

## СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ В КОНТЕКСТЕ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НИЗКОГОРИЙ СРЕДНЕГО УРАЛА

*Ю.Р. Иванова\*, Н.В. Скок*

Уральский государственный педагогический университет,  
Россия, 620017, г. Екатеринбург, пр. Космонавтов, 26; \**miss.nocentra@list.ru*

**Реферат.** В данной работе представлены результаты изучения современных метеорологических условий низкогорной полосы Среднего Урала и анализ их влияния на фенологию растительных сообществ. Начиная с 2011 года, весной и осенью, по постоянному маршруту, пересекающему горную полосу в широтном направлении, проводились фенологические экспедиции. Сезонное развитие фитоценозов изучалось методом Комплексных фенологических показателей (КФП), разработанным и апробированным представителями Уральской фенологической школы, который позволяет выразить развитие всего сообщества в краткой числовой форме. Параллельно анализировались и сравнивались с климатической нормой погодные условия последних восьми лет. Были выявлены тенденции к уменьшению мощности снежного покрова и более раннему его разрушению, а также повышению температуры вегетационного периода на  $0.8^{\circ}\text{C}$  и увеличению сумм накопленного тепла.

В ходе сопоставления метеорологических и фенологических данных было выявлено, что весной вегетативные органы растений чувствительнее к погодным аномалиям, чем генеративные. Осенью же, напротив, завершение вегетации слабо связано с погодными условиями летнего сезона, а развитие генеративных органов лучше отражает метеоусловия предшествующего периода. Так, например, на сроки начала вегетации наибольшее влияние оказывает температура воздуха в конце апреля – начале мая, тогда как запаздывание снеготаяния слабо влияет на весеннее развитие. Сроки наступления осеннего окрашивания зависят от совокупности факторов. Накопление малого количества тепла и увеличение суммы атмосферных осадков приводят к раннему завершению вегетации. Уменьшение количества осадков при низких летних температурах имеет тот же эффект для вегетативного развития, но никак не сказывается на генеративном. На раннее завершение генеративного развития наибольшее влияние оказывает значительное увеличение суммы осадков в летний период. Наблюдения 2018 года показали, что как положительные, так и отрицательные погодные аномалии во время вегетационного периода приводят к более интенсивному протеканию фенологических процессов.

**Ключевые слова.** Фенология растений, погодные аномалии, вегетативное развитие, генеративное развитие, Средний Урал.

## Введение

В последние годы резко увеличилось количество исследований, посвященных современным изменениям климата (Бокучава, Семенов, 2018; Курганова и др., 2017; Литвинова, Гуляева, 2010; Миненкова, 2017; Михалап и др., 2014; Мустафина, 2017; Переведенцев и др., 2010; Подрезов, Подрезов, 2015; Ходжаева, 2017). В литературе большое внимание уделяется влиянию изменяющихся погодных и агроклиматических условий на фенологию растений и животных (Волков и др., 2016; Голубятников, 2009; Гребенюк, Кузнецова, 2012; Кузнецова, 2016; Соловьев, 2015; Суховеева, 2016; Ушаков, 2017; Фокина и др., 2013). Однако, эти работы либо касаются изменения климатических условий в целом, либо это данные стационарных наблюдений в особо охраняемых природных территориях (ООПТ) (Пахарькова и др., 2016; Фокина и др., 2013). Опубликовано сравнительно мало материалов исследований, проводящихся экспедиционными методами и посвященных влиянию аномальных погодных условий на фитофенологические показатели ландшафтов. На Среднем Урале изучение влияния погодных аномалий на фенологию растительности горной полосы не проводилось.

Цель работы – определить степень влияния аномальных погодных условий на динамику ландшафтов северной части горной полосы Среднего Урала.

## Материалы и методы

В 2011-2018 гг. были проведены экспедиционные исследования методом **комплексных фенологических показателей (КФП)** фенологического состояния растительности в ландшафтных районах северной части горной полосы Среднего Урала (Скок и др., 2014). Ландшафтный профиль, по которому проводятся наблюдения, пересекает горную полосу в широтном направлении вдоль Серебрянского тракта от восточных предгорий до р. Чусовой. Климат исследуемой территории умеренный переходный, со среднегодовой температурой воздуха  $+1.8^{\circ}\text{C}$ , годовым количеством осадков 593 мм и средней высотой снежного покрова 47 см. Осадки выпадают 186 дней в году. Наибольшее их количество приходится на июль, наименьшее на февраль. Средняя температура воздуха января  $-15.1^{\circ}\text{C}$ , июля  $+18.3^{\circ}\text{C}$ , холодных месяцев (ноябрь-март)  $-10.6^{\circ}\text{C}$ , теплых (апрель-октябрь)  $+9.8^{\circ}\text{C}$ . Температура вегетационного периода (ТВП)  $+10.4^{\circ}\text{C}$ , продолжительность вегетационного периода (ПВП) – 194 дня. Под «вегетационным» мы понимаем период со среднесуточной температурой, устойчиво превышающей  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Исследования процессов зеленения и окрашивания листвы деревьев и кустарников на изучаемой территории ранее проводились Т.И. Кузнецовой и Н.В. Скок описательным интегральным методом В.А. Батманова (Кузнецова, 1974; Скок, 2010). Метод КФП был предложен также В.А. Батмановым. Аprobация его проводилась Е.Ю. Терентьевой в окрестностях г. Екатеринбурга и О.В. Янцер и Н.В. Скок в среднегорьях Северного Урала (Гурьевских и др.,

2016). Преимущество данного метода - возможность получения краткой количественной оценки фенологического состояния ландшафтных геоккомплексов (ЛГК) в данный день на данной территории с учетом всех видов и жизненных форм растений. В 2011 г. по линии профиля в разных ЛГК были заложены постоянные фенологические площадки (ФП). При проведении наблюдений с использованием КФП в каждом ЛГК фиксировалась балльная оценка фенологического состояния каждого произрастающего на ФП вида в соответствии со шкалой (табл. 1).

**Таблица 1.** Фенологический стандарт развития растительности

Вегетативный цикл		Генеративный цикл	
0	Зимний покой	0	Покой
1	Набухание почек	1	Появление слабо дифференцированных бутонов (зеленый бутон)
2	Проклевывание почек	2	Активная бутонизация (окрашенный бутон)
3	Рост листа	3	Зацветание
4	Молодой лист	4	Активное цветение
5	Зрелый лист (летняя вегетация)	5	Отцветание
6	Начало окрашивания (отмирания) - < 50%	6	Завязывание плодов и семян
7	Интенсивное окрашивание (отмирание) - > 50%	7	Поспевание плодов и семян
8	Полное отмирание (опадение)	8	Распространение плодов и семян
		9	Постгенеративная

Далее для каждой ФП составлялись **суммированные фенологические характеристики** (СФХ) растительности и высчитывались значения среднего **фенологического коэффициента** ( $Kf_{(в)}$ ) для вегетативного цикла,  $Kf_{(г)}$  – для генеративного), с **ошибкой наблюдения** ( $\pm m$ ). СФХ представляет собой процент видов, находящихся в определенной фенофазе, от общего количества видов, произрастающих на ФП, и рассчитывается по принципу пропорции.  $Kf_{(в)}$  вычисляется по формуле:

$$Kf_{(в)} = \frac{(n_1 \times 0) + (n_2 \times 1) \dots + (n_9 \times 8)}{N},$$

где ( $n_1 \times 0$ ) – количество видов, находящихся в фенофазе «зимний покой», умноженное на цифровой балл фенофазы, ( $n_2 \times 1$ ) – количество видов, находящихся в фенофазе «набухание почек», умноженное на цифровой балл фенофазы;  $N$  – общее количество видов, произрастающих на ФП.  $Kf_{(г)}$  рассчитывается аналогичным образом. Ошибка наблюдения вычисляется по формуле:

$$m = \pm \frac{sd}{\sqrt{n-1}},$$

где  $sd$  – среднеквадратическое отклонение,  $n$  – количество видов, произрастающих на ФП.

Следует отметить, что одинаковый  $Kf$  могут иметь фитоценозы как с похожими СФХ, так и с сильно отличающимися по соотношению фенофаз (Терентьева, 2000). Для характеристики сезонного развития растительности на территории профиля в целом применялись суммы СФХ разных геокомплексов ( $СФХ_{ср}$ ) и суммарный средний фенологический коэффициент ( $Kf_{ср}$ ), дополненный значением суммарной средней ошибки ( $\pm m_{ср}$ ). При ежегодном обследовании появляется возможность рассчитать погодичную разницу в сезонном развитии фитоценоза на этот день. Даже такое разовое посещение феноплощади ежегодно позволит вычислить **погодичное фенотклонение** ( $F$ ) сезонного развития сообщества, выраженное в баллах стандарта:

$$F = Kf_1 - Kf_2,$$

где  $Kf_1$  – средний фенологический коэффициент первого года наблюдений;  $Kf_2$  – второго года (Янцер, Терентьева, 2012). При вычислении  $F$  возможно определить степень достоверности полученных различий:

$$t = \frac{Kf_1 - Kf_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}},$$

где  $Kf_1$  – средний фенологический коэффициент первого года;  $Kf_2$  – второго года;  $m_1^2$  – квадрат ошибки наблюдения первого года;  $m_2^2$  – второго года.

Ежегодные наблюдения проводились весной и осенью в одни и те же даты, которые, согласно данным, полученным для окрестностей г. Екатеринбурга Е.Ю. Терентьевой, приходятся на последний четвертый фенологический подсезон весны (IV В) – «цветущая весна» (24.05-06.06) и первый фенологический подсезон осени. Фенологический подсезон осени – «ранняя осень» – вторая половина августа – начало сентября (17.08-09.09) (Терентьева, 2000). Исходными материалами для выполнения расчетов метеорологических показателей послужили данные метеостанции г. Нижнего Тагила (Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД, <http://meteo.ru/it/178-aisori/>). Для оценки степени изменения современных погодных условий были рассчитаны «нормы» для каждого значения показателей. Согласно рекомендации Всемирной Метеорологической Организации (ВМО), в качестве «нормы» указаны показатели базового тридцатилетнего периода (1961-1990 гг.), рассчитанные по данным Университета Восточной Англии (Climatic Research Unit, <http://www.cru.uea.ac.uk/data>).

## Результаты

За годы проведения исследований были рассчитаны среднемесячные и среднегодовые температуры воздуха для метеостанции г. Нижний Тагил – ближайшей к линии профиля (табл. 2).

Таблица 2. Температура воздуха в 2011-2018 гг.

Год Месяц	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Сред- нее	Норма
I	-15.4	-14.4	-16.3	-15.7	<b>-13.6</b>	<b>-16.4</b>	-16.3	-13.9	-15.4	-15.1
II	<b>-17.9</b>	-15.0	-9.4	-16.7	-7.0	<b>-4.9</b>	-12.3	-12.6	-12.0	-13.3
III	-6.5	-6.6	<b>-10.3</b>	<b>-2.2</b>	-3.1	-4.8	-2.3	-9.4	-5.7	-5.2
IV	+3.9	<b>+7.0</b>	+3.5	<b>+1.5</b>	+3.3	+5.3	+3.5	+2.0	+3.8	+3.7
V	+10.3	+11.7	+9.2	<b>+12.2</b>	+11.8	+11.2	<b>+7.4</b>	+7.6	+10.2	+10.2
VI	+15.2	<b>+17.7</b>	+16.4	+14.1	+17.3	+15.5	+13.7	<b>+13.1</b>	+15.4	+15.8
VII	+17.3	<b>+18.8</b>	+17.6	<b>+12.9</b>	+14.0	<b>+18.8</b>	+16.1	<b>+18.8</b>	+16.8	+18.3
VIII	+13.1	+15.4	+15.4	+15.3	<b>+11.6</b>	<b>+20.6</b>	+15.4	+14.1	+15.1	+15.3
IX	<b>+10.6</b>	+9.5	+9.2	<b>+7.6</b>	+9.8	+9.6	+7.8	+10.4	+9.3	+9.6
X	<b>+4.2</b>	+4.0	+0.8	<b>-2.6</b>	-1.1	+0.0	+1.1	+3.7	+1.3	+1.4
XI	-8.3	-4.5	<b>+0.8</b>	-6.8	-8.2	<b>-13.0</b>	-3.0		-6.1	-7.0
XII	-8.3	<b>-17.1</b>	-10.0	-9.9	-8.6	<b>-17.1</b>	<b>-8.0</b>		-11.3	-12.1
год	+1.5	<b>+2.2</b>	<b>+2.2</b>	+0.8	<b>+2.2</b>	+2.1	+1.9		+1.9	+1.8

**Примечание.** Полу жирным шрифтом в таблице выделены среднемесячные минимальные и максимальные значения температур.

Устойчивые положительные отклонения от климатической нормы в последние 8 лет отмечаются в феврале  $+1.3^{\circ}\text{C}$ , ноябре и декабре  $+0.9^{\circ}\text{C}$  и  $+0.8^{\circ}\text{C}$  соответственно. Наиболее значительные отрицательные аномалии характерны для июля  $-1.5^{\circ}\text{C}$ . Максимальные отклонения от среднегодовой температуры воздуха были  $-1.0^{\circ}\text{C}$  в 2014 и  $+0.4^{\circ}\text{C}$  в 2012, 2013 и 2015 годах. Значения температур десяти месяцев текущего 2018 г. холоднее нормы аналогичного периода на  $-0.7^{\circ}\text{C}$ . По сезонам года наименее заметны отклонения осенних температур от нормы  $+0.1^{\circ}\text{C}$  и весенних  $-0.1^{\circ}\text{C}$ . Летний период характеризуется заметным снижением температур на  $-0.7^{\circ}\text{C}$ , а зимний, в свою очередь, самым высоким повышением температур на  $+3.9^{\circ}\text{C}$ . В центральные месяцы сезонов существенно лишь похолодание июля на  $-1.5^{\circ}\text{C}$  относительно базового периода. Отклонения температур января, апреля и октября находятся в интервале  $-0.1^{\circ}\text{C} \dots +0.1^{\circ}\text{C}$ .

По сумме осадков мы классифицировали годы следующим образом: если  $\sum O > 120\%$  от нормы – год считается избыточно влажным, если  $\sum O < 80\%$  – сухим (Леонова, Богданова, 1975). В целом, за последние восемь лет годовое количество осадков изменилось слабо (табл. 3). Избыточно влажными были

2015 и 2016 гг., сухими – 2012 и 2014 гг. Текущий 2018 год, вероятно, окажется близок к норме. За время наших исследований в теплый период (апрель-октябрь) выпало минимальное количество атмосферных осадков в 2012 году – 73% от нормы. Максимум осадков теплого периода зафиксирован в 2015 г. – 155%. Минимум осадков холодного периода (ноябрь-март) – 44% – отмечен в 2014 г., а максимум в 2016 г. – 197%.

Таблица 3. Атмосферные осадки в 2011-2018 гг.

Год Месяц	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Сред- нее	Норма
I	<b>11</b>	62	25	16	39	<b>67</b>	42	12	34	32
II	21	21	<b>5</b>	20	8	16	<b>31</b>	18	18	23
III	15	20	37	18	21	<b>69</b>	<b>8</b>	40	29	23
IV	15	54	33	<b>9</b>	57	<b>179</b>	22	10	47	35
V	<b>65</b>	28	43	47	35	<b>22</b>	38	43	40	48
VI	133	95	72	102	<b>179</b>	<b>43</b>	156	71	106	74
VII	<b>100</b>	<b>34</b>	80	82	71	57	93	66	73	90
VIII	<b>15</b>	47	68	68	143	31	67	<b>146</b>	73	76
IX	48	36	52	30	<b>27</b>	88	<b>95</b>	32	51	64
X	34	25	32	52	<b>167</b>	74	<b>22</b>	31	55	51
XI	21	32	15	<b>5</b>	52	<b>114</b>	12		36	42
XII	<b>7</b>	14	23	9	<b>70</b>	40	15		25	35
год	485	468	485	<b>458</b>	<b>869</b>	800	601		587	593
% от нормы	82%	79%	82%	<b>77%</b>	<b>147%</b>	135%	101%		99%	

**Примечание.** Полужирным шрифтом в таблице выделены среднемесячные минимальные и максимальные суммы осадков.

Для изучения влияния изменяющихся погодных условий на сезонную динамику ЛГК были отмечены даты перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C и разрушения снежного покрова; вычислены суммы положительных и активных температур выше заданных пороговых значений, средние температуры теплого и холодного сезонов, а также ПВП и ТВП (табл. 4). За последние 8 лет среднесуточная температура воздуха приобретает положительные значения в среднем на одни сутки раньше. ПВП также увеличилась на один день, а его температурные показатели на +0.7°C. Снежный покров становится менее мощным, в среднем на 3 см, а разрушение его происходит на четверо суток раньше. Температура как холодного, так и теплого периода характеризуется незначительным увеличением на +0.4°C и +0.5°C соответственно. Суммы температур также возросли от 6% для  $\sum T > 0^\circ\text{C}$  и  $\sum T > +5^\circ\text{C}$  до 12% для  $\sum T > +20^\circ\text{C}$ .

Самая ранняя дата устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C – 25 марта 2015 и 2016 гг., что на 10 дней раньше нормы;

поздняя – 16 апреля 2013 г., что на 12 дней позже. Минимальная высота снежного покрова составляла 25 см в 2015 г. максимальная – 65 см в 2011 г. Самая низкая температура зимнего сезона зафиксирована в 2011 г.  $-12.1^{\circ}\text{C}$ , наиболее теплая зима была в 2015 году  $-8.1^{\circ}\text{C}$ , что на  $2.5^{\circ}\text{C}$  выше нормы. В 2014 г. лето холоднее нормы на  $1.1^{\circ}\text{C}$ , а в 2016 г., напротив, стало самым теплым за 8 лет – температура на  $2.2^{\circ}\text{C}$  выше среднего. Наибольшее количество тепла было накоплено в 2012 г., а наименьшее в 2014 г. Тем не менее,  $\sum T > +15^{\circ}\text{C}$  и  $\sum T > +20^{\circ}\text{C}$  значительно больше в 2016 г. за счет рекордно высоких температур июля и августа. Амплитуда ТВП за годы наблюдений достигает  $3^{\circ}\text{C}$  от  $+9.8^{\circ}\text{C}$  в 2017 г. до  $+12.8^{\circ}\text{C}$  в 2012 г.

Таблица 4. Погодные условия в 2011-2018 годах

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Среднее	Норма
Дата перехода среднесут. Тч/з $0^{\circ}\text{C}$	04.04	07.04	<b>16.04</b>	12.04	<b>25.03</b>	<b>25.03</b>	04.04	03.04	03.04	04.04
$^{\circ}\text{C}$ (XI-III)	<b>-12.3</b>	-10.5	-11.5	-8.8	<b>-8.1</b>	-8.6	-12.2	-9.4	-10.2	-10.6
Высота снега	<b>65</b>	31	46	53	<b>25</b>	53	48	30	44	47
Дата разрушения снежного покрова	14.04	14.04	17.04	<b>19.04</b>	<b>23.03</b>	13.04	15.04	04.04	07.04	11.04
$^{\circ}\text{C}$ (IV-X)	+10.7	<b>+12.0</b>	+10.3	<b>+8.7</b>	+9.5	+11.6	+9.3	+10.0	+10.3	+9.8
$\sum T > 0^{\circ}\text{C}$	2315	<b>2571</b>	2176	<b>1992</b>	2059	2533	2044	2112	2225	2100
$\sum T^{\circ}\text{C} > +5^{\circ}\text{C}$	2228	<b>2516</b>	2106	<b>1930</b>	2005	2450	1938	2024	2150	2019
$\sum T > +10^{\circ}\text{C}$	1836	<b>2176</b>	1873	<b>1519</b>	1649	2119	1602	1640	1802	1672
$\sum T > +15^{\circ}\text{C}$	1108	1455	1122	833	<b>813</b>	<b>1625</b>	958	1066	1123	1030
$\sum T > +20^{\circ}\text{C}$	331	599	320	150	305	<b>692</b>	<b>82</b>	293	347	310
ПВП	<b>204</b>	197	<b>176</b>	181	<b>204</b>	201	198	199	194	194
ТВП	+10.9	<b>+12.8</b>	+12.0	+10.7	+9.8	+12.2	<b>+9.8</b>	+10.2	+11.2	+10.4

**Примечание.** Полу жирным шрифтом в таблице выделены минимальные и максимальные значения.

$Kf$  и СФХ – два необходимых взаимодополняющих друг друга комплексных фенологических показателя фитоценоза:  $Kf$  обобщает СФХ, а СФХ «расшифровывает»  $Kf$  (Терентьева, 2000). Тем не менее, нами была предпринята попытка проанализировать  $Kf$  отдельно от СФХ. Весной средний восьмилетний  $Kf_{(в)}$  равен 2.6 балла и изменяется по годам в интервале 0.8 балла: от наименьшего 2.0 в 2018 г. до наибольшего 2.8 в 2013 и 2016 гг. Средний  $Kf_{(г)}$  за эти годы – 1.3 балла: минимальный 0.7 в 2018 г., максимальный 1.7 в 2013 г., интервал – 1.0 балла. Осенью средний  $Kf_{(в)}$  составляет 6.2 балла и колеблется в интервале 0.4 балла – от 6.0 в 2014 г. до 6.4 в 2018 г. Средний  $Kf_{(г)}$  8.3 (от 8.0 до 8.5), интервал 0.5 балла; минимальное и максимальное значения зафиксированы в те же годы, что и в предыдущем случае (табл. 5).

Таблица 5. Средние фенологические коэффициенты по линии профиля в 2011-2018 гг.

	Весна		Осень	
	$Kf_{(в)} \pm m$	$Kf_{(г)} \pm m$	$Kf_{(в)} \pm m$	$Kf_{(г)} \pm m$
2011	2.7±0.1	1.4±0.1	6.3±0.1	8.2±0.1
2012	2.6±0.1	1.5±0.1	6.3±0.1	8.4±0.1
2013	<b>2.8±0.1</b>	<b>1.7±0.1</b>	6.2±0.1	8.3±0.1
2014	2.5±0.1	1.3±0.1	<b>6.0±0.1</b>	<b>8.0±0.1</b>
2015	2.4±0.1	1.2±0.1	6.2±0.1	8.2±0.1
2016	<b>2.8±0.1</b>	1.6±0.1	6.1±0.1	8.2±0.1
2017	2.6±0.1	1.5±0.1	6.1±0.1	8.3±0.1
2018	<b>2.0±0.1</b>	<b>0.7±0.1</b>	<b>6.4±0.2</b>	<b>8.5±0.1</b>
$Kf_{(ср)} \pm m$	2.6±0.1	1.3±0.1	6.2±0.1	8.3±0.1

**Примечание.** Полужирным шрифтом в таблице выделены сезонные минимальные и максимальные значения.

Весной значения  $F_{(в)}$  колебались в пределах 1.2 балла: 2015 г. на 0.4 балла опережал 2016 г., а 2018 г. на 0.8 балла запаздывал, по сравнению с 2013 и 2016 годами.  $F_{(г)}$  имеют несколько больший интервал – 1.4 балла: на 0.4 балла отмечено запаздывание 2016 г. относительно 2015 г., а 2013 г. опережает в генеративном развитии 2018 г. на 1.0 балла. Осенние значения  $F_{(в)}$  менее выражены:  $-0.4...+0.3$ , тогда как  $F_{(г)}$  осенью более значительны и составляют  $-0.5...+0.4$  балла. Опережение осеннего развития, как вегетативного, так и генеративного, отмечается в годы с запаздыванием весеннего развития.

Степень достоверности полученных различий проверялась с помощью  $t$ -критерия Стьюдента. Для нашей выборки критическое значение  $t=1.96$  при уровне значимости  $\alpha=0.05$ . Наиболее значимые различия были получены для  $Kf_{(г)}$  весной – значения  $t_{(г)}$  от 2,12 в годы с близкими  $Kf_{(г)}$  до 7.07 в максимально различные (табл. 6). Различия  $Kf_{(в)}$  весной выражены слабее, однако их достоверность также подтверждается. Менее значимые различия выявлены между осенними  $Kf$ : для  $Kf_{(в)}$  получены достоверные различия в пяти парах лет, сравнение  $Kf_{(г)}$  показало несколько лучший результат, который, тем не менее, значительно уступает весеннему.

Анализ СФХ подразумевает погодичное сравнение процентного соотношения видов фитоценоза, находящихся в разных фенофазах стандарта. При равных  $Kf$  структура СФХ может оказаться различной. Так, например, в 2013 и 2016 гг. весной  $Kf_{(в)}$  2.8±0,1 балла. В первых трех фенофазах – «покой», «набухание почек» и «проклевание почек» находится по 18% видов: 2%, 9% и 7% в 2013 г. и 4%, 6% и 8% в 2016 г. Таким образом, оставшиеся 82% находятся в фенофазах «рост листа» и более поздних, однако, в 2013 г. вегетативное развитие растительности продвинулось дальше, чем в 2016 г. – 5% видов достигли фенофазы «летняя вегетация» (рис. 1).

Таблица 6. Значения *t*-критерия Стьюдента для  $Kf_{(в)}$  и  $Kf_{(г)}$  весной и осенью

Значения <i>t</i> (в) весной								
год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
2011		0.71	-0.71	-1.41	<b>2.12</b>	-0.71	0.71	<b>4.95</b>
2012	-0.71		-1.41	0.71	1.41	-0.71	-0.71	<b>4.24</b>
2013	0.71	1.41		<b>2.12</b>	<b>2.83</b>	0.00	1.41	<b>5.66</b>
2014	-1.41	-0.71	<b>-2.12</b>		0.71	<b>-2.12</b>	-0.71	<b>3.54</b>
2015	<b>-2.12</b>	-1.41	<b>-2.83</b>	-0.71		<b>-2.83</b>	-1.41	<b>2.83</b>
2016	0.71	1.41	0.00	2.12	2.83		1.41	<b>5.66</b>
2017	-0.71	0.00	-1.41	0.71	1.41	-1.41		<b>4.24</b>
2018	<b>-4.95</b>	<b>-4.24</b>	<b>-5.66</b>	<b>-3.54</b>	<b>-2.83</b>	<b>-5.66</b>	<b>-4.24</b>	

Значения <i>t</i> (г) весной								
год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
2011		-0.71	<b>-2.12</b>	0.71	1.41	-1.41	-0.71	<b>4.95</b>
2012	0.71		-1.41	1.41	<b>2.12</b>	-0.71	0.00	<b>5.66</b>
2013	<b>2.12</b>	1.41		<b>2.83</b>	<b>3.54</b>	0.71	1.41	<b>7.07</b>
2014	-0.71	-1.41	<b>-2.83</b>		0.71	<b>-2.12</b>	-1.41	<b>4.24</b>
2015	-1.41	<b>-2.12</b>	<b>-3.54</b>	-0.71		<b>-2.83</b>	<b>-2.12</b>	<b>3.54</b>
2016	1.41	0.71	-0.71	<b>2.12</b>	<b>2.83</b>		0.71	<b>6.36</b>
2017	0.71	0.00	-1.41	1.41	<b>2.12</b>	-0.71		<b>5.66</b>
2018	<b>-4.95</b>	<b>-5.66</b>	<b>-7.07</b>	<b>-4.24</b>	<b>-3.54</b>	<b>-6.36</b>	<b>-5.66</b>	

Значения <i>t</i> (в) осенью								
год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
2011		0.00	0.71	<b>2.12</b>	0.71	1.41	1.41	-0.71
2012	0.00		0.71	<b>2.12</b>	0.71	1.41	1.41	-0.71
2013	-0.71	-0.71		1.41	0.00	0.71	0.71	-1.41
2014	<b>-2.12</b>	<b>-2.12</b>	-1.41		-1.41	-0.71	-0.71	<b>-2.83</b>
2015	-0.71	-0.71	0.00	1.41		0.71	0.71	-1.41
2016	-1.41	-1.41	-0.71	0.71	-0.71		0.00	<b>-2.12</b>
2017	-1.41	-1.41	-0.71	0.71	-0.71	0.00		<b>-2.12</b>
2018	0.71	0.71	1.41	<b>2.83</b>	1.41	<b>2.12</b>	<b>2.12</b>	

Значения <i>t</i> (г) осенью								
год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
2011		-1.41	-0.71	1.41	0.00	0.00	-0.71	<b>-2.12</b>
2012	1.41		0.71	<b>2.83</b>	1.41	1.41	0.71	-0.71
2013	0.71	-0.71		<b>2.12</b>	0.71	0.71	0.00	-1.41
2014	-1.41	<b>-2.83</b>	<b>-2.12</b>		-1.41	-1.41	<b>-2.12</b>	<b>-3.54</b>
2015	0.00	-1.41	-0.71	1.41		0.00	-0.71	<b>-2.12</b>
2016	0.00	-1.41	-0.71	1.41	0.00		-0.71	<b>-2.12</b>
2017	0.71	-0.71	0.00	<b>2.12</b>	0.71	0.71		-1.41
2018	<b>2.12</b>	0.71	1.41	<b>3.54</b>	<b>2.12</b>	<b>2.12</b>	1.41	

Примечание. Полу жирным шрифтом в таблице выделены превышающие критические значения *t*-критерия.

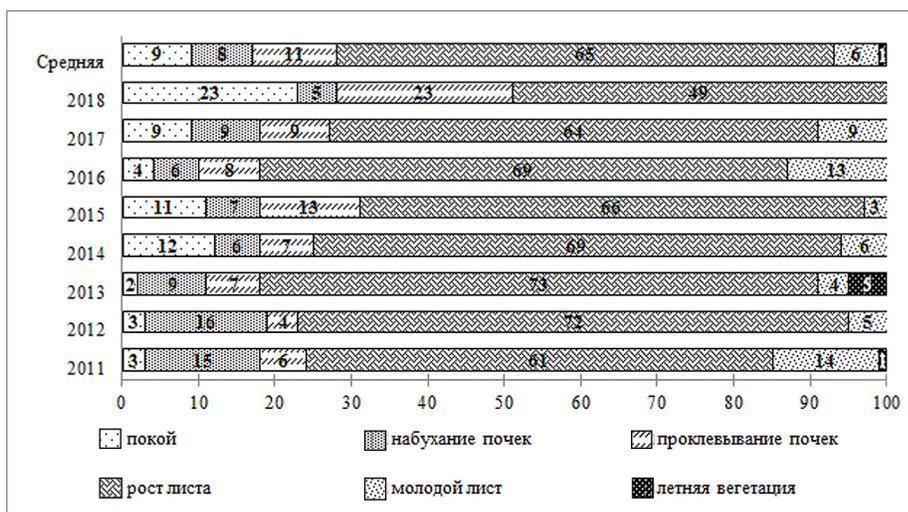


Рисунок 1. СФХ вегетативного развития растительности весной по линии профиля

Так как сравнение всех СФХ за 8 лет наблюдений по каждому из циклов является крайне трудоемким процессом, была рассчитана суммарная средняя СФХ вегетативного и генеративного развития по линии профиля весной и осенью. Она представляет собой среднеарифметический процент видов, находящихся в определенной фазе, от общего количества видов, учтен-

ных за все годы наблюдений. В дальнейшем, показатели каждого отдельного года сравниваются с суммарной средней СФХ. Структура средней СФХ весенней вегетации характеризуется нахождением 28% видов в фенофазах стандарта 0-2, 65% в фазе «рост листа», 6% в фазе «молодой лист», при этом на фазу «летней вегетации» приходится лишь 1% видов. Для генеративного развития типично пребывание 59% видов в состоянии покоя. Наиболее близки к этому значению показатели 2011 и 2014 гг, имеющие сходные  $Kf_{(г)}$ . В 2014 г. развитие генеративных органов продвинулось дальше (1% видов в фазе «распространения семян»), чем в 2011. Однако, в фазах плодоношения большее количество видов находилось в 2011 г – 10%, при среднем показателе по профилю 4% (рис. 2).

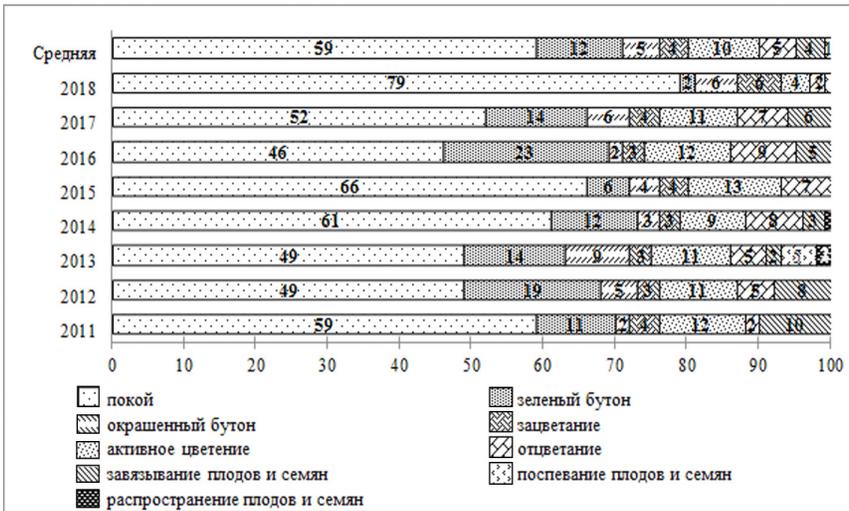


Рисунок 2. СФХ генеративного развития растительности весной по линии профиля

Для вегетативного развития осенью по линии профиля характерно нахождение 16% видов в состоянии летней вегетации, 10% в фазе полного отмирания, остальные же 74% приобрели осеннюю окраску. Осенние  $Kf_{(в)}$  в 2013 и 2015 годах имеют значения, равные средним и также различное соотношение фенофаз СФХ: в фазах окрашивания листьев находится 76 и 77% видов, но в 2015 г. в начале процесса на 5% видов меньше. В целом, осенние СФХ отличаются большим постоянством значений (рис. 3).

Осенние  $Kf_{(г)}$  в 2013 и 2017 годах - 8.3 балла, что соответствует среднему показателю по профилю. Однако, оба года продвинулись в развитии несколько дальше средних значений. Соотношение СФХ в эти годы различается незначительно (рис. 4).

Интересным для изучения представляется вопрос влияния метеорологических показателей предшествующего периода на начало вегетации растительности. Для весенних фенологических процессов характерно увеличение  $Kf_{(в)}$ , как и  $Kf_{(г)}$  относительно средних в те годы, когда среднемесячная температура последних весенних месяцев значительно превышала норму, а сумма осадков

за этот период была минимальна. В 2018 году, имеющем наименьший  $Kf_{(B)}=2.0\pm 0.1$  и  $Kf_{(T)}=0.7\pm 0.1$  балла, средние температуры апреля и мая были значительно ниже нормы.

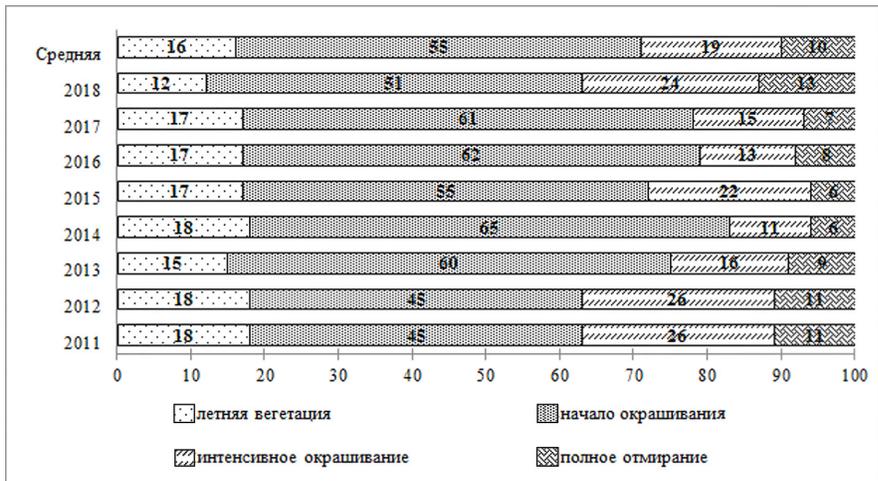


Рисунок 3. СФХ вегетативного развития растительности осенью по линии профиля

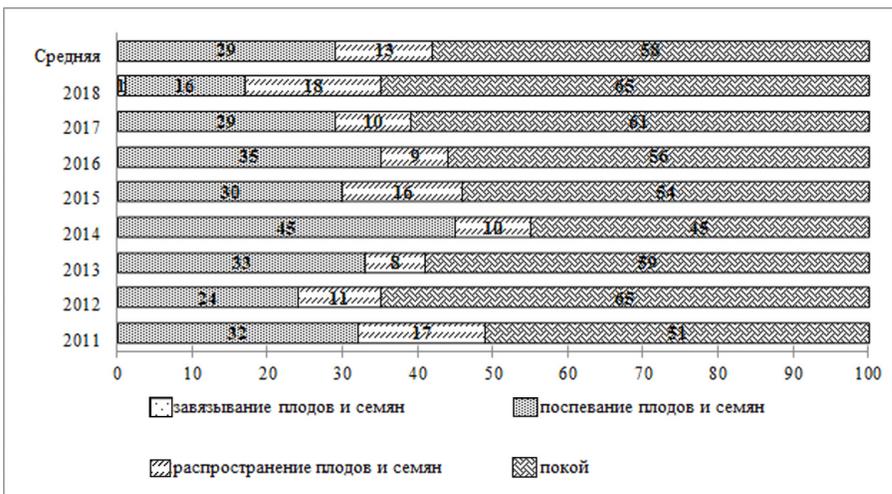


Рисунок 4. СФХ генеративного развития растительности осенью по линии профиля

Осенью минимальные  $Kf$  как вегетативного, так и генеративного развития были зафиксированы в 2014 г, максимальные в 2018. Из анализа погодных условий вегетационного периода видно, что в 2018 г. температура воздуха в августе была ниже нормы более чем на  $1^{\circ}\text{C}$ , а в 2014 г. соответствовала норме. Сумма осадков вегетационного периода в 2018 г. на 34 мм больше, чем в 2014 г. Средняя температура теплого сезона в 2014 г, по сравнению с 2018, была на  $1.3^{\circ}\text{C}$  ниже, а ТВП выше на  $0.5^{\circ}\text{C}$ . ПВП в 2018 г. оказалась длиннее на 18 дней.

Холодный сезон 2011 года характеризуется наиболее низкими температурами, максимальной за 8 лет высотой снежного покрова и разрушением его на 3 дня позднее климатической нормы и на 7 дней позднее среднего восьмилетнего значения. Однако, с апреля среднемесячные температуры начали превышать среднемноголетние показатели, и температура теплого сезона оказалась на  $0.9^{\circ}\text{C}$  выше. Запаздывание сроков снеготаяния не оказало заметного влияния на весеннее развитие растительности и  $Kf$  имели значения, близкие к средним. ПВП в 2011 году составила рекордные 204 дня, суммы активных температур также превышали нормальные значения. Вместе с тем, в мае-июле выпадало значительное количество осадков, а в августе их сумма составила не более 20% от нормы. Прохладные летние месяцы и засушливые август и сентябрь стали причиной несколько более раннего окрашивания и завершения вегетации, слабо сказавшись на генеративном развитии растительности.

В 2012 году  $Kf_{(в)}$  равнялся среднему, а  $Kf_{(г)}$  оказался на 0.2 балла выше. Погодные условия этого года характеризуются наиболее высокими за последние 8 лет температурами воздуха апреля; май также был теплее среднего на  $1.5^{\circ}\text{C}$ . Отмечалась небольшая мощность снежного покрова. Все вышеперечисленное повлияло на уменьшение количества видов, находящихся в фазе покоя до 49%, что на 10% меньше среднего. Осенние  $Kf$  слабо отличались от средних. Несмотря на различные агрометеорологические условия, ТВП и ПВП,  $Kf_{(в)}$  в 2011 и 2012 были равны 6.3 балла, СФХ в эти годы также не различались.

2013 год характеризуется самой поздней датой перехода среднесуточных температур воздуха выше нулевой отметки, и, как следствие, одной из самых поздних дат полного разрушения снежного покрова, несмотря на его среднюю мощность. Температуры холодного периода оказались почти на  $1^{\circ}\text{C}$  ниже среднемноголетних значений. Вторая половина весны также была прохладнее, осадки близки к норме. Весной  $Kf_{(в)}$  2.8 балла, в первых трех фенофазах («покой», «набухание почек» и «проклевание почек») находятся 18% видов, 5% находятся в фазе «летней вегетации».  $Kf_{(г)}$  равен 1.7 балла, что является наибольшим значением за время наблюдения, 25% видов, представленных в основном первоцветами, продвинулись в генеративном развитии до фазы «активное цветение» и далее. Осенью коэффициенты соответствовали средним, как и суммы накопленного тепла и количество осадков.

В 2014 году, самом позднем по дате разрушения снежного покрова и самом холодном по суммам накопленного тепла, весенние  $Kf$  находились на уровне средних, а осенние оказались минимальными за 7 лет наблюдений. Несмотря на небольшую ПВП, ТВП была на  $0.3^{\circ}\text{C}$  выше среднего значения. Сумма накопленного тепла составила  $1992^{\circ}\text{C}$ , средняя температура теплых месяцев была на  $0.8^{\circ}\text{C}$  ниже климатической нормы. Вместе с тем, осадков выпало немногим больше летней нормы – 252 мм. Сумма перечисленных факторов привела к запаздыванию генеративного развития – 45% видов находились в фазе поспевания плодов и семян.

КФП вегетативного цикла, как весной, так и осенью 2015 года оказались близки к средним:  $Kf_{(в)}$  6.2 балла, большинство видов переходит в фазу интенсивного окрашивания. Феноаномалия генеративного развития составила  $+0.2$

балла: только 21% видов находился в фазе поспевания плодов и семян и 14% в фазе их распространения. Вегетационный период этого года был одним из самых продолжительных, но температура его была ниже среднего значения. В связи с этим, а также с рекордным количеством выпавших в летние месяцы осадков, в 2015 г. больший процент видов находился в фазе интенсивного окрашивания и постгенеративной фазе.

Противоположным по количеству накопленного тепла стал 2016 год. Весной  $Kf_{(B)}$  2.8, несмотря на большую высоту снежного покрова и его позднее разрушение. Среднемесячные температуры воздуха превышали норму с февраля, а в марте дневные температуры воздуха нередко были положительными. Эти же факторы способствовали раннему началу генеративного развития:  $Kf_{(r)}$  на 0.3 балла выше среднего по профилю, в состоянии покоя 46% видов – восьмилетний минимум. Осенью  $Kf_{(B)}$  6.1 и  $Kf_{(r)}$  8.2 соответственно, большинство видов находилось в фазе «начало окрашивания». Лето 2016 года было наиболее теплым, температура этих месяцев – на 1.4°C выше климатической нормы, и сухим – выпало минимальное за 5 лет количество осадков. Июль и август оказались одними из самых теплых за последние 15 лет: большое количество видов (56%) перешло в постгенеративную фазу. Тем не менее,  $Kf_{(r)}$  8.2±0.1, что довольно близко к среднему значению.

Погодные условия 2017 года значительно отличались от нормальных значений. Температура холодного сезона была ниже более чем на 1.5°C, а снежный покров разрушился на 4 дня позднее. Среднемесячная температура мая оказалась самой низкой за последние 8 лет – почти на 3°C ниже нормы. Однако, значение  $Kf_{(B)}$  весной соответствовало среднему, а  $Kf_{(r)}$  опережал на 0.2 балла. Большинство видов находилось в фазе «рост листа», 8% в фазе «молодой лист», состояния летней вегетации виды не достигли.  $Kf$  как вегетативного, так и генеративного развития сообщества осенью соответствовали средним значениям, т.к., несмотря на малое количество накопленного тепла, ПВП соответствовала норме, как и количество осадков, выпавших во вторую половину лета.

Наиболее отстающим по развитию растительности за все время наблюдений стал 2018 г, имеющий наименьший  $Kf_{(B)}$  2.0 балла – 49% видов находились в фазе «рост листа», а более поздних фенофаз отмечено не было;  $Kf_{(r)}$  0.7 балла, 75% видов в состоянии покоя, а оставшиеся представлены первоцветами. Несмотря на температуру предшествующего холодного сезона, превышающую норму, малое количество снега и его раннее разрушение, пробуждение растительности началось гораздо позже обычного. Вероятно, это связано с серьезными погодными аномалиями в апреле и мае – температура воздуха была на 1.7 и 2.6°C холоднее нормы соответственно. Осенние  $Kf$  в 2018 г. существенно выше средних значений:  $Kf_{(B)}$  на 0.2, а  $Kf_{(r)}$  на 0.3 балла. Погодные условия летних месяцев значительно отличались от нормальных: среднемесячная температура июня была самой низкой за последние 8 лет, температура июля, напротив, одной из самых высоких, а температура августа оказалась ниже среднего значения. Также в августе количество осадков превысило нормальное значение в два раза. Вероятно, в связи со столь значительными погодными аномалиями, развитие растительности протекало интенсивнее.

## Заключение

Исследование показало, что наиболее показательным является соотношение фенофаз СФХ вегетативного развития растительности весной. Показатели генеративного развития в этот сезон также возможно сравнивать по годам, однако различия их менее значительны. Вероятно, это связано с видовым составом растительных сообществ на изучаемой территории – 25% видов являются раннецветущими. В свою очередь, осенью наиболее информативно сравнение фенофаз СФХ генеративного цикла.

Анализируя данные, полученные за последние 8 лет можно прийти к выводу, что развитие растительности весной слабо зависит от температуры предшествующего холодного сезона, а также от мощности снежного покрова. Наибольшее влияние оказывает установление теплой погоды в конце апреля – начале мая. Осенью увеличение количества осадков, независимо от суммы накопленных температур, приводит к более раннему завершению вегетации растений. В то же время уменьшение суммы накопленных температур, без изменения количества осадков, также способствует более раннему завершению вегетации. Увеличение сумм накопленного тепла при резком уменьшении количества осадков замедляет наступление осенних фенологических явлений. Раннее завершение генеративного развития растительности, хотя и связано с совокупностью факторов, в большей степени зависит от количества осадков. Тем не менее, для подтверждения этих тенденций необходимо дальнейшее проведение фенологических исследований.

## Список литературы

Бокучава Д.Д., Семенов В.А. 2018. Анализ аномалий приземной температуры воздуха в Северном полушарии в течение XX века по данным наблюдений и реанализов. – *Фундаментальная и прикладная климатология*, № 1, с. 28-51. Doi:10.21513/2410-8758-2018-1-28-51.

Волков С.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В. 2016. Влияние погодных и климатических колебаний на изменение сроков осенней миграции серого журавля (GRUS GRUS) в северном Подмосковье. – *Зоологический журнал*, т. 95, № 10, с. 1182-1191. Doi:10.7868/S0044513416090129.

Голубятников Л.Л. 2009. Влияние климатических изменений на растительный покров регионов России. – В сб.: *Окружающая среда и устойчивое развитие регионов новые методы и технологии исследований*. Том III Моделирование в охране окружающей среды. Общая экология и охрана биоразнообразия /под ред. Э.В. Скворцова, Т.В. Роговой. – Казань, «Бриг», с. 267-270.

Гребенюк Г.Н., Кузнецова В.П. 2012. Современная динамика климата и фенологическая изменчивость северных территорий. – *Фундаментальные исследования*, № 11, с. 1063-1177.

Гурьевских О.Ю., Капустин В.Г., Скок Н.В., Янцер О.В. 2016. Физико-географическое районирование и ландшафты Свердловской области. – Екатеринбург, ФГБОУ ВО Урал. гос. пед. ун-т, 280 с.

Кузнецова В.П. 2016. Фенологические процессы в условиях изменения климата северных территорий (на примере таежной зоны ХМАО-Югры). – Дис. ... канд. геогр. наук. – Нижневартовск., 225 с.

Кузнецова Т.И. 1974. Различия ландшафтных округов Среднего Урала по времени зеленения березы в 1971 году. – В сб.: Ландшафтные исследования в Свердловской области. – Свердловск, СГПИ, с. 71-80.

Курганова И.Н., Лопес Де Гереню В.О., Аблеева В.А., Быховец С.С. 2017. Климат южного Подмоскovie: современные тренды и оценка аномальности. – Фундаментальная и прикладная климатология, № 4, с. 66-82. Doi:10.21513/2410-8758-2017-4-66-82.

Леонова Г.В., Богданова Т.А. 1975. Аномалия осадков в июле в южной половине Европейской территории СССР, на юге Западной Сибири и в северной части Казахстана и некоторые возможности ее прогнозирования.– Тр. ГМЦ СССР, вып. 166, с. 30-37.

Литвинова О.С., Гуляева Н.В. 2010. Анализ временных рядов осадков Обь-Иртышского междуречья в XX-начале XXI вв. – Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата, т. 1. с. 45-54.

Миненкова В.В. 2017. Современные климатические изменения и их возможные последствия для рекреационного использования горных тепломеренных колхидских ландшафтов Российского Кавказа – Известия ДГПУ, т. 11, с. 88-96.

Михалап С.Г., Мингалёв Д.Э., Евдокимов С.И. 2014. Использование анализа временных рядов в изучении многолетних температурных изменений. – Вестник ПсковГУ. Серия «Естественные и физико-математические науки», т. 4, с. 17-24.

Мустафина А.Б. 2017. Изменения основных климатических показателей на территории Республики Татарстан за период 1966-2013 гг. – Географический вестник, т. 2, с. 99-108. Doi:10.17072/2079-7877-2017-2-91-99.

Пахарькова Н.В., Михальчук Я.П., Андреева Е.Б. 2016. Влияние температурного фактора на зимний покой хвойных на территории заповедника «Столбы». – Вестник КрасГАУ, № 6, с. 9-14.

Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Шерстюков Б.Г., Наумов Э.П. 2010. Мониторинг современных изменений климата Среднего Поволжья. – Ученые записки Казанского университета, т. 152, кн. 3, с. 251-260.

Подрезов О.А., Подрезов А.О. 2015. Современное потепление климата Северного и Северо-Западного Кыргызстана. – Географический вестник, т. 3, с. 56-66.

---

---

Скок Н.В. 2010. Изучение весеннего развития растительности горной полосы Среднего Урала при помощи фенологических методов. – В сб.: Современное состояние фенологии и перспективы ее развития, – Екатеринбург, Урал. гос. пед. ун-т., с. 111-121.

Скок Н.В., Янцер О.В., Иванова Ю.Р. 2014. Использование количественных фенологических методов для характеристики горной полосы Среднего Урала. – Вестник ТГУ, т. 19, с.1569-1572.

Соловьев А.Н. 2015. Климатогенная и антропогенная динамика биоты в меняющихся экологических условиях востока Русской Равнины. – Автореферат дисс. ... докт. биол. наук, Петрозаводск, 47 с.

Суховеева О.Э. 2016. Изменения климатических условий и агроклиматических ресурсов в центральном районе нечерноземной зоны. – Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология, т. 4, с. 41-49.

Терентьева Е.Ю. 2000. Комплексные фенологические показатели фитоценозов и их использование при организации феномониторинга. – Дисс. ... канд. биол. наук, Екатеринбург., 178 с.

Ушаков М.В. 2013. Современные изменения термического режима вегетационного и зимнего периодов на Чукотке. – Географический вестник, т. 2, с. 81-91. Doi:10.17072/2079-7877-2017-2-81-91.

Фокина Н.В., Лигаева Н.А., Бусыгина Л.В. 2013. Динамика климата и изменение фенологических сезонов года заповедника «Столбы». – Вестник Красноярского государственного педагогического университета им В.П.Астафьева, № 2(24), с. 228-231.

Ходжаева Г.К. 2017. Агроклиматические условия развития древесных растений на территории города Нижневартовска. – Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 2, с. 578-581.

Янцер О.В., Терентьева Е.Ю. 2012. Общая фенология и методы фенологических исследований. – Екатеринбург, УрГПУ., 218 с.

*Статья поступила в редакцию: 03.12.2018 г.*

*После переработки: 02.07.2019 г.*

---

# SEASONAL DEVELOPMENT OF PLANT COMMUNITIES IN THE CONTEXT OF CHANGING WEATHER CONDITIONS OF LOW-MOUNTAINS OF THE MIDDLE URALS

*U.R. Ivanova\*, N.V. Skok*

Ural State Pedagogical University,  
26, Kosmonavtov, 620017, Ekaterinburg, Russian Federation; \**miss.nocentra@list.ru*

**Abstract.** The article presents the results of studying the current meteorological conditions of the low-mountain strip of the Middle Urals and the analysis of their impact on the phenology of plant communities. In the spring and autumn, beginning in 2011, the phenological expeditions carried out along a permanent route crossing the mountain strip in the latitudinal direction. The seasonal development of phytocenoses was studied by methods Complex Phenological Indicators (CFI), which developed and tested by the Ural Phenological School. This method allows you to express the development of the entire community in a brief numerical form. At the same time, weather conditions of the last eight years were analyzed and compared with the climatic norm. Were identified trends to reduce the thickness of snow cover and its earlier destruction, as well as an increase in the temperature of the growing season by 0.8°C and an increase in the amounts of accumulated heat.

The comparison of meteorological and phenological data revealed that the vegetative organs of plants are more sensitive to weather anomalies than generative ones. In the autumn, on the contrary, the end of the growing season is weakly related to the weather conditions of the summer season, and the development of generative organs better reflects the weather conditions of the previous period. For example, the timing of the beginning of the growing season is most influenced by the air temperature in late April – early May, while the delay in snow melting has little effect on spring development. The timing of the onset of autumn staining depends on a combination of factors. The accumulation of a small amount of heat and an increase for precipitation lead to an early end of the growing season. Reducing the amount of precipitation at low summer temperatures has the same effect for vegetative development, but does not affect the generative. A significant increase in precipitation during the summer period has the greatest impact on the early completion of generative development. Monitoring in 2018 showed that both positive and negative weather anomalies during the vegetation period lead to more intense phenological processes.

**Keywords.** Plant phenology, weather anomalies, vegetative development, generative development, Middle Urals.

## References

Bokuchava D.D., Semenov V.A. 2018. Analiz anomalij prizemnoj temperatury vozduha v Severnom polusharii v techenie XX veka po dannym nabljudenij i reanalizov [Analysis of surface air temperature anomalies in the Northern

---

Hemisphere during the twentieth century according to observational and reanalyses.]. *Fundamental'naja i prikladnaja klimatologija – Fundamental and applied climatology*, no. 1, pp. 28-51. Doi:10.21513/2410-8758-2018-1-28-51.

Volkov S.V., Grinchenko O.S., Sviridova T.V. 2016. Vlijanie pogodnyh i klimaticheskikh kolebanij na izmenenie srokov osennej migracii serogo zhuravlja (GRUS GRUS) v severnom Podmoskov'e [Influence of weather and climate fluctuations on the change in the timing of the autumn migration of the gray crane (GRUS GRUS) in the northern Podmoskov'e.]. *Zoologicheskij zhurnal – Zoological journal*, vol. 95, no. 10, pp. 1182-1191. Doi:10.7868/S0044513416090129.

Golubjatnikov L.L. 2009. Vlijanie klimaticheskikh izmenenij na rastitel'nyj pokrov regionov Rossii [The impact of climate change on the vegetation cover of Russian regions]. *Okruzhajuwaja sreda i ustojchivoe razvitie regionov novye metody i tehnologii issledovanij. Vol. III Modelirovanie v ohrane okruzhajuwej sredy. Obwaja jekologija i ohrana bioraznoobrazija* [Environment and sustainable development of the regions new research methods and technologies. Vol. III Modeling in Environmental Protection. General ecology and biodiversity protection]. Kazan', «Brig», pp. 267-270.

Grebenjuk G.N., Kuznecova V.P. 2012. Savremennaja dinamika klimata i fenologicheskaja izmenchivost' severnyh territorij [Current climate dynamics and phenological variability of the northern territories]. *Fundamental'nye issledovanija – Fundamental research*, no. 11, pp. 1063-1177.

Gur'evskih O.Ju., Kapustin V.G., Skok N.V., Jancer O.V. 2016. *Fiziko-geograficheskoe rajonirovanie i landshafty Sverdlovskoj oblasti* [Physical-geographical zoning and landscapes of the Sverdlovsk region]. Ekaterinburg, USPU.

Kuznecova V.P. 2016. *Fenologicheskie processy v uslovijah izmenenija klimata severnyh territorij (na primere taezhnoj zony HMAO-Jugry)* [Phenological processes in a changing climate of the northern territories (for example, the taiga zone of the KMAO-Ugra)]. Doctor's thesis. Nizhnevartovsk, 255 p.

Kuznecova T.I. 1974. Razlichija landshaftnyh okrugov Srednego Urala po vremeni zelenenija berezy v 1971 godu [Differences in the landscape districts of the Middle Urals in the time of birch greening in 1971]. *Landshaftnye issledovanija v Sverdlovskoj oblasti* [Landscape research in the Sverdlovsk region]. Sverdlovsk, SGPI, pp. 71-80.

Kurganova I.N., Lopes De Gerenju V.O., Ableeva V.A., Byhovec S.S. 2017. Klimat juzhnogo Podmoskov'ja: sovremennye trendy i ocenka anomal'nosti [The climate of the southern suburbs: current trends and anomaly assessment]. *Fundamental'naja i prikladnaja klimatologija – Fundamental and applied climatology*, no. 4, pp. 66-82. Doi:10.21513/2410-8758-2017-4-66-82.

Leonova G.V., Bogdanova T.A. 1975. *Trudy GMC SSSR – Works of the USSR Hydrometeorological Center*, vol. 166, pp. 17-20.

Litvinova O.S., Guljaeva N.V. 2010. Analiz vremennyh rjadov osadkov Ob'-Irtyskogo mezhdurech'ja v XX-nachale XXI vv [Analysis of the time series of

precipitation of the Ob-Irtysh interfluvium in the XX-beginning of the XXI centuries]. *Dinamika okružhajuwej sredi i global'nye izmenenija klimata – Environmental dynamics and global climate change*, vol. 1, pp. 45-54.

Minenkova V.V. 2017. Sovremennye klimaticheskie izmenenija i ih vozmozhnye posledstvija dlja rekreacionnogo ispol'zovanija gornyh teploumerennyh kolhidskih landshaftov Rossijskogo Kavkaza [Current climate changes and their possible consequences for the recreational use of the mountain warm-temperate Kolkha landscapes of the Russian Caucasus]. *Izvestija DGPU – Dagestan State Pedagogical University. Journal*, vol. 11, pp. 88-96.

Mihalap S.G., Mingal'jov D.Je., Evdokimov S.I. 2014. Ispol'zovanie analiza vremennyh rjadov v izuchenii mnogoletnih temperaturnyh izmenenij [Using time series analysis in the study of long-term temperature changes]. *Vestnik PskovGU. Serija "Estestvennye i fiziko-matematicheskie nauki" – Bulletin of Pskov State University. Series "Natural and physical and mathematical sciences"*, vol. 4, pp. 17-24.

Mustafina A.B. 2017. Izmenenija osnovnyh klimaticheskikh pokazatelej na territorii Respubliki Tatarstan za period 1966-2013 gg [Changes in the main climatic indicators in the territory of the Republic of Tatarstan for the period 1966-2013]. *Geograficheskij vestnik – Geographical Bulletin*, vol. 2, pp. 99-108. Doi:10.17072/2079-7877-2017-2-91-99.

Pahar'kova N.V., Mihal'chuk Ja.P., Andreeva E.B. 2016. Vlijanie temperaturnogo faktora na zimnij pokoj hvojnyn na territorii zapovednika «Stolby» [Influence of the temperature factor on the winter rest of conifers in the territory of the Stolby reserve]. *Vestnik KrasGAU – Bulletin of Krasnoyarsk state agrarian university*, no. 6, pp. 9-14.

Perevedencev Ju.P., SHantalinskij K.M., SHerstjukov B.G., Naumov Je.P. 2010. Monitoring sovremennyh izmenenij klimata Srednego Povolzh'ja [Monitoring of current climate changes in the Middle Volga]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta – Scientific notes of the Kazan University*, vol. 152, no. 3, pp. 251-260.

Podrezov O.A., Podrezov A.O. 2015. Sovremennoe poteplenie klimata Severnogo i Severo-Zapadnogo Kyrgyzstana [Modern climate warming in northern and northwestern Kyrgyzstan]. *Geograficheskij vestnik – Geographical Bulletin*, vol. 3, pp. 56-66.

Skok N.V. 2010. Izuchenie vesennego razvitija rastitel'nosti gornoj polosy Srednego Urala pri pomowi fenologicheskikh metodov [Studying the spring development of vegetation in the mountainous belt of the Middle Urals with the help of phenological methods]. *Sovremennoe sostojanie fenologii i perspektivy ee razvitija* [The current state of phenology and its development prospects], Ekaterinburg, USPU, pp. 111-121.

Skok N.V., Jancer O.V., Ivanova Ju.R. 2014. Ispol'zovanie kolichestvennyh fenologicheskikh metodov dlja karakteristiki gornoj polosy Srednego Urala [Using

---

---

quantitative phenological methods to characterize the mountain belt of the Middle Urals]. *Vestnik TGU – Bulletin of TSU*, vol. 19, pp.1569-1572.

Solov'ev A.N. 2015. *Klimatogennaja i antropogennaja dinamika bioty v menjajuvihsja jekologičeskikh uslovijah vostoka Russkoj Ravniny* [Climatogenic and anthropogenic dynamics of biota in the changing environmental conditions of the east of the Russian Plain]. Extended abstract of Doctor's thesis. Petrozavodsk, 47 p.

Suhoveeva O.Je. 2016. *Izmenenija klimatičeskikh uslovij i agroklimatičeskikh resursov v central'nom rajone nečernozemnoj zony* [Changes in climatic conditions and agroclimatic resources in the central region of the non-chernozem zone]. *Vestnik VGU Serija: Geografija. Geojekologija – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, vol. 4, pp. 41-49.

Terent'eva E.Ju. 2000. *Kompleksnye fenologičeskie pokazateli fitocenzov i ih ispol'zovanie pri organizacii fenomonitoringa* [Complex phenological indicators of phytocenoses and their use in the organization of phenomonitoring]. Doctor's thesis, Ekaterinburg, 178 p.

Ushakov M.V. 2013. *Sovremennye izmenenija termičeskogo rezhima vegetacionnogo i zimnego periodov na Chukotke* [Modern changes in the thermal regime of the growing season and winter periods in Chukotka]. *Geografičeskij vestnik – Geographical Bulletin*, vol. 2, pp. 81-91. Doi:10.17072/2079-7877-2017-2-81-91.

Fokina N.V., Ligaeva N.A., Busygina L.V. 2013. *Dinamika klimata i izmenenie fenologičeskikh sezonov goda zapovednika «Stolby»* [Climate dynamics and change of phenological seasons of the Stolby reserve]. *Vestnik Krasnojarskogo gosudarstvennogo pedagogičeskogo universiteta im VP Astaf'eva – Bulletin of the Krasnojarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafev*, no. 2(24), pp. 228-231.

Hodzhaeva G.K. 2017. *Agroklimatičeskie uslovija razvitija drevesnyh rastenij na territorii goroda Nizhnevartovska* [Agroclimatic conditions for the development of woody plants in the city of Nizhnevartovsk]. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk – Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, vol. 2, pp. 578-581.

Jancer O.V. Terent'eva E.Ju. 2012. *Obwaja fenologija i metody fenologičeskikh issledovanij* [General phenology and phenological research methods]. Ekaterinburg, USPU, 218 p.