г. Кузнецов. – Новосибирск : Наука, 1984. – С. 155.
5. Киреева, Т. А. Гидрогеохимия. Конспекты лекций : учебно-методическое пособие / Т. А. Киреева. – М. : МГУ, 2016. – С. 197.
6. Лебедев, Я. О. Некоторые особенности геохимических миграций в условиях соподчинённых ландшафтов среднегорных тропических лесов

Южного Вьетнама / Я. О. Лебедев, Р. В. Горбунов, Т. Ю. Горбунова, А. Н. Кузнецов, С. П. Кузнецва, Т. В. Нгуен, Н. И. Бобко, С. В. Капранов // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. Феодосия. «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН». – 2019. – № 3 (11). – С. 3-16.

Лукашева Марьяна Александровна,

научный сотрудник, Алтайский государственный заповедник, г. Горно-Алтайск, Россия; chuch2@mail.ru

**ДИНАМИКА НАСТУПЛЕНИЯ ФЕНОФАЗ У БЕРЕЗЫ
BETULA PENDULA ROTH (*B. VERRUCOSA* EHRH.)
В АЛТАЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ЗАПОВЕДНИКЕ**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: заповедники; фенология; березы; температура воздуха; фенологические наблюдения.

АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрена динамика наступления фенофаз у березы повислой. Анализ представлен по материалам Календаря природы Алтайского заповедника с 1998 по 2018 гг. Выявлена положительная динамика весенних температур воздуха оказывающие влияние на смещение весенних фенологических событий на более ранние сроки.

Maryana A. Lukasheva,

Research Associate, Altaiskiy State Nature Biosphere Reserve, Gorno-Altaysk, Russia

**DYNAMICS OF THE ONSET OF PHENOPHASES IN BIRCH
BETULA PENDULA ROTH (*B. VERRUCOSA* EHRH.)
IN THE ALTAI STATE RESERVE**

KEYWORDS: reserves; phenology; birch; air temperature; phenological observations.

ABSTRACT. The paper addresses long-term phenological trends for the Birch hanging (*Betula pendula* Roth). The analysis is based on the materials of the Nature Calendar of the Altaiskiy State Nature Reserve from 1998 to 2018. The positive dynamics of spring air temperatures and, as a consequence, the shift of spring phenological events to earlier periods was revealed.

Алтайский государственный природный биосферный заповедник – одно из крупнейших и старейших особо охраняемых природных территорий (ООПТ) федерального значения России. Заповедник находится на юге Западной Сибири на территории двух административных районов Республики Алтай Турочакского и Улаганского. Площадь территории ООПТ составляет 871206 га. Заповедник организован в 1932 г. с целью сохранения и изучения естественного хода природных процессов и явлений, генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов и сообществ растений и животных, типичных и уникальных экологических систем [4].

Территория заповедника простирается в меридиональном направлении с северо-запада на юго-восток на протяжении 250 км при средней ширине 40 км [3]. Площадь отличается многообразием форм рельефа: высокие, остроконечные (альпийского типа) цепи гор сменяются платообразными нагорьями, широкими речными долинами трапецеидальной

формы и глубокими каньоновидными ущельями. Основной чертой рельефа является четко выраженная ярусность, т. е. закономерность в вертикальном расположении форм рельефа [5]. Многообразие природных условий создают пестроту климата и богатое разнообразие растительных сообществ [6]. Климат основной части территории заповедника резко континентальный, с чертами морского в прителецкой части [7].

Организация и проведение постоянных наблюдений за природными процессами является одной из приоритетных задач заповедников. Результаты фенологических наблюдений в Алтайском заповеднике, включающие в себя более 200 явлений по Яйлинскому участку и более 150 по Белинскому, входят в раздел Календарь природы – главного научного отчета по программе «Летопись природы». По причине труднодоступности и дефицита рабочих кадров наблюдения охватывают преимущественно северную прителецкую часть заповедника.

В данной статье рассмотрены следующие фенологические явления для березы повислой (*Betula pendula* Roth): весенние (начало сокодвижения, раскрытие почек, первые листочки, начало цветения (пыления)), летние (первые желтые листья, начало листопада) и осенние (пожелтела вся береза, конец листопада). Данные были выбраны из Календаря природы Алтайского заповедника с 1998 г. по 2018 г. Пропущенные даты восстанавливались методом интервалов [2]. Все календарные даты переводились в непрерывный ряд путем отсчета от 1 марта (по Г. Н. Зайцеву). Для статистических расчетов использовалась программа MS Excel 2010.

Наибольший вклад в изменение годового хода температуры воздуха в Алтайском заповеднике вносят среднемесячные температуры за март, апрель, май и июнь (табл. 1).

Таблица 1

Статистические параметры среднемесячной температуры воздуха
1980-2018 гг., с. Яйлю

Месяц	Средняя температура воздуха	Стандартное отклонение	R ²
Январь	-8,5	3,16	0,0040
Февраль	-7,1	3,50	0,0780
Март	-1,5	2,53	0,1470
Апрель	4,7	1,85	0,1840
Май	10,1	1,50	0,3410
Июнь	15,4	1,50	0,1040
Июль	17,6	1,13	0,0000
Август	16,2	1,04	0,0780
Сентябрь	10,6	1,01	0,0010
Октябрь	4,6	1,45	0,0020
Ноябрь	-1,8	2,43	0,0100
Декабрь	-6,1	2,80	0,0010

По отношению к климатической норме по России (1971-2000 гг.) максимально возросли среднемесячные температуры воздуха марта (на 1,8°C) и июня (на 1,1°C), за декабрь и январь температуры воздуха уменьшились на 0,3°C и 0,8°C соответственно.

За 20 лет (1998-2018 гг.) линейный тренд среднегодовых температур воздуха имеет незначительную отрицательную тенденцию (рис. 1). В среднем температура уменьшилась на 0,1°C.

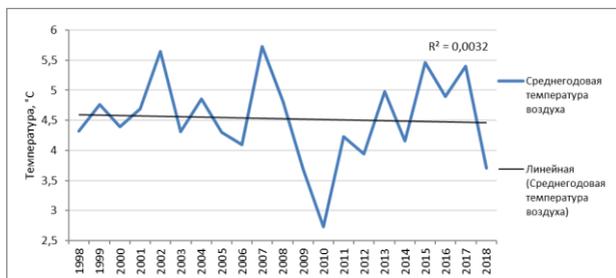


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха, с. Яйлю

Рассматривая температурные изменения по сезонам, можно отметить, что наибольшим положительным изменениям подвержены весенние температуры воздуха (+0,9°C), при этом зимние уменьшились (-1,4°C), летние и осенние изменились незначительно.

Особенностью рассматриваемого района заключается в том, что первые желтые листья (первые флаги) у березы появляются в середине лета. В настоящее время объяснить причину раннего пожелтения берез в прителецкой части Алтайского заповедника не представляется возможным, т. к. этот вопрос малоизучен. В таблице 2 приведены результаты статистической обработки наступления фенодат березы повислой.

Таблица 2

Фенологические параметры у *Betula pendula* Roth с 1998 по 2018 гг.

Фенофазы	Среднее значение	Смещение средней даты за 20 лет	R ²
ВЕСНА			
Начало сокодвижения	25.03±8,2	+5	0,099
Раскрылись почки	20.04±9,4	+10	0,168
Первые листочки	30.04±7,6	+10	0,166
Начало цветения	04.05±6,8	+8	0,618
ЛЕТО			
Первые желтые листья	30.06±10,3	+2	0,248
Начало листопада	05.07±9,8	-1	0,100
ОСЕНЬ			
Пожелтела вся береза	29.09±7,2	+2	0,005
Конец листопада	19.10±6,8	-1	0,021

В качестве фитофенологических характеристик выбраны даты от начала сокодвижения у березы до окончания листопада, а также продолжительность вегетации, которая рассчитывалась как разность между указанными датами. Начало сокодвижения характеризует начальный вегетационный этап. Наступает в диапазоне между 7 мартом (самая ранняя дата) и 10 апреля (самая поздняя дата). Окончание листопада у березы колеблется между 29 сентября и 28 октября. В целом, отметим, что за рассматриваемый период наступление той или иной фенофазы у березы повислой колеблется в диапазоне 31 дня. В среднем за 1998-2018 гг. вегетационный период длится 209 дней.

В результате исследования выявилось, что у березы повислой даты раскрытия почек и, соответственно, появления первых листочков в среднем стали наступать на 10 дней раньше. Даты начала и конца листопада стали наступать с опозданием в один день.

С помощью коэффициента корреляции Пирсона проверялась связь между наступлением фенологических явлений и изменением среднесезонных температур воздуха (рис. 2). Наибольшая связь выявляется для весенних событий (по 0,5 коэффициенту Пирсона для каждого события). В меньшей степени связь установлена для осенних явлений (пожелтела вся береза, конец листопада по 0,2 и 0,1 коэффициента соответственно). Для летних фенологических событий не выявлена корреляционная связь.

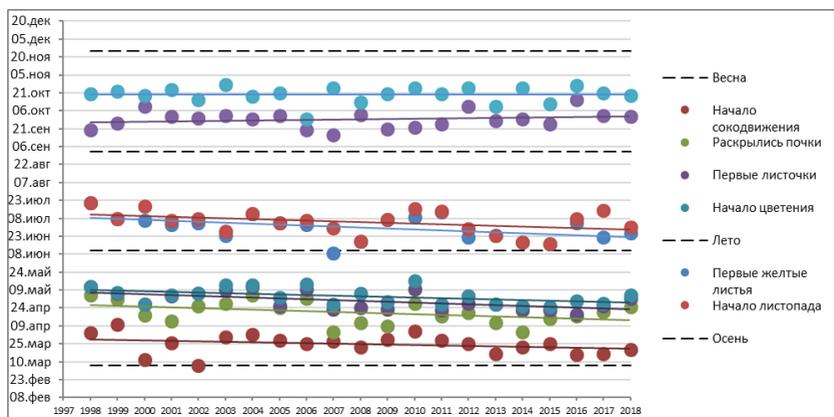


Рис. 2. Динамика наступления фенофаз у *Betula pendula* Roth, с. Яйлю

Сотрудники Алтайского заповедника условно принимают переходы через температурные рубежи – как начало сезонов. На графике показаны даты перехода максимальных температур воздуха выше 0°C (весна), переход минимальных температур выше 10°C (лето), переход минимальных температур ниже 10°C (осень) и переход максимальных температур ниже 0°C (зима). Границы переходов представлены как средние много-

летние даты (за 20 лет). Отмечаемые феноявления четко распределяются между вышеупомянутыми рубежами.

Таким образом, анализ динамики сезонных температурных изменений воздуха за период 1998-2018 гг. выявил положительную динамику весенних температур. Поэтому рассматриваемые даты наступления весенних феноявлений (начало сокодвижения, раскрытие почек, первые листочки, начало пыления) у березы повислой (*Betula pendula* Roth) сместились на более ранние сроки. При этом осенние феноявления стали наступать с незначительным запаздыванием. Результаты проведенного анализа в настоящей статье согласуется с выводами фенологических исследований в Забайкалье [1]. Отметим, что в целом линейный тренд среднегодовых температур воздуха имеет слабую отрицательную динамику. Полученные выводы подчеркивают значимость фенологических наблюдений для оценки региональных климатических изменений.

Информационные источники

1. Батоцыренов, Э. А. Фенологические исследования в Забайкалье: история и современность / Э. А. Батоцыренов, Д. В. Санданов. – Улан-Удэ, 2020. – 120 с.
2. Вопросы становления Календарей природы / под ред. Т. А. Прохненко. – Красноярск, 1986. – 168 с.
3. Заповедники России. Т. 1 / под общ. ред. Д. С. Павлова, В. Е. Соколова, Е. Е. Сыроечковского. – М., 1999. – 304 с.
4. Положение о федеральном государственном учреждении «Алтайский государственный природный заповедник». – М., 2006. – 19 с.
5. Проект организации и развития лесного хозяйства Алтайского госзаповедника Главного управления охотничьего хозяйства и заповедников при Совете Министров РСФСР. Т. 1. – Воронеж, 1982. – 570 с.
6. Сахневич, М. Б. Аннотированный список дендрофлоры Алтайского заповедника / М. Б. Сахневич, Н. И. Золотухин. – Горно-Алтайск, 2018. – 62 с.
7. Типы лесов гор Южной Сибири / отв. ред. В. Н. Смагин. – Новосибирск, 1980. – 334 с.

Титкова Татьяна Борисовна,

кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт географии РАН, г. Москва, Россия; titkova@igras.ru

Виноградова Вера Владимировна,

кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт географии РАН, г. Москва, Россия; vvvinog@yandex.ru

Золотокрылин Александр Николаевич,

доктор географических наук, профессор, Институт географии РАН, г. Москва, Россия; azolotokrylin1938@yandex.ru

**ДИНАМИКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ
ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
(ЛАНДШАФТНЫЕ И БИОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ)**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: природные зоны; климатические зоны; переходные зоны; эвапотранспирация; вегетационный период; универсальный индекс теплового комфорта; климат; ландшафты.

АННОТАЦИЯ. Определена динамика функционирования климатической переходной зоны на севере Западной Сибири, обусловленная влиянием вторичной ветви Арктического фронта, по наиболее стабильным ландшафтным индикаторам за вегетационный сезон – эвапотранспирация (Ev) и Нормированному разностному вегетационному индексу (NDVI). Переходная зона расположена между Обью и Енисеем, в северотаежной зоне, мигрируя в районе 61°–64° с.ш., усиливаясь и ослабевая на некоторых участках. Максимальные градиенты эвапотранспирации наблюдаются в районе 62.2° с.ш., и NDVI – 61.8° – 62.1° с.ш. В зависимости от климатических условий значения максимальных градиентов этих параметров могут увеличиваться или уменьшаться, но значимого тренда для периода 2000-2020 гг. не отмечается. Универсальный индекс теплового комфорта (UTCI) был использован для оценки биоклиматических условий в области климатической переходной зоны Западной Сибири, для которой было установлено улучшение биоклиматических условий. Оно проявляется в значимом сокращении периода сильного холодового напряжения и увеличении периода отсутствия теплового стресса и комфорта.

Tatiana B. Titkova,

Candidate of Geography, Senior Researcher, Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

Vera V. Vinogradova,

Candidate of Geography, Senior Researcher, Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

Alexander N. Zolotokrylin,

Doctor of Geography Sciences, Professor, Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

FUNCTIONING DYNAMICS OF THE CLIMATE TRANSITION ZONE IN THE NORTH OF WESTERN SIBERIA (LANDSCAPE AND BIOCLIMATIC FEATURES)

KEYWORDS: natural areas; climatic zones; transition zones; evapotranspiration; growing season; universal thermal comfort index; climate; landscapes.

ABSTRACT. The dynamics of climatic transition zone functioning in the north of Western Siberia, which is caused by the influence of Arctic front's secondary branch, was specified by using the most stable landscape indicators for growing season: evapotranspiration (Ev) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The survey transition zone is located between Ob and Yenisei rivers, in north taiga belt; it migrates between 61°N – 64°N, increasing or decreasing in some places. Maximum gradients of evapotranspiration are observed around 62.2°N; maximum gradients of NDVI are between – 61.8°N and 62.1°N. Maximum gradients of evapotranspiration and NDVI vary depending on climatic conditions, but no significant trend for period 2000-2020 years is not registered. On the base of the Universal Thermal Comfort Index (UTCI), actual bettering of bio-climatic conditions in climatic transition zone of Western Siberia is indicated. Bio-climatic conditions bettering is manifested in significant decrease of intense cold stress period and increase of comfort period without heat stress.

Введение. Природные климатические переходные (транзитные) зоны transitional climate zones (TCZ) [10, 11] характеризуются значительными градиентами климатических параметров, таких как температура, влажность. Исследования в различных частях мира показывают чувствительность переходных зон к климатическим изменениям. В климатических переходных зонах наблюдаются качественные изменения ландшафта на сравнительно коротких расстояниях [1; 2; 12; 13] с этим также связана высокая контрастность растительности в этой зоне. Такая же картина отмечается и для климатических показателей. Определение положения границ переходных зон зависит от масштаба. Граница, установленная по одному какому-либо параметру или на одной шкале, может быть неясной при рассмотрении на другом иерархическом уровне [9].

Один из ключевых районов переходной климатической зоны севера России расположен в северотаежной зоне Западной Сибири в области влияния вторичной ветви Арктического фронта (рис. 1). Здесь зона максимальных градиентов эвапотранспирации Ev и вегетационного индекса NDVI протянулась сплошной полосой между Обью и Енисеем, усиливаясь и ослабевающая на некоторых участках [3].

Важным аспектом исследований переходной климатической зоны является оценка изменений биоклиматических условий. Климатическая переходная зона может разграничивать уровень тепловых нагрузок на человека, с точки зрения термического комфорта [4]. Для исследования биоклиматических условий использовался универсальный индекс теплового комфорта (UTCI), показывающий непосредственное и комплексное

Для оценки изменений эвапотранспирации использовались почасовые данные ERA5-Land с разрешением $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ с размерностью метр водного эквивалента на m^2 площади. Вегетационный индекс оценивался по продукту MOD13C1, 6 уровня, с разрешением 0.05 градуса СМГ [16]. Для создания композита используется метод максимального значения MVC (Maximum Value Compositing). Композит формируется из максимальных значений NDVI за 16 дней, таким образом исключая влияние атмосферной составляющей.

Решение задачи состоит в вычислении градиентов сумм эвапотранспирации и NDVI за вегетационный период с шагом 0.1° по широте и долготе. Под градиентом параметров понимается вектор, характеризующий их изменение на единицу расстояния. Подробно методика расчета градиента климатических параметров приведена в работе [4]. Рассматривались значимые градиенты параметров с вероятностью 0.9 по критерию Стьюдента. Для оценки значимости градиентов и визуализации результатов с разрешением $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ использовался пакет анализа MATLAB и специально написанные в нем программы.

Для оценки биоклиматических условий в районе переходной климатической зоны, использовался универсальный индекс теплового комфорта (UTCI). Индекс UTCI представляет собой эквивалентную температуру окружающей среды ($^\circ\text{C}$), которая оказывает такое же физиологическое воздействие на человека, как и фактическая окружающая среда и позволяет оценить комплексное воздействие на человека наблюдаемой комбинации скорости ветра, солнечной радиации, температуры и влажности воздуха [7]. Смещение, или отклонение UTCI от температуры воздуха (T_a), зависит от фактических значений температуры воздуха, средней лучистой температуры (T_{mrt}), скорости ветра (v_a) и влажности, выраженной как упругость водяного пара (e) или относительная влажность (R) [8]:

$$\text{UTCI} = f(T_a; T_{\text{mrt}}; v_a; e) = T_a + \Delta(T_a; T_{\text{mrt}}; v_a; e)$$

Чувствительность UTCI к температуре, влажности, излучению и скорости ветра показывает, что он применим в условиях тепла и холода, что особенно подходит для переходной климатической зоны на севере Западной Сибири. Для расчета UTCI использовались ежедневные данные срочных наблюдений (температура воздуха, относительная влажность, скорость ветра и общая облачность) за период 2000-2019 гг. на 29 метеостанциях из архива ВНИИГМИ МЦД [17]. Расчет производился при помощи программного пакета BioKlima 2.6 [6].

Результаты. Климатическая переходная зона Западной Сибири, расположенная в зоне влияния вторичной ветви АФ в северотаежной ландшафтной зоне, может быть выделена по таким характеристикам подстилающей поверхности, как NDVI и эвапотранспирация E_v , а именно по их суммам и максимальным градиентам за вегетационный период. В рай-

оне переходной зоны суммарная E_v за вегетационный сезон составляет 8-8.5 м водного эквивалента с m^2 (рис. 2а). Зона максимальных градиентов E_v протянулась сплошной полосой между Обью и Енисеем. На западе она широкая и простирается от Оби до Сибирских Увалов (61° - 63° с.ш.). К востоку градиенты ослабевают, а полоса сужается и прослеживается в районе 61.5° - 62.5° с.ш. (рис. 2б). Суммарное значение NDVI за вегетационный сезон в переходной зоне составляет 70-80 (рис. 2в). Зона значимых максимальных градиентов NDVI прослеживается в виде отдельных кластеров между Обью и Енисеем, группирующихся в долине Оби и на небольшой возвышенности Сибирских Увалов (61° - 64° с.ш.) (рис. 2г).

Изменение продолжительности вегетационного периода, определенное по сумме температур выше $5^\circ C$, представлено трендом, который в начале XXI века значительно изменяется по территории (рис. 1а). В районе Енисея отмечается небольшое сокращение вегетационного периода до 8 дней за сезон, а в среднем течении Оби значимое увеличение до 12, а местами и до 16 дней. При этом на большей части региона тренды в районе прохождения вторичной ветви АФ не значимы и составляют ± 6 дней за сезон.

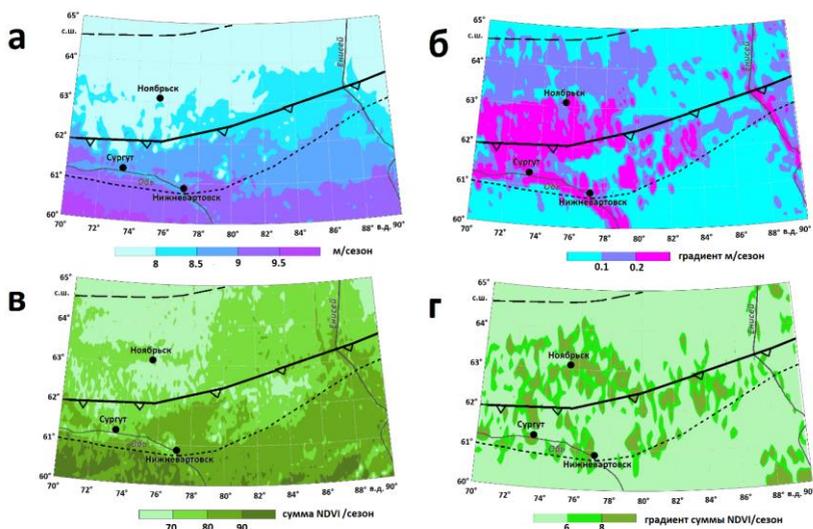


Рис. 2. Характеристики подстилающей поверхности за вегетационный период 2000-020 гг.: а) средняя сумма за сезон E_v (м/сезон), б) градиент суммарного E_v , в) средняя сумма за сезон NDVI, г) градиент суммарного NDVI. Обозначения см. рис. 1

Рассматривая градиенты сумм E_v по долготным разрезам 72° - 76° в.д. и 80° - 84° в.д., можно установить, что основной максимум

градиентов Ev стационарно наблюдаются в северотаежной зоне на 62.2° с.ш. вне зависимости от летних температурных флуктуаций (рисунок не приводится). Области максимальных градиентов Ev также отмечается на 61.2° с.ш. и в районе 63.6°-63.8° с.ш. (разрез 72°-76° в.д.), что обусловлено влиянием орографии (пойма р. Обь и Сибирские Увалы). Значения максимальных градиентов Ev год от года могут изменяться почти в 2 раза от 0.47 до 0.8 м и от 0.2 до 0.38 водного эквивалента на м² на разных долготных профилях. При этом значимого тренда максимальных значений градиентов Ev в начале XXI века не наблюдается (табл. 1).

Максимальные значения градиентов NDVI отмечается 61.7° с.ш. (разрез 72°-76° в.д.) и 62.1° с.ш. (разрез 80°-84° в.д.). Максимальные градиенты сумм NDVI значительно варьируют от 4 до 7 (разрез 72°-76° в.д.) и от 6.6 до 9.8 (разрез 80°-84° в.д.). Значимого тренда максимальных градиентов сумм NDVI также не выявлено. Максимальные и минимальные градиенты Ev и NDVI не синхронизированы.

Таблица 1

Максимальные градиенты Ev и NDVI за вегетационный сезон

год	максимальный градиент Ev м/сезон				максимальный градиент NDVI/сезон			
	72°-76° в.д.		80°-84° в.д.		72°-76° в.д.		80°-84° в.д.	
	широта	значение	широта	значение	широта	значение	широта	значение
2000	62.2°	0.62	62.2°	0.22	61.7°	7.0	62.1°	9.8
2001	62.2°	0.58	62.2°	0.25	61.7°	6.9	62.1°	9.6
2002	62.2°	0.58	62.2°	0.23	61.7°	6.9	62.1°	9.1
2003	62.2°	0.67	62.2°	0.26	61.7°	6.9	62.1°	9.0
2004	62.2°	0.67	62.2°	0.26	61.7°	6.6	62.1°	7.0
2005	62.2°	0.80	62.2°	0.38	61.7°	6.4	62.1°	9.4
2006	62.2°	0.42	62.2°	0.25	61.7°	5.5	62.1°	7.8
2007	62.2°	0.54	62.2°	0.22	61.7°	6.3	62.1°	6.9
2008	62.2°	0.69	62.2°	0.30	61.7°	4.0	62.1°	6.6
2009	62.2°	0.69	62.2°	0.27	61.7°	4.4	62.1°	7.5
2010	62.2°	0.53	62.2°	0.27	61.7°	6.5	62.1°	7.0
2011	62.2°	0.69	62.2°	0.30	61.7°	4.3	62.1°	7.0
2012	62.2°	0.71	62.2°	0.37	61.7°	6.9	62.1°	8.8
2013	62.2°	0.51	62.2°	0.22	61.7°	6.3	62.1°	8.2
2014	62.2°	0.60	62.2°	0.28	61.7°	5.3	62.1°	7.4
2015	62.2°	0.56	62.2°	0.24	61.7°	6.9	62.1°	8.8
2016	62.2°	0.67	62.2°	0.27	61.7°	6.4	62.1°	9.1
2017	62.2°	0.47	62.2°	0.24	61.7°	6.7	62.1°	7.3
2018	62.2°	0.47	62.2°	0.20	61.7°	5.4	62.1°	8.4
2019	62.2°	0.61	62.2°	0.22	61.7°	5.5	62.1°	8.0
2020	62.2°	0.67	62.2°	0.27	61.7°	6.8	62.1°	9.2

Универсальный индекс теплового комфорта (UTCI) был использован для оценки биоклиматических условий в области климатической переходной зоны Западной Сибири для современного климата (2001-2019 гг.). Полученные результаты показывают, что на рассматриваемой территории

преобладают среднесуточные значения UTCI, соответствующие экстремальному, очень сильному и сильному холодному стрессу (рис. 3а). Такие условия наблюдаются 60-70% дней в году на метеостанциях, расположенных севернее вторичной ветви АФ и менее 50% дней в году на метеостанциях южнее вторичной ветви АФ. Как показано в [14], для значений UTCI в 15 часов местного времени граница территорий, где сильное холодное напряжение наблюдается в 50% дней проходит приблизительно вдоль 64-65° с.ш., а число дней с сильным холодным напряжением увеличивается с юго-запада на северо-восток. Южнее климатической переходной зоны число дней с сильным холодным напряжением составляет около 40%. В районе переходной климатической зоны – экстремальный холодовой стресс наблюдается достаточно редко в 2-4% дней.

Наилучшие условия, с точки зрения теплового комфорта, для рассматриваемой территории – это отсутствие теплового стресса и комфорт. Но такие условия наблюдаются сравнительно не долго. Их максимальная продолжительность в области климатической переходной зоны и южнее – до 20% дней или 2.5-3 месяца (рис. 3а).

В период современного потепления наблюдается последовательное уменьшение продолжительности наиболее неблагоприятных условий. Тренды продолжительности сильного холодового напряжения, в основном, отрицательные. В области локализации переходной климатической зоны абсолютные значения трендов продолжительности сильного холодового напряжения увеличиваются (рис. 3б). В переходной зоне так же увеличивается период отсутствия теплового стресса и комфорта (тренды положительные). Таким образом, несмотря на то, что переходная климатическая зона, связанная с летним положением вторичной ветви Арктического фронта, достаточно стабильна, в ней наблюдается улучшение биоклиматических условий в современную эпоху.

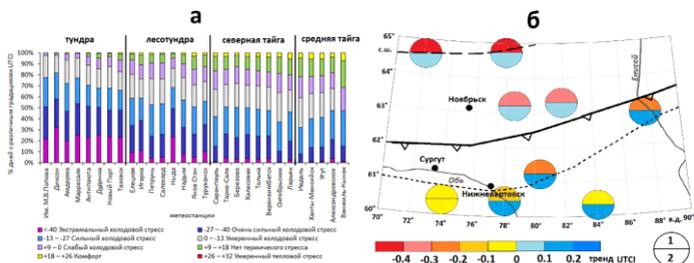


Рис. 3. Универсальный индекс теплового комфорта (UTCI) 2001-2019 гг.:

а) длительность различных градаций теплового воздействия;

б) тренды продолжительности теплового воздействия:

1 – сильный холодовой стресс, 2 – отсутствие теплового стресса и комфорт. Обозначения см. рис. 1

Выводы. Наиболее стабильными индикаторами климатической переходной зоны в среднетаежных ландшафтах Западной Сибири, связанной с влиянием вторичной ветви Арктического фронта, являются эвапотранспирация и NDVI.

Лучше всего выражена зона максимальных градиентов эвапотранспирации, которая протянулась сплошной полосой между Обью и Енисеем, в районе 61.5°-62.6° с.ш. Зона значимых максимальных градиентов NDVI представляет собой цепь отдельных кластеров, расположенных в широтной полосе 61°-64° с.ш.

В начале XXI века тренды продолжительности вегетационного периода в зоне стационарирования вторичной ветви АФ по большей части не значимы. Локализация области максимальных градиентов Ev (62.2° с.ш.) и NDVI (61.8°-62.1° с.ш.) стабильно и не зависит от продолжительности вегетационного периода. Значимого тренда для периода 2000-2020 гг. не наблюдается.

В переходной климатической зоне, связанной с летним положением вторичной ветви Арктического фронта, в современную эпоху отмечается улучшение биоклиматических условий. В основном оно проявляется в значимом сокращении периода сильного холодового напряжения и увеличении периода отсутствия теплового стресса и комфорта.

Работа выполнена в рамках Госзадания № 0148-2019-0009 «Изменения климата и их последствия для окружающей среды и жизнедеятельности населения на территории России».

Информационные источники

1. Величко, А. А. Устойчивость ландшафтной оболочки и ее биогеоразнообразия в свете динамики широтной зональности / А. А. Величко // Известия РАН. Серия географическая. – 2002. – № 5. – С. 7-21.
2. Коломыц, Э. Г. Ландшафтные исследования в переходных зонах / Э. Г. Коломыц. – М. : Наука, 1987. – 120 с.
3. Титкова, Т. Б. Климатическая переходная зона севера России в летних условиях / Т. Б. Титкова, А. Н. Золотокрылин // Известия РАН. Серия географическая. (в печати).
4. Титкова, Т. Б. Климатический рубеж в Северном Прикаспии: индикаторы и размещение / Т. Б. Титкова, А. Н. Золотокрылин, В. В. Виноградова // Известия РАН. Серия географическая. – 2020. – № 6. – С. 864-873. – DOI: 10.31857/S2587556620050167.
5. Черенкова, Е. А. Сезонные особенности арктического фронта на территории России в XX и XXI веках / Е. А. Черенкова, Т. Б. Титкова, А. Ю. Михайлов // Криосфера земли. – 2014. – Т. 18, № 4. – С. 78-85.
6. BioKlima©2.6. software package. – URL: <http://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>. – Текст : электронный.

7. Błażejczyk, K. An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI) / K. Błażejczyk, G. Jendritzky, P. Bröde, D. Fiala, G. Havenith, Y. Epstein, A. Psikuta, B. Kampmann // *Geographia Polonica*. – 2013. – Vol. 86, № 1. – P. 5-10.
8. Bröde, P. Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index UTCI / P. Bröde, D. Fiala, K. Błażejczyk, I. Holmér, G. Jendritzky, B. Kampmann, B. Tinz, G. Havenith // *Int. J. Biometeorol.* – 2012. – Vol. 56. – P. 481-494.
9. Johnston, C. A. Quantitative Methods for Studying Landscape Boundaries / C. A. Johnston, J. Pastor, G. Pinay // *Landscape Boundaries. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*. Vol 92 / eds. A. J. Hansen, F. di Castri. – Springer, New York, 1992. – https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2804-2_5.
10. Krajick, K. The 100th Meridian, Where the Great Plains Begin, May Be Shifting / K. Krajick. – Текст : электронный // *Columbia University Blog*. – 2018. – URL: <http://blogs.ei.columbia.edu/2018/04/11/the-100th-meridian-where-the-great-plains-used-to-begin-now-moving-east>.
11. Lin, Wang. Changes of the transitional climate zone in East Asia: past and future / Lin Wang, Wen Chen, Gang Huang, Gang Zeng // *Clim Dyn.* – 2017. – № 49. – P. 1463-1477. – DOI: 10.1007/s00382-016-3400-4.
12. Myers-Smith, I. H. Climate warming as a driver of tundra shrubline advance. R. Aerts, Ed. / I. H. Myers-Smith, D. S. Hik // *J. Ecol.* – 2018. – № 106. – P. 547-560.
13. Pastick, N. J. Spatiotemporal remote sensing of ecosystem change and causation across Alaska / N. J. Pastick, M. T. Jorgenson, S. J. Goetz et al. // *Glob. Change Biol.* – 2019. – № 25. – P. 1171-1189.
14. Vinogradova, V. Using the Universal Thermal Climate Index (UTCI) for the assessment of bioclimatic conditions in Russia / V. Vinogradova // *Int. J. Biometeorol.* – 2020. – <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01901-4>.
15. Electronic resource ERA5-Land. – URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-land?tab=overview>. – Текст : электронный.
16. Electronic resource MODIS MOD13C1. – URL: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13c1v006/>. – Текст : электронный.
17. Electronic resource. – URL: <http://meteo.ru>. – Текст : электронный.

Секция 7
«Образовательный и туристский потенциал
фенологических исследований»

УДК 581.543:581.9 (571.55)

DOI: 10.26170/KFG-2021-49

Попова Ольга Александровна,

доктор биологических наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия; olga.popova-54@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСКУРСИЙ
ПО ЗНАКОМСТВУ С РАННЕЦВЕТУЩИМИ СТЕПНЫМИ
РАСТЕНИЯМИ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фенологические исследования; фенология; фенологические наблюдения; организация экскурсий; раннецветущие растения; весенние экскурсии.

АННОТАЦИЯ. Установлено, что во флоре Восточного Забайкалья 339 видов относятся к раннецветущим растениям. Для них в весеннем развитии выделено три периода: предвесенний, начало весны или голая весна, и разгар весны или зеленая весна. Отмечено, что наиболее интересным для проведения весенних фенологических экскурсий является период начала весны, в который зацветает 55 видов растений, растущих на горных степных склонах. Выявлено десять видов раннецветущих растений, с которыми необходимо знакомить учащихся при проведении весенних экскурсий.

Olga A. Popova,

Doctor of Biology, Professor, Transbaikal State University, Chita, Russia

USE OF PHENOLOGICAL RESEARCH RESULTS IN
ORGANIZATION OF EXCURSIONS TO GET ACQUAINTED
WITH EARLY FLOWERING STEPPE PLANTS
IN EASTERN TRANSBAIKALIA

KEYWORDS: phenological research; phenology; phenological observations; organization of excursions; early flowering plants; spring excursions.

ABSTRACT. We established that 339 species in the flora of Eastern Transbaikalia belong to early flowering plants. There are three periods for them in spring development: pre-spring, early spring or bare spring, and the height of spring or green spring. We point out that the most interesting period for spring phenological excursions is the beginning of spring when 55 species of plants growing on mountain steppe slopes begin to bloom. During spring excursions, it is necessary to introduce students to ten species of early flowering plants identified.

Сезонные или фенологические наблюдения за растениями входят в программу изучения биологии 5 класса. Без таких наблюдений учителю сложно организовать исследовательскую работу учащихся по изучению

биологии и экологии раннецветущих растений. Фенологические наблюдения дают учителям биологии и естествознания ценнейший материал для понимания закономерностей развития в меняющихся условиях среды, они позволяют показать учащимся многообразие приспособления растений к перезимовке и раннему развитию в весенний период, цикличность развития природы, тесные взаимосвязи растений с условиями окружающей среды.

Общение учащихся с живой природой во время сезонных экскурсий помогает воспитывать у них бережное отношение к живым организмам и растительным сообществам – качества, которые необходимы в современную эпоху всем жителям Земли.

Большая часть имеющейся в распоряжении учителей методической литературы по организации и проведению сезонных наблюдений основывается на примерах растений, произрастающих в Европейской части России и не встречающихся в Забайкалье. Поэтому преподаватели естественных дисциплин испытывали трудности при проведении сезонных наблюдений и подборе растений как объектов для исследования.

Для решения поставленной проблемы в 1990-2006 гг. нами были проведены полевые и стационарные исследования по выявлению видового состава раннецветущих растений и изучению биологии и фенологии, отдельных наиболее интересных видов. При проведении исследований использовались методы опорных точек и радиальных маршрутов. Фенологические наблюдения за развитием раннецветущих растений проводились по методике И. Н. Бейдеман [1] с 25 апреля по 31 мая в течение 5 лет с 1990 по 1995 гг. в окрестностях города Читы в степных, луговых и лесных сообществах.

Весна в Восточном Забайкалье в отличие от Европейской части России характеризуется тем, она наступает со значительным запозданием в конце апреля и продолжается до конца мая – начала июня [15]. В апреле особенно ночью еще держатся отрицательные температуры, поэтому среднесуточная температура в этом месяце бывает отрицательной или близкой к 0°C. В мае наблюдается медленное увеличение температуры, но особенно в первой декаде месяца обычны ночные заморозки, а иногда и выпадение снега. Средняя температура в мае составляет +10°C. Весной в Забайкалье выпадает незначительное количество осадков. В апреле они не превышают 10-20 мм, а в мае могут достигать 40-60 мм. Наряду с низкой влажностью воздуха, которая в отдельные дни может составлять 10-15%, отрицательное влияние на развитие растений весной оказывают сильные холодные ветра северо-западного направления. Они иссушают почву и усиливают транспирацию у растений. Кроме того, для Восточного Забайкалья характерна большая продолжительность солнечного сияния. При этом наблюдается преобладание прямой солнечной радиации

над рассеянной, в результате чего происходит быстрое оттаивание и нагревание почвы, особенно на южных степных склонах.

Время весеннего пробуждения растений зависит от температуры окружающей среды. У многих растений умеренного климата нижний предел температуры, необходимый для начала развития, близок к $+5^{\circ}$. Однако, в связи с длительным приспособлением к определенным природным условиям у разных растений сезонного климата возникли специфические особенности реакции на температуру среды и свой нижний термический порог вегетации. Отсюда и разные сроки весеннего пробуждения, строгий порядок чередования фаз развития у разных видов растений, их последовательность и синхронность.

Исследования, проведенные Б. И. Дулеповой [7], О. А. Поповой [9; 12] показали, что весной в развитии растительных сообществ Восточного Забайкалья, можно выделить три периода: предвесенний, начало весны, или голая весна, и разгар весны, или зеленая весна.

Предвесенний период начинается с середины апреля. В это время только у немногих видов растений начинается рост цветочных почек. К этим видам растений относятся *Pulsatilla turczaninovii* Kril., *Pulsatilla multifida* (G. Pritzel) Juz. *Rhododendron dauricum* L., *Populus tremula* L. В степи начинается вегетация зимнезеленых растений: *Androsace incana* Lam., *Chamaerhodos erecta* (Laxm.) Bunge, *Carex pediformis* C. A. Meyer, *Alyssum lenense* Adams, *A. obovatum* (C. A. Mey.) Turcz. Цветущих растений еще нет.

Начало весны (голая весна) (25.04-10.05) в Забайкалье отличается от других регионов значительной сменой температур в течение суток и разные дни. Оттепели с температурами $+15$ - $+18^{\circ}\text{C}$ сменяются холодной погодой с ночными заморозками до -10°C . В этот неблагоприятный период развитие начинается лишь у раннецветущих видов и зимнезеленых растений, сохраняющих с осени цветочные почки, зеленые побеги и листовые розетки.

В степях Забайкалья вестником голой весны является начало цветения двух эфемероидов *Gagea pauciflora* (Turcz. ex Trautv.) Ledeb., *Physochlaina physaloides* (L.) G. Don., а также самого характерного весеннего растения Забайкалья *P. Turczaninovii*. У него в начале развития из земли появляется цветок на коротком цветоносе, а только к концу цветения, началу плодоношения развиваются листья.

Вестником голой весны в лесу является: зацветание *Populus tremula* L., начало сокодвижения у *Betula platyphylla* Sukacz., набухание почек и начало цветения *R. dauricum*, цветение *Salix bebbiana* Sarg., начало зеленения хвои у *Pinus sylvestris* L. У травянистых растений, таких как *Taraxacum collinum* DC., *Viola gmeliniana* Roemer et Schultes., *Carex argunensis* Turcz. ex Trev., *Carex duriuscula* C. A. Meyer, *Carex pediformis*

С. А. Меу возобновляется вегетация. По данным В. И. Радыгиной, [14] в сосновых лесах зацветает *P. multifida*. Мы установили, что в этот период на территории Забайкальского края начинают цвести 55 видов растений. В целом растительный покров выглядит почти безжизненным, и имеет желто-бурый цвет.

Разгар весны (зеленая весна) наступает обычно 10-15 мая, когда осуществляется переход среднесуточных температур через +5°C – нижний предел, необходимый для развития многих растений нашего климата. После 20 мая осуществляется переход среднесуточных температур через +10°C и устанавливаются дневные температуры воздуха +15...+20°C. Ночные температуры еще невысокие (+1...+2°C), но заморозки уже становятся редким явлением.

Вестником разгара весны в степях Забайкалья является апогей цветения *P. turczaninowii* и начало зацветания большинства весенних видов: *Taraxacum collinum* DC., *Carex duriuscula*, *Alyssum lenense* Adams, *A. obovatum* (С. А. Меу.) Turcz., *Chamaerhodos erecta* (Laxm.) Bunge. В период зеленой весны начинается вегетация большинства степных видов растений, и желто-бурый аспект степи меняется на зеленовато-пестрый.

Заканчивается весна в забайкальских степях отцветанием *P. turczaninowii* и началом цветения раннелетних видов, таких как *Papaver rubro-aurantiacum* Lundstr., *Haplophyllum davurense* (L.) G. Dan fil., *Eremogone capillaris* (Poir.) Fenzl.

В лесу разгар весны начинается с дружного цветения *R. dauricum*, полного зеленения хвои у *P. sylvestris*, появления «зеленой дымки» у берез и лиственниц, у них начинает дружно раскрываться молодая листва. У *Viola gmeliniana*, *Carex pediformis*, *Potentilla fragonoides* L., *Gueldenstaedtia verna* (Georgi) Boriss. наблюдается дружное и массовое цветение.

Заканчивается весенний период в лесу отцветанием *R. dauricum*, началом пыления *P. sylvestris* и зацветанием раннелетних видов, таких как *Vaccinium vitis idaeae* L., *Lathyrus humilis* (Ser.) Sprengel., *Iris uniflora* Pall. В целом для Восточного Забайкалья нами [11] было выявлено 339 видов раннецветущих растений.

В процессе проведения исследований нами было установлено, что наиболее интересной группой для проведения фенологических исследований является группа раннецветущих растений, зацветающих в период голой весны (25.04-10.05), так как именно эти виды хорошо адаптированы к крайне неблагоприятным криоксерофильным условиям.

Наши исследования показали [13], что в этот период цветет всего 55 видов растений. У них сформировались такие адаптации, которые способствовали как экономному сохранению и использованию тепла при похолодании, так и устойчивости к воздействию прямой инсоляции, высоким температурам и весенней почвенной и атмосферной засухе.

Травянистые степные раннецветущие растения обычно растут в укрытиях, таких как понижения рельефа, расщелины, камни, так как там сохраняются относительно постоянные температура и влажность воздуха и почвы. Раннецветущие древесные виды, такие как *Armeniaca sibirica* (L.) Lam., *Ulmus macrocarpa* Hance., *Spiraea aquilegifolia* Pall. также растут на южных каменистых хорошо защищенных от северных ветров склонах, которые для этих видов являются «рефугиумами».

У раннецветущих травянистых растений в период начала вегетации и цветения побеги миниатюрные, располагаются компактно, прижаты к поверхности почвы. Большая часть травянистых растений являются розеточными поликарпиками. У них за счет розеточной формы роста уменьшается расход воды на транспирацию, они сохраняют тепло и используют его экономно.

Многие травянистые ранневесенние растения формируют компактные плотные дерновины или растения-подушки. К этой группе относятся такие раннецветущие виды, как *Arctogeron gramineum* (L.) DC., *Astragalus galactites* Pall., *Astragalus scaberrimus* Bunge, *Oxytropis caespitosa* (Pall.) Pers., *Oxytropis filiformis* DC. Как показали исследования, проведенные А. А. Горшковой и др. [2] и Б. И. Дулеповой [5; 7] подушковидные растения обладают высокой степенью автономности от воздействия внешней среды и стабильным температурным режимом внутри подушек. Их можно рассматривать как адаптацию к обитанию в криоксерофильных условиях с резкими перепадами суточных температур, в устойчивом дефиците влаги и иссушающем действии ветров.

Очень важным приспособлением к росту в условиях резких колебаний температур и влажности воздуха является образование густого покрова из кроющих волосков на листьях, побегах, бутонах и цветках растений. Наиболее показательным в этом отношении так называемая «волосяная шуба», которая хорошо развита на цветках прострелов, соцветиях ив, листьях *Androsace incana*. Она хорошо предохраняет растения от сильного испарения и температурных колебаний в весенний период.

Таким образом, исследования, проведенные Б. И. Дулеповой, О. А. Поповой [6] позволили отобрать виды раннецветущих растений, которые встречаются по всей лесостепной территории края и являются наиболее интересными объектами при проведении весенних экскурсий.

Виды рода *Pulsatilla* Mill. (*P. turczaninowii*, *P. multifida*) являются вестниками наступления весны в Забайкалье. Этому способствует ряд важных биоморфологических особенностей [10]. Во-первых, у них уже с осени формируются цветки с развитым околоцветником, тычинками и пестиками, который снаружи окружен густо опушенными листочками покрывала. Эта своеобразная «волосяная шуба», защищает цветок зимой и ранней весной. Во-вторых, цветки у прострелов зацветают у самой зем-

ли до появления листьев. Листья образуются позже, во время созревания плодов и сохраняются до конца лета. Поэтому прострелы накапливают в подземных органах значительное количество запасных питательных веществ, за счет которых растения растут и развиваются в весенний период. Кроме того, будучи стержнекорневыми поликарпиками, они отличаются устойчивостью к продолжительной засухе.

Gagea pauciflora является луковичным эфемероидом, для которого характерен короткий период надземной вегетации и длительный относительный покой в летний период. Наши исследования показали, что этот вид очень чувствителен к условиям обитания. Если зима была малоснежной, и весной выпадало минимальное количество осадков, то растения весной не отрастали и оставались в состоянии покоя. Это следует учитывать при организации экскурсий.

Euphorbia fischeriana (мужик-корень) – даурский эндем. Это безрозеточное глубоко стержнекорневое травянистое растение с мощно развитыми мясистыми корнями, имеющих вид толстых веретеновидных клубней. Вес корня одного растения может достигать 600 грамм. Образование корня-клубня обычно сочетается у растения с относительно мезоморфной структурой, повышенным содержанием воды в листьях и корнях, а также относительно коротким сроком вегетации. *E. fischeriana* относят к коротковегетирующим видам. Надземные побеги и бутоны появляются в конце апреля, цветет в и плодоносит в мае, а к концу июня его надземная часть отмирает. Такое необычное развитие вида стало возможным благодаря образованию глубоко стержнекорневой системы, которая является резервуаром воды и питательных веществ.

К такому же типу растений относится *Physochlaina physaloides*. Растение цветет в конце апреля. Надземная часть в этот период имеет форму подушки. У нее под землей развивается клубень весом до 400 граммов. Для *Physochlaina* характерен наиболее короткий срок вегетации (полтора-два месяца). Развитие этого вида заканчивается в начале или середине июня с наступлением сильной засухи. *Physochlaina* приспособилась к жизни в аридных условиях Забайкалья путем ухода от засухи и переживания ее в состоянии покоя.

E. fischeriana и *P. physaloides* являются ценными лекарственными растениями и включены в Красную книгу Забайкальского края [8].

Androsace incana имеет тонкое деревянистое корневище с расположенными на нем многочисленными полушаровидными розетками листьев. Внутренние листья розетки по всей поверхности покрыты шелковистыми волосками, а ее наружные листья сухие, пленчатые. Внутри розетки развиваются цветки, которые надежно защищены от перепадов температуры и иссушения во время малоснежной зимы. Такая форма позволяет проломнику вегетировать в неблагоприятные для его развития

ранневесенний и осенней периоды. *Androsace incana* является зимнезеленым растением.

Arctogeron gramineum – подушковидное розеточное растение с сильно разветвленным каудексом, формирующим плотные дернины-подушки. Прикорневые листья арктогерона очень узкие, голые, похожи на листья ксерофильных злаков. Цветки собраны в одиночные корзинки с бледно-сиреневыми краевыми язычковыми цветками, которые очень красиво смотрятся на фоне еще пожелтевшей желто-коричневой прошлогодней листвы.

Подушковидная форма роста – приспособление к жаре и засухе и одновременно к переживанию сухой и холодной весны. Растения могут уменьшать или увеличивать количество побегов, сохраняя площади своего обитания [4]. Наибольшего обилия *A. gramineum* достигает в экстремальных условиях среды – на вершинах каменистых степных склонов, где дефицит влаги наблюдается почти все месяцы вегетационного периода и наиболее слабо выражен снежный покров. Такие участки степей называют арктогероновыми [3]. В связи с перечисленными выше приспособлениями у этого вида наблюдается ежегодное цветение даже в экстремально сухие периоды.

Интересным объектом для наблюдения является *Leibnitzia anandra* (L.) Turcz. Этот вид обладает своеобразной биоморфологией. Ярко выраженный сезонный диморфизм генеративных побегов у него сочетается с особой ритмикой корнеобразования. Корневая система лейбнитции состоит из придаточных корней, которые живут один год в течение двух вегетационных сезонов. Осенью отмирания корней не происходит. Они накапливают запасные вещества, которые расходуются весной следующего года на развитие весенней генерации (весеннее цветение). В начале июля старые корни отмирают и начинают формироваться новые придаточные корни в виде крепких шнуровидных корней. При их участии в конце июля происходит развитие позднелетних генеративных побегов второй генерации (летнее цветение).

Из древесных пород к весеннецветущим растениям относятся *Ulmus macrocarpa* и *Armeniaca sibirica*. У обоих видов цветки распускаются до появления листьев и оба вида на территории Забайкалья являются реликтами третичных прерий и саванн.

A. sibirica растет на солнечных, хорошо прогреваемых каменистых южных склонах, образуя характерные для Даурии, особенно ее южной части, кустарниковые степи и полузаросли. Он образует форму кустарника или небольшого деревца. В конце апреля его ветви покрываются нежно белыми или бело-розовыми цветками. Вид отличается высокой засухо- и морозоустойчивостью. Исключительно декоративный вид, может исполь-

зоваться для озеленения и закрепления склонов. Вид включен в Красную книгу Забайкальского края, как третичный неморальный реликт [8].

U. macrocarpa на Дальнем Востоке образует, сухие леса и встречается в форме небольших деревьев. На территории Забайкалья в третичное время *U. macrocarpa* был обычным видом широколиственных лесов, наряду с дубом, липой, кленом. В настоящее время у нас сохранились только некоторые спутники таких лесов. К ним относится *U. macrocarpa*. Требовательный к теплу, он селится на теплых южных склонах, но страдает здесь от недостатка влаги, поэтому в Забайкалье он образует жизненную форму в виде низкорослых корявых кустов от 1 до 1,5 метров высотой [7].

Таким образом, раннецветущие растения Восточного Забайкалья своеобразны, интересны и заслуживают того, чтобы с ними знакомили учащихся на весенних экскурсиях и по возможности останавливались на особенностях их биологии и экологии.

Информационные источники

1. Бейдеман, И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / И. Н. Бейдеман. – Новосибирск : Наука, 1974. – 154 с.
2. Горшкова, А. А. Особенности биоморфологии и некоторых процессов жизнедеятельности у степных растений Забайкалья / А. А. Горшкова, Л. Д. Копытова, А. И. Спивак // Флора, растительность и растительные ресурсы Забайкалья и сопредельных областей. – Чита, 1970. – С. 7-9.
3. Дулепова, Б. И. Арктогероновые степи и особенности их сезонного развития / Б. И. Дулепова // Флора, растительность, растительные ресурсы Забайкалья. – Чита, 1970. – С. 32-33.
4. Дулепова, Б. И. Биоморфологические, анатомические и эколого-ценотические особенности *Arctogeron gramineum* (R.) DC / Б. И. Дулепова // Степная растительность Сибири и некоторые черты ее экологии. – Новосибирск : Наука, 1982. – С. 48-55.
5. Дулепова, Б. И. Экобиоморфы степных растений Даурии / Б. И. Дулепова // Флора, растительность и растительные ресурсы Забайкалья. – Иркутск, 1984. – С. 3-19.
6. Дулепова, Б. И. Изучение сезонных явлений в жизни растений : методические рекомендации / Б. И. Дулепова, О. А. Попова. – Чита : Читинская областная типография, 1989. – 43 с.
7. Дулепова, Б. И. Степи горной лесостепи Даурии и их динамика / Б. И. Дулепова. – Чита : Читинского педагогического института, 1993. – 395 с.
8. Красная книга Забайкальского края. Растения. – Новосибирск : ООО «Дом мира», 2017. – 384 с.
9. Попова, О. А. Организация и программа фенологических наблюдений в Забайкалье / О. А. Попова // Проблемы комплексного изучения человека в условиях Забайкалья. – Чита, 1996. – С. 336-370.

10. Попова, О. А. Биология некоторых раннецветущих растений Восточного Забайкалья / О. А. Попова // Экология растений Забайкалья : сб. информ. матер. для педагогов-экологов. Вып. 2. – Чита, 1997. – С. 5-8.
11. Попова, О. А. Иллюстрированный определитель раннецветущих растений Читинской области / О. А. Попова. – Чита : Изд-во ЗабГГПУ, 2004. – 206 с.
12. Попова, О. А. Весенние фенологические сезоны и развитие раннецветущих растений Восточного Забайкалья / О. А. Попова // Флора, растительность и растительные ресурсы Забайкалья и сопредельных территорий. – Чита, 2005. – С. 79-83.
13. Попова, О. А. Адаптационные особенности ранневесенних раннецветущих растений Восточного Забайкалья / О. А. Попова // Ученые записки ЗабГГПУ. – 2011. – № 1 (36). – С. 102-110.
14. Радыгина, В. И. Сезонные явления в сосновом лесу / В. И. Радыгина // Флора, растительность и растительные ресурсы Забайкалья и сопредельных областей. – Чита, 1970. – С. 60-61.
15. Типы местности и природное районирование Читинской области. – М. : Наука, 1965. – 492 с.

Стрючкова Лариса Николаевна,

ФГБУ «Заповедники Таймыра», г. Норильск, Россия; liss888@mail.ru

ВЫБОРОЧНАЯ ТОПОНИМИЯ ТАЙМЫРА КАК ОТРАЖЕНИЕ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ, ИСТОРИЧЕСКИХ И ЭТНОКУЛЬТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фенологические топонимы; фенология; фенологические наблюдения; топонимия; ландшафты; природа; климат.

АННОТАЦИЯ. Топонимическая картина полуострова Таймыр складывалась в течение нескольких веков. Достаточно поздно были составлены карты полуострова – его контуры впервые исследованы отрядами Великой Северной экспедиции 1733-1743 гг., а внутренний Таймыр и вовсе картографирован уже в советский период. Самый северный полуостров материковой суши в мире явился своеобразным этнографическим котлом. В процессе взаимодействия разных культур топонимическая картина региона оказалась очень пестрой. В статье заострено внимание на фенологических топонимах. Их анализ и расшифровка являются увлекательным материалом для формирования образовательных лекций или исторических экскурсий.

Larisa N. Stryuchkova,

Federal State Budgetary Institution “Taimyr Nature Reserves”, Norilsk, Russia

SELECTIVE TOPONYMY OF TAIMYR AS A REFLECTION OF PHENOLOGICAL OBSERVATIONS, HISTORICAL AND ETHNO-CULTURAL PROCESSES

KEYWORDS: phenological place names; phenology; phenological observations; toponymy; landscapes; nature; climate.

ABSTRACT. The toponymic picture of the Taimyr Peninsula was formed over several centuries. Maps of the peninsula were made quite late – its contours were first explored by the detachments of the Great Northern Expedition of 1733-1743, and the inner Taimyr was already mapped in the Soviet period. The northernmost peninsula of the mainland in the world was a kind of ethnographic cauldron. In the process of interaction of different cultures, the toponymic picture of the region turned out to be very diverse. The article focuses on the phenological toponyms. Their analysis and interpretation are fascinating materials for forming educational lectures or historical excursions.

Введение. Этимология географического названия несёт не только информацию о народах (носителях той или иной языковой группы), проживающих (проживавших) на данной территории, но и более глубокие смыслы – о традициях и культуре, хозяйственном и бытовом укладах, взаимодействии с окружающим миром, в том числе и с природой. Топонимика Таймыра с этой точки зрения имеет достаточно пёструю картину, хотя и вполне чётко ориентированную по сторонам света. Топоформанты (по Дульзону, форманты, позволяющие дифференцировать топонимы по принадлежности к тому или иному языку [2]) показывают нам, что в

формировании географических названий Таймыра задействованы четыре языковые группы – восточно-славянские языки, тюркские, тунгусо-маньчжурская и самодийская языковые группы [19]. Территориально самодийских терминов больше к западу и северу территории (до гор Бырранга), тунгусо-маньчжурских – к югу, к границе Эвенкии, тюркских – к востоку Таймыра. Русские топонимы обильны на самом севере полуострова и в исторической области, до Октябрьской революции называемой Затундрой (полоса лесотундры и северной тайги, «прикрытая» северными отрогами плато Путорана) [17].

Но, независимо от языковой составляющей, есть нечто общее, что объединяет смысловое значение топонимов полуострова Таймыр. Это – сформировавшаяся система жизнеобеспечения на Крайнем Севере, вдали от цивилизации, свойственная как кочевым насельникам полуострова, так и оседлым его жителям, впервые освоившим Таймыр, как считается, в начале XVII века [1] – ясачные казаки, промысловики, исследователи новых территорий Российского государства. Нередко они обзаводились семьями, беря в жены представительниц кочевых родов, и формировали новое, так называемое старожильческое население полуострова. После реформы М. Сперанского их стали называть затундринскими крестьянами.

Система жизнеобеспечения в жестких климатических условиях предполагала не только особый тип хозяйствования (например, домашнее оленеводство по ненецкому типу [9] или привнесённая на Таймыр поморская культура [18]), но и накопленные поколениями знания об окружающем мире природы. Они как раз и воплотились в топонимы, дающие точную характеристику географическому объекту с точки зрения фенологических наблюдений. Это важно для структурирования ареала проживания – где строить коренные избы, где – отъезжие [8], где пролагать охотничьи путики, обустраивать сезонные рыбопромысловые точки и многое другое.

Если взять всю совокупность географических названий полуострова Таймыр в отношении соответствия топонимов природным и климатическим реалиям, то можно выделить отдельную группу **фенологических топонимов**. Анализ гидронимов и оронимов, относящихся к этой группе, в свою очередь, дает возможность выделить в ней еще три подгруппы: *фаунистические топонимы* (топонимы ареалов обитания представителей местной фауны), *ландшафтные топонимы* (характеристики пейзажей), *природно-климатические топонимы*, связанные с сезонными явлениями и климатом данной территории. И здесь весьма важно отметить, что наименование географических объектов не зависит от языковой основы: если озеро известно обилием хорошего улова щук, оно будет названо Щучьим (русский язык) или Гудке (*гуткэн* – щука по-эвенкийски).

Вместе с тем, анализ каждого, отдельно взятого топонима представляет собой достаточно многоуровневую исследовательскую работу, когда анализу поддается не только морфологический состав слова и его значение, а также причины возникновения того или иного географического названия здесь и сейчас, его семантика. Что послужило формированию топонимической картины региона? Какие исторические события, особенности проживания в данной местности, существенные отличия природных, климатических и других факторов? Эти исследования в процессе дешифровки выносят на-гора объемный материал об историческом, культурном наследии территории. Он, в свою очередь, может быть использован в образовательных, просветительских целях.

На нескольких примерах анализа взятых выборочно топонимов проиллюстрируем насыщенность смыслов, включённых в собственно географические названия.

Фаунистические топонимы.

Волчья – названий рек, несущих в своей смысловой основе имя этого хищного зверя, на Таймыре несколько. Причём, не только в русском варианте. Как пример – река **Сармикуяха**. Фомант – *яха* дает возможность определить топоним как самодийский. Как правило, этот формант, означающий «река», присутствует в названиях водотоков, поименованных носителями ненецкого языка. *Сармик* – по-ненецки «волк», т. е. в переводе на русский язык гидроним и означает «Волчья река».

По мнению ученых-биологов, волк имеет важнейшее значение в сохранении биобаланса территории. Не раз отмечено, что равновесие «олень – волк – пастбища» при вмешательстве человека в плане снятия «пресса хищника» сразу же нарушается: численность северного оленя значительно возрастает, резко увеличивается нагрузка на пастбища [6]. Вместе с тем, волк, охотясь на домашних оленей, часто вырезает больше особей, чем ему необходимо для пропитания. Если хищники охотятся на диких северных оленей, то, как правило, их добычей становится 1-2 оленя (хищники атакуют либо одиночные особи, либо небольшие стада до нескольких десятков оленей) [6]. При большой концентрации оленей в домашних стадах урон может быть на порядок выше. Так, профессор волчатник, охотовед В. П. Макридин свидетельствовал, что стая тундровых волков за 2 суток добыла 120 домашних северных оленей [10].

Поэтому традиционные места обитания волка очень важны как для держателей домашних стад, так и для промысловиков.

Дьергалах – Ергалах – Хариусная (-оe) – на Таймыре есть несколько гидронимов, в основе которых лежит название этих лососевидных рыб [13].

Происходит топоним от долганского *дьерга* (или *джерга*) – «хариус», плюс *-лах* – суффикс обладания. Т. е. река (или озеро), в которой во-

дится хариус, иначе – Хариусная (Хариусное). Ергалах – слегка трансформированное долганское слово.

Многие советские топонимисты указывали на то, что якутская топонимия четко отделяется от географических названий соседних народов и от всех других тюрков своими гидронимами, оканчивающимися на *-юрях* и *-лах* [3]. Мы же говорим о долганском топониме. Противоречия тут нет. Дело в том, что работы советских специалистов были опубликованы задолго до возникновения долганской азбуки и долганской письменности, которая, как известно, появилась только в 1980 г. [26]. За основу в долганском языке взята как раз якутская грамматика, а сам долганский язык относится к якутской подгруппе уйгуро-огузской группы тюркских языков алтайской языковой ветви.

Поэтому мы говорим, безусловно, о долганском происхождении этого слова. О чём косвенно говорит тот факт, что в более ранних архивных документах (начало XX века) название это употреблялось именно на долганский манер – Ергалак: суффикс *-лаак* – долганский (с тем же значением, что и якутский *-лах*).

Ергалаком, с долганским окончанием, называет реки и учёный геолог, географ, первооткрыватель Норильского медно-никелевого месторождения Н. Н. Урванцев: «...повернули на юг вдоль кромки плато, довольно сильно изрезанной долинами ручьёв и речек, бегущих на запад к Енисею. Проводник их называет безлико Ергалаком. Мне приходится их расчленять: Верхний, Средний, Северный, Южный и т. д. ...» [23]. Проводником Урванцева в этом пути был местный пастух Валентин, как описывает его Николай Николаевич, «явно смешанной крови».

Встречается в документах 1930-х годов и Дергалак [14] – применительно именно к современному Ергалаху, который Урванцев называл Ергалаком.

Хариус никогда не был промысловым видом – по мнению ихтиологов, в силу экологических особенностей: приуроченность к обитанию в боковых притоках и отсутствие скоплений [14]. От себя добавлю – и в силу того, что его очень трудно заготавливать впрок: мясо нежное, быстро портится. Но как традиционный вид в системе жизнеобеспечения он незаменим: ловится легко, готовится быстро, а то и сырым вполне пригоден для питания. Так что в долгих путешествиях, переходах, перекочёвках – незаменимое подспорье в рационе питания. Надо только места знать. А для этого служат гидронимы-подсказки.

Название реки **Дынкенгда**, как и одноименных гор, является тунгусским (эвенкийским) словом: основа «*дынке (дынке)*» – соболевый суффикс *-нгдэ (-нда)* – суффикс названий рек, гор, озёр по какому-либо, характерному для них признаку, свойственный эвенкийскому языку. В дан-

ном случае – река и горы Соболиные. Что говорит, вероятно, о большом количестве в этом районе ценного пушного зверька.

Заодно можно предположить, что название свое река и горы получили уже в период интереса тунгусов к этому промысловому виду. Ведь сам по себе соболь для кочевого народа ценности имел мало – его шкурка не особо ноская, в отличие, например, от беличьей. Но соболь очень ценился сборщиками ясака – «мягкой рухляди», или «мягкого золота», так тогда называли пушнину – основу пополнения казны Российского государства в XVI-XVIII вв.

Действительно, этот район плато Путорана между озерами Глубокое и Собачье (на юге полуострова Таймыр), как нельзя лучше подходит для обитания зверька: просторное ущелье закрыто горами и густо поросло северной тайгой. Идеальное место для соболя.

Ручей **Куропаточий** – озеро **Бягодатурку**. Эти гидронимы носят наименование ещё одного вида местной фауны, точнее – авифауны, который не является промысловым, но очень хорошо дополняет и разнообразит скудный рацион питания северянина. Куропатка – птица оседлая, небольшие перекочёвки совершает сезонно – к зиме в сторону юга, ближе к периоду гнездования доходит (тундряная куропатка) до побережья Северного Ледовитого океана. Имеет тенденцию гнездиться около человека (так больше вероятность спасения от разорения гнёзд песком) [25], поэтому, часто, гидронимы с именем куропатки находятся вдоль сезонных дорог аргишей, зимовий, трактов и других признаков цивилизации.

Приведенный для примера топоним Бягодатурку опознаётся как нганасанский по форманту *-турку*, что означает «озеро»; *бязу"о* – самец куропатки.

Ландшафтные топонимы. Значение топонима озеро **Пясино** и река **Пяси́на**, а также всей области, которую долгое время на картах обозначали как Пясида – безлесная. Исследователь Туруханского края XIX века П. И. Третьяков свидетельствовал, что «все окрестные места, через которые эта река протекает, назывались тогда Пясиди, что значит «ровная безлесная земля» [21]. Действительно, *ля* – по-ненецки «дерево», *сьде"э* – причастие отрицания «не имеющий».

В процессе длительной языковой ассимиляции топоним неоднократно менял свое звучание (например, на тунгусский манер Пясинга). На иностранных картах вариантов написания тоже немало: *Pesida*, *Piasida*, *Pjasiga* и даже *Tarsida*, пока не приобрёл современное звучание – после Великой Северной экспедиции на картах появляется озеро именно с таким написанием: Пясинское.

Безлесная – очень важный ландшафтный атрибут местности, куда веками аргишили вслед за стадами северных оленей кочевые роды: в тундрах Таймыра не так донимает гнус, как в лесотундровой или северо-

таёжной зоне, да и ягельники полуострова – основные пастбища этих животных – имеют большую оленеёмкость – до 850 тысяч голов [4].

Пайяха (ненецк.) – река **Косая** – река **Кривая**. По тундре передвигаться сложно, там практически нет прямых дорог. Водные артерии петляют, создавая немислимые меандры, а пеший либо упряжной путь преграждают многочисленные озёра и болотца – хочешь не хочешь, а обходить приходится. Например, река Косая, впадающая в реку Дудинка, оказалась на пути от селения Дудинка к Норильским горам. Расположившись под косым углом к основному направлению движения, она, по-видимому, из-за этого и получила своё название. Не отличается прямым руслом и река Пайяха, находящаяся на западе Таймыра, где изобилуют топонимы ненецкого происхождения, но суть от этого не меняется: во время перекочёвок такие топонимы предупреждают о характере ландшафта. *Пай* – косой, кривой (ненец.) + упоминавшийся выше ненецкий формант *-яха*.

Одна смысловая основа присутствует в составе нескольких названий озёр: **Алы-Кюэль**, **Алыкель** и др. Если первый из упомянутых гидронимов легко опознаётся как принадлежащий тюркской языковой группе (по форманту *-кюэль*), то второй – Алыкель, безусловно, палимпсест (топоним, видоизменённый, иногда до невозможности его интерпретировать, в процессе взаимодействия на данной территории носителей разных языков) [16], однако, достаточно легко поддающейся расшифровке. В основе его лежит широко распространённый в топонимике юго-востока Таймыра и Якутии формант *-күөл* (озеро). Долганский язык, сформировавшийся на рубеже XIX-XX вв. на основе якутского языка, в своей лексике имеет слова, совпадающие с ним по значению и звучанию. Слово «озеро» – одно из них. В русском языке нет звуков, обозначающихся буквами «ү» и «ө», поэтому эквивалентом может быть часто встречаемое написание на географических картах «-Кюэль», «-Кюель».

Алы в долганском и якутском языках означает примерно одно и то же: «узкая длинная долина, поросшая кустарником» в якутском и «низменный луг, поляна, покрытая травой и мхом» – в долганском. Семантическую (смысловую) основу всё же стоит взять из первоисточника долганской лексики – якутского языка, где значением основы слова *алы* является понятие «смягчать, сглаживать» – в значении «делать незаметным, не бросающимся в глаза». По сути, название озера Алыкель – видоизменённое в процессе контактов представителей разных языковых групп региона изначально тюркского звучания (напомню, к группе тюркских языков относятся и долганский, и якутский языки) – Алы (Алы)–Кюель. А значение его может быть интерпретировано как Низовое (Равнинное, Незаметное) озеро, что соответствует действительности: большое озеро Алыкель не сразу увидишь, пока не подойдёшь к нему на близкое расстояние – настолько оно сливается берегами с равнинной тундрой. И эту

особенность данного ландшафта тоже очень важно знать при передвижениях по просторам Таймыра.

Икэн – одна из многочисленных рек, стекающая со столовых гор плато Путорана по его северным отрогам – в ту область, которая до Октябрьской революции называлась Затундрой.

Этот участок плато пестрит топонимами разного происхождения: долганского, русского, тунгусского, много палимпсестов, что естественно для региона, где веками пересекались пути носителей разных языковых культур.

У тунгусского слова *икэн* много значений, но самое подходящее к данному гидрониму – горный перевал, седловина. Что соответствует ландшафту, где зарождается и протекает эта горная река – Перевальная. География плато была важна для тунгусов и хорошо ими изучена – ведь через этот громадный горный массив лежат миграционные пути северного оленя, вслед за которым веками аргишили эвенки – к лету на пастбища Таймыра, к зиме – обратно в эвенкийскую тайгу, где легче переносить суровый климат, меньше ветра и достаточно топлива в холодный период года.

Природно-климатические топонимы. Река **Яптояха**, гора **Ледниковая**, гидронимы **Сыруто**, **Сырута-Турку**, **Сырута-Яму**, горы и река **Амнундакта**, река **Наледная** – топонимов с основой, которая связана с холодом, безусловно, на Таймыре очень много. Независимо от языковой основы, климат диктует преобладание «северных» топонимов. Яптояха – хорошо узнаваемое по форманту *-яха* ненецкое географическое название: от *янда* – холодный. Амнундакта – от эвенкийского *амнунда* (наледь) + эвенкийский же аффикс *-кта*, обозначающий что-либо мелкое, встречающееся в больших скоплениях. Этот топоним можно перевести на русский язык как Многоналедная.

Группа гидронимов с основой *сыр* по топоформантам определяют как самодийская. Сыруто – ненецкий: от ненецкого *сыра* («снег, снежный, зима») плюс формант *-то* – озеро. Действительно, благодаря рельефу, по берегам этих водоёмов и водотоков весь тёплый сезон года присутствуют летующие снежники. Сырута-Турку, Сырута-Яму, скорее всего, – производные от ненецкого названия озера Сыруто, которое воспринято полностью как основа. К ней добавлены нганасанские форманты *-турку* – озеро и *-яму* (*-дяму*) – протока, рукав.

Что касается основы слова, хочется обратить внимание на то, что в нганасанском языке тоже есть слова с основой *сыр*. Она переводится как «лёд» или «соль». Особенно интересна соль, которая, действительно, в природе своей похожа и на комок снега, на кусок льда. В данном контексте можно сделать вывод, что изначальное значение ненецкого слова «сыра» («снег») в нганасанском имеет более позднюю по времени семан-

тику, основанную на подобии у обозначаемых понятий признаков цвета и качества: кусок льда и «голова» соли похожи на снег. И это совпадает с теорией становления нганасан как отдельного самодийского народа на Таймыре в XVII-XVIII вв. [7]. Обратное движение смыслов – от соли к снегу – кажется менее вероятным, так как формирование народа происходило на северной территории и снег здесь более часто встречающееся явление, значит, первичное по отношению к соли, которая в данном случае является вторичным понятием.

Река **Иркинда** – река **Селяктари**. На картах и в официальных документах закрепилось именно такое написание реки Иркинда – без буквы «г-», хотя, безусловно, в слове присутствует суффикс *-нда*, свойственный названиям гор, рек и озёр в эвенкийском языке. Но Иркинда – не очень удобно по произношению для носителей русского языка, особенно в словосочетании «Иркинда́нский водопад» (самый значимый географический объект в этом районе), поэтому одна буква и «выпала».

Ирки – по-эвенкийски дикий олень. А *иркин* – период ранней осени, когда олени обдирают кожу с рогов. В эвенкийском календаре даже есть месяц с таким названием – иркин, которые так и переводится: месяц обдиранья рогов у оленей. Этот период обычно приходится на август [12].

К концу августа вряд ли эвенки могли находиться рядом с этой рекой в северо-западной части плато Путорана – они как раз начинали обратный ход из гостеприимных тундр Таймыра в зону тайги вслед за оленем – а это намного севернее. Но ущелье реки Иркинда вполне подходит для одного из вековых миграционных путей «дикаря».

Есть еще одно соображение по поводу смысловой нагрузки этого топонима. Река Иркинда, как было уже упомянуто, знаменита своим водопадом, который является одним из красивейших водопадов Сибири. По весне река растекается широким фронтом и ниспадает несколькими мощными потоками вниз, в ущелье с почти тридцатиметровой высоты. Вода как будто обдирает камни, что и могло послужить появлению этого названия. В любом случае, топоним связан с сезонным явлением – периодом, когда олени обдирают кожу ранней осенью.

Аналогичный смысл в трактовке может значить и нганасанский гидроним Селяктари, основа которого видоизменена и не интерпретируется однозначно. Возможно, слово произошло от *селу* – олень с голыми рогами (нганас.) (*тари* – приток (нганас.)). Хотя носители языка предполагают в основе этого топонима и другое искажённое нганасанское слово: *сеэлаку* – маленький.

Еще хочется остановиться на группе русских гидронимов, обозначающих свойство водотоков, пролегающих на зимних, санных путях, которое опасно для путешественника – незамерзающие даже в лютые морозы реки, что связано с большой скоростью их течения и другими

природно-климатическими условиями: реки **Быстрая**, **Талая**, **Таловая** и другие аналогичные топонимы.

Сегодня гидроним Быстрая не имеет отношения к двум рекам, которые назывались так в течение почти двухсот лет кряду. Во всяком случае, этот топоним обозначен впервые на карте 1745 г. (после того, как в районе побывал Харитон Лаптев с частью отряда в 1742 г. [22]). Но, справедливости ради, надо сказать, что после этого гидроним то появлялся, то исчезал, меняя свое звучание.

Например, А. Ф. Миддендорф после своего знаменитого путешествия на Таймыр в 1842-1843 гг. обозначает реку Быструю как синоним реки Норильской: «исток его, – *(речь идет об озере Мелком – Л.С.)* – река Быстрая или Норильская». Обращает на себя внимание то обстоятельство, что Миддендорф не делит этот речной поток на собственно реку Норильскую и реку Талую, как это обозначено на современных картах. Вот как звучит его описание, относящееся к реке Пясины: «Она, – (Пясины – Л.С.), – вытекает, как известно, из ряда соединённых между собою горных озер, но получает свое имя только при истоке из последнего из них – Пясинского: выше она называется Быстрою» [11].

И тут необходимо сделать некоторые пояснения по поводу природных сюрпризов региона.

Сегодня на картах обозначено, что из озера Мелкого вытекает река Талая, которая в месте слияния с рекой Рыбной образует реку Норильскую. Последняя через несколько километров вливается в озеро Пясино, которое рождает реку Пясины, уходящую к Северному Ледовитому океану.

Николай Николаевич Урванцев, который в феврале-марте 1922 г. вместе со студентом-топографом С. Д. Базановым описал этот район, свидетельствовал, что исток реки из озера Мелкого, скорее всего, имеет относительно недавнее в гидрографическом плане происхождение: «правильнее считать, что река Норильская вытекает из озера Кета под названием Рыбной. А Талая – это более поздний, небольшой приток, который только недавно промыл себе русло до озера» [24].

Если мы посмотрим на карту крупного масштаба, то, действительно, увидим справедливость слов Урванцева: практически прямой стрелой река Рыбная (Норильская) соединяет озёра Кета и Пясино. А небольшой приток из озера Мелкого, действительно, вливается сбоку в эту мощную водную артерию.

Да и характер у рек разный – Норильская более широкая и спокойная, а Талая имеет быстрое течение, пороги, именно поэтому не замерзает зимой. Проводники Н. Н. Урванцева, в основном, долганы, и называли ее Талой. Ну, а Быстрой река была обозначена в документах и отчётах намного раньше. Как, например, у Миддендорфа. Скорее всего, тоже в

силу характера течения – после впадения в Норильскую быстрый поток и скорость передвижения по нему резко меняются и замедляются.

Более точно этот «узел» описан у исследователя XIX века П. С. Третьякова, но реку он называет иначе: речка Быстринка. Кстати, тут же приводит ещё одно название водотока, которым её именовали пясинские самоеды – Ньююдетия [20] (дословно – Налимовая (Налимья) в переводе с нганасанского языка; если бы наименование осталось самоедским, мы его тогда отнесли бы к фаунистическим). Миддендорф тоже об этом свидетельствовал – по отношению к реке Норильской [11].

Ары-Мас, лесной массив – в переводе с долганского означает «лесной остров». Действительно, лесной островок среди тундры, находится на территории заповедника «Таймырский» и является одним из самых северных лесов в мире (севернее него лишь участок «Лукунский», также входящий в состав указанных особо охраняемых природных территорий и отстоящий на север всего на 0°7').

Заключение. Система жизнеобеспечения на Крайнем Севере, сформированная взаимодействием нескольких культур, наложила свой отпечаток на топонимическую картину полуострова Таймыр. Наименование географических объектов не зависит от языковой основы. Но зависит от многовекового опыта насельников региона, и большая часть гидронимов и оронимов основана на их фенологических наблюдениях. Таким образом, с точки зрения характера этих наблюдений в совокупности фенологических топонимов полуострова Таймыр можно выделить три подгруппы: *фаунистические топонимы* (топонимы ареалов обитания представителей местной фауны), *ландшафтные топонимы* (характеристики пейзажей), *природно-климатические топонимы*, связанные с характеристиками сезонных явлений данной территории. Расшифровка топонимов дает обширный исторический, культурный, этнографический и другой материал для включения в образовательные и просветительские программы.

Информационные источники

1. Белов, М. И. Первое русское поселение на Таймыре / М. И. Белов // Известия Всесоюзного географического общества. – 1977. – Т. 109, вып. 1. – С. 56.
2. Дульзон, А. П. Этнически дифференцирующие топонимы Сибири и Дальнего Востока / А. П. Дульзон // Языки и топонимия Сибири. Ч. II. – Томск, 1970. – С. 88.
3. Дульзон, А. П. Этнически дифференцирующие топонимы Сибири и Дальнего Востока / А. П. Дульзон // Языки и топонимия Сибири. Ч. II. Томск, 1970. – С. 89-90.
4. Заповедник «Таймырский» : путеводитель / науч. ред. М. Г. Бондарь. – Норильск : АПЕКС, 2020. – С. 37.

5. Колпашиков, Л. А. Знакомьтесь: тундровый волк / Л. А. Колпашиков // Спецвыпуск альманаха «Неизвестный Норильск». – 2018. – № 10. – С. 7-8.
6. Колпашиков, Л. А. Таймырская популяция дикого северного оленя (биологические основы управления и устойчивого использования ресурсов) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Колпашиков Л. А. – М., 2000. – С. 26.
7. Лабанаускас, К. И. Происхождение нганасанского народа / К. И. Лабанаускас. – СПб., 2004. – С. 192.
8. Лубнина, А. Ф. Отъезд зимовье / А. Ф. Лубнина // Неизвестный Норильск. – 2011. – № 14. – С. 40-42.
9. Макаров, Н. П. История и культура народов Приенисейского края / Н. П. Макаров, М. С. Баташев. – Красноярск, 2007. – С. 126.
10. Макридин, В. П. Истребление полярных волков с помощью авиации / В. П. Макридин // Сельское хозяйство Сибири. – 1060. – № 8. – С. 62-64.
11. Миддендорф, А. Ф. Путешествие на север и восток Сибири. Ч. I / А. Ф. Миддендорф. – СПб., 1860. – С. 89.
12. Мухачёв, А. Д. Двенадцать месяцев – зима / А. Д. Мухачёв // Неизвестный Норильск. – 2017. – № 26. – С. 36.
13. Пресноводные рыбы Средней Сибири : монография / Н. В. Богданов [и др.]. – Норильск : АПЕКС, 2016. – С. 94.
14. Пресноводные рыбы Средней Сибири : монография / Н. В. Богданов [и др.]. – Норильск : АПЕКС, 2016. – С. 97.
15. Проект отвода территорий, выбора и распланировки хозяйственного центра колхозу «Красной Армии» Норило-Пясинского к/с Дудинского района Таймырского национального округа. – 1937. – Л. 47.
16. Стрючкова, Л. Н. Сюрпризы топонимики Таймыра – от праюкагиров до советских картографов / Л. Н. Стрючкова // Научный вестник Арктики. – 2019. – № 6. – С. 119.
17. Стрючкова, Л. Н. Сюрпризы топонимики Таймыра – от праюкагиров до советских картографов / Л. Н. Стрючкова // Научный вестник Арктики. – 2019. – № 6. – С. 122-123.
18. Стрючкова, Л. Н. Шесть этносов Таймыра / Л. Н. Стрючкова. – Норильск : АПЕКС, 2019. – С. 26.
19. Стрючкова, Л. Н. Шесть этносов Таймыра как отражение историко-культурного ландшафта полуострова / Л. Н. Стрючкова // Енисейская Сибирь в истории России (к 400-летию г. Енисейска) : материалы Сибирского исторического форума. Красноярск, 23-25 октября 2019 г. – Красноярск : ООО «Лаборатория развития», 2019. – С. 332.
20. Третьяков, П. И. Туруханский край / П. И. Третьяков // Записки Императорского Русского географического общества. – СПб., 1869. – С. 272.
21. Третьяков, П. И. Туруханский край, его природа и жители / П. И. Третьяков. – СПб., 1871. – С. 132-133.

22. Троицкий, В. А. Записки Харитона Лаптева / В. А. Троицкий. – М. : Мысль, 1982. – С. 22.
23. Урванцев, Н. Н. Открытие Норильска / Н. Н. Урванцев. – М. : Наука, 1981. – С. 22.
24. Урванцев, Н. Н. Таймыр – край мой северный / Н. Н. Урванцев. – М. : Мысль, 1978. – С. 33.
25. Харитонов, С. П. Птицы и млекопитающие окрестностей бухты Медуза, Диксонский район, Северо-Западный Таймыр / С. П. Харитонов // Научные труды ФГБУ «Заповедники Таймыра». – Норильск : АПЕКС, 2015. – С. 185.
26. Чтобы помнили... – Норильск : АПЕКС, 2015. – С. 7.

Научное издание

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЛАНДШАФТОВ

Компьютерная верстка С.В. Грачев, Д.Н. Липухин

Уральский государственный педагогический университет.
620017 Екатеринбург, пр-т Космонавтов, 26.
E-mail: uspu@uspu.me