

К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ СТЕПЕНИ БЛАГОПРИЯТНОСТИ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ РАСТЕНИЙ

© 2022

Жуйкова Т.В., Мелинг Э.В., Попова А.С.*Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал)
Российского государственного профессионально-педагогического университета
(г. Нижний Тагил, Свердловская область, Российская Федерация)*

Аннотация. Погодно-климатические условия исследуемых периодов существенно влияют на реакцию биологических систем на другие экологические факторы, включая техногенную трансформацию окружающей среды. Располагая комплексом погодных факторов, сложно однозначно судить о благоприятности погодных условий того или иного года наблюдения. В настоящей работе предложен интегральный показатель степени благоприятности погодных условий и технология его вычисления. Степень благоприятности погоды выражается в баллах по пятибалльной шкале. Для расчета используется набор погодных факторов, потенциально оказывающих влияние на исследуемый биологический объект (организм, популяцию, сообщество). Погодные факторы и периоды, в которые они могут оказывать влияние на изучаемые объекты, подбираются с учетом биологических особенностей объекта, например, в нашем случае периода внутривисочной фазы (май предыдущего года), этапа активного органогенеза, внепочечного роста до периода сбора биологического материала (июль текущего года). Методом главных компонент проводится редукция гидрометеорологических показателей и определяются факторы, которые вносят наибольший вклад в изменчивость погоды в исследуемые периоды. Абсолютные значения этих факторов переводятся в баллы на основании пятибалльной шкалы соответствия погодных факторов климатической норме и оптимальным значениям гидротермического коэффициента. На основе среднего балла по каждому году определяется степень благоприятности погоды для конкретного биологического объекта. Приведен пример технологии вычисления интегрального показателя благоприятности погоды для березы повислой (*Betula pendula* Roth), произрастающей в шести локалитетах Притагильской зоны Среднего Урала, у которой изучали изменчивость морфологических признаков листа в период с 2016 по 2019 гг. На примере индекса формы листовой пластинки *Betula pendula* показана статистически значимая зависимость этого признака от интегрального показателя степени благоприятности погоды.

Ключевые слова: погодно-климатические факторы; интегральный показатель благоприятности погоды; гидрометеорологические показатели; климатическая норма; балльная шкала отклонений от климатической нормы; *Betula pendula* Roth; морфологические признаки листа.

THE METHODOLOGY FOR ASSESSING AN INTEGRAL INDICATOR OF THE DEGREE OF FAVORABLE WEATHER CONDITIONS FOR PLANTS

© 2022

Zhuikova T.V., Meling E.V., Popova A.S.*Nizhny Tagil State Social and Pedagogical Institute (Branch) of Russian State Vocational Pedagogical University
(Nizhny Tagil, Sverdlovsk Region, Russian Federation)*

Abstract. The weather and climatic conditions of the periods under study significantly affect the response of biological systems to other environmental factors, including technogenic transformation of the environment. Having a complex of weather factors, it is difficult to unequivocally judge the favorable weather conditions of a particular year of observation. In this paper, an integral indicator of the degree of favorable weather conditions and a technology for its calculation are proposed. The degree of favorable weather is expressed in points on a five-point scale. The calculation uses a set of weather factors that potentially affect the biological object under study (organism, population, community). Weather factors and periods in which they can affect the objects under study are selected taking into account the biological characteristics of the object, for example, in our case, the period of the intrarenal phase (May of the previous year), the stage of active organogenesis, extrarenal growth until the period of collection of biological material (July of the current year). The method of principal components reduces hydrometeorological indicators and determines the factors that make the greatest contribution to weather variability in the periods under study. The absolute values of these factors are converted into points on the basis of a five-point scale for the correspondence of weather factors to the climatic norm and the optimal values of the HTC. Based on the average score for each year, the degree of favorable weather for a particular biological object is determined. The paper contains an example of a technology for calculating the integral indicator of favorable weather for silver birch (*Betula pendula* Roth), growing in six localities of the Tagil zone of the Middle Urals, in which the variability of leaf morphological features was studied in the period from 2016 to 2019. On the example of the *Betula pendula* leaf blade shape index, a statistically significant dependence of this feature on the integral indicator of the degree of favorable weather is shown.

Keywords: weather and climatic factors; integral indicator of favorable weather; hydrometeorological indicators; climatic norm; point scale of deviations from climatic norm; *Betula pendula* Roth; leaf morphological features.

Введение

При проведении многолетних наблюдений за растительными объектами на организменном, популяционном и биоценоотическом уровнях нередко приходится анализировать погодные условия исследуемых периодов наблюдения [1–7]. В этом случае возникает проблема: располагая целым комплексом погодных факторов, например, данными по ежемесячной сумме осадков, среднемесячной температуре, гидротермическому коэффициенту Селянинова и т.д., сложно сделать однозначное заключение о степени благоприятности или неблагоприятности года для исследуемых растительных объектов. В настоящей работе представлен один из возможных методических подходов к анализу погодно-климатических факторов, который позволяет вывести интегральный показатель благоприятности года, с целью ранжирования исследуемых периодов по степени отклонения их от климатической нормы (благоприятности).

**Алгоритм определения
интегрального показателя
степени благоприятности погоды**

1. Выявить физиологически значимые для конкретных исследуемых объектов гидрометеорологические факторы. Например, в развитии травянистых многолетников выделяют два важных периода, влияющих на их продуктивность: весенний, связанный с началом вегетации и активными процессами нарастания фитомассы, и осенний, во время которого происходит формирование вегетативных и генеративных почек, качество и количество которых влияет на урожай следующего года [8; 9]. Исходя из этого, в анализ включаем погодно-климатические факторы осеннего периода предыдущего года, заканчиваем периодом сбора полевого материала. Необходимо собрать информацию о величине погодных факторов на исследуемой территории. Каждый погодный фактор должен быть выражен в абсолютных единицах наблюдения – осадки в мм, температура – в °С и т.д. Составляем матрицу, в которой по вертикали указывает погодно-климатический фактор, по горизонтали его характеристику по годам наблюдения.

2. Провести корреляционный анализ и исключить скоррелированные погодно-климатические факторы, руководствуясь тем, какой из двух факторов является более значимым. Например, гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) скоррелирован с суммой активных температур и с количеством осадков на период с активными температурами. Следовательно, из трех погодных факторов можно выбрать только ГТК. Но в каждом конкретном случае исследователь должен принять решение об исключении коррелирующих факторов, исходя из целей исследования.

3. Выполнить анализ данных методом главных компонент, определяя факторные нагрузки по F1, F2 и т.д. (количество факторов зависит от результатов анализа). При этом выделяются статистически значимые погодные факторы, которые вносят наибольший вклад в изменчивость погоды. Незначимые погодные факторы исключаем из анализа. Провести повторно факторный анализ, включая в него только статистически значимые погодно-климатические факторы, определяющие факторные нагрузки по факторам F1 и по F2. Получаем долю влияния F1 (большая) и F2 (меньшая). В случае, если по F1 факторная нагрузка

более 50%, то в дальнейшем анализе оперируем этой группой погодных факторов, так как именно они вносят наибольший вклад в общую изменчивость погоды.

4. Создать балльную шкалу оценки степени благоприятности погоды на основании оптимальных показателей ГТК и климатической нормы по осадкам и температуре, характерных для конкретной территории, где проводятся исследования. Климатическая норма – это средняя величина метеорологического элемента, статистически полученная из многолетнего ряда наблюдений в данной местности. В климатологии чаще всего это средняя многолетняя величина: среднее месячное или годовое количество осадков; средняя суточная, месячная, годовая температура [10, с. 34]. Климатологи принимают за норму 30-летние периоды, предполагая, что за такой временной период атмосфера проходит весь диапазон аномалий, свойственных климату определенного района. Современной климатической нормой метеорологов считаются средние величины, рассчитанные за промежуток времени 1961–1990 гг., который был утвержден Всемирной Метеорологической Организацией. Данные по климатической норме можно получить, используя официальные интернет-ресурсы (например, [11]). Шкалу по ГТК делаем на основе представлений о том, что условия увлажнения считаются достаточными (оптимальными) при значении ГТК в пределах 1,0–1,5, избыточными – при ГТК более 1,5, недостаточными – при ГТК от 1,0 до 0,7. При ГТК от 0,5 до 0,7 – засушливо, от 0,3 до 0,5 – сухо, менее 0,3 – очень сухо [12, с. 32–33]. По температуре рекомендовано использовать шкалу с интервалом 4°С [13, с. 86] (отклонение по модулю не более 1°С – норма, от 1 до 4°С – холодно / тепло, более 4°С – очень холодно / жарко), по среднемесячной сумме осадков шкалу с интервалом 10 мм [13, с. 43]. Нами для отклонения среднемесячной температуры и суммы осадков от климатической нормы и ГТК от оптимума предложены пятибалльные шкалы с рекомендованными в литературе величинами интервалов (табл. 1).

Таблица 1 – Шкала оценки степени благоприятности гидрометеорологических условий

Показатели	Ступени	Балл
ГТК	1,00–1,50	5
	0,70–0,99	4
	0,50–0,69	3
	0,30–0,49	2
	<0,30	1
	1,51–2,00	4
	2,01–3,00	3
	3,01–4,00	2
>4,00	1	
Средне- месячное количество осадков	норма осадков и отклонение до 10 мм	5
	отклонение от 11 до 20 мм	4
	отклонение от 21 до 30 мм	3
	отклонение от 31 до 40 мм	2
	более 41 мм	1
Средне- месячная температура	норма и отклонение на 1°С	5
	отклонение >1°С, но <4°С	4
	отклонение >4°С, но <8°С	3
	отклонение >8°С, но <12°С	2
	отклонение >12°С	1

Таким образом, степень благоприятности погодных условий (СБП) выражается баллами, варьирующими в диапазоне от 1 до 5. Оптимум и соответствие норме оцениваются максимально возможным баллом – 5, значительные отклонения – минимальным – 1.

5. Перевести абсолютные значения погодных факторов исследуемого периода в баллы. Располагая абсолютными значениями погодных факторов, которые вносят наибольший вклад в изменчивость погоды за исследуемый многолетний период, дать им оценку с использованием пятибалльной шкалы, затем найти средний балл по каждому году. Ранжировать годы по степени благоприятности от неблагоприятного (минимальный балл) к благоприятному (максимальный балл).

Рассмотрим на конкретном примере оценку степени благоприятности погоды и ранжирование периодов наблюдения для березы повислой (*Betula pendula* Roth), у которой изучали морфологические признаки листа.

Сбор биологического материала выполнен в июле 2016–2019 гг. в шести локалитетах Притагильской зоны Среднего Урала (60° в.д., 58° с.ш., таежная географическая зона, подзона южной тайги). Материал собран на опушках лесных сообществ с преобладанием березы. Исследование проводили на средневозрастных генеративных (g_2) растениях *Betula pendula* Roth. Образцы собирали во второй половине июля после полного окончания роста листа. Сбор материала выполнен в соответствии с методическими рекомендациями В.М. Захарова [14, с. 37–38]. Листья отбирали в пределах нижней части кроны, на уровне поднятой руки, с веток максимально доступных, расположенных с четырех сторон света. Материал фиксировали методом гербаризации. Далее листья сканировали с адаксиальной стороны с помощью многофункционального устройства Samsung SCX-3400 при разрешении 1275 × 1755 пикселей. Измерение морфологических признаков листа выполняли в программе Bio.exe. Полученные числовые значения переводили из пикселей в миллиметры, делением на 6.

Береза повислая *Betula pendula* Roth, семейство березовые (Betulaceae S.F. Gray) [15, с. 158]. Число хромосом $2n = 28$ (42) [16]. Изучение морфометрических признаков листа этого вида важно для понимания морфогенеза с точки зрения взаимосвязи морфологии и экологии.

Обоснование выбора погодно-климатических факторов

Вегетативная почка исследуемого древесного растения несет в себе все элементы будущего побега в различной степени развития. Количество структурных единиц и характер их развития определяются особенностями вида и в определенной степени набором факторов внешней среды [17, с. 209; 18, с. 216].

Экологические факторы влияют на развитие и рост листа как во время внутрипочечной фазы, так и внепочечной. Внутрипочечная фаза длится с мая предыдущего года по май второго текущего вегетационного сезона. Второй вегетационный сезон – этап активного органогенеза (формирование эмбриональных листочков, междоузлий, закладка пазушных почек). Далее следует внепочечный рост – разворачивание почек и видимый рост побега [17, с. 211; 18, с. 218].

Почки разворачиваются в побеги один раз в году, весной, после чего формируются новые зимующие почки с зачатками побегов будущего года [18, с. 215]. Листовые примордии закладываются в почках с се-

редины мая до начала августа. В июне отмечена пауза последовательного образования эмбриональных структур у всех типов почек, примерно на 2–3 недели [19, с. 167–178].

Таким образом, к числу факторов, оказывающих влияние на характер развития признаков листа березы повислой, относятся погодные факторы не только текущего, но и прошлого года. В связи с чем анализируемый годовой период не совпадает с календарным годом. Он включает вторую половину года, предшествующего (ПГ) сбору биологического материала (май–декабрь), и первую половину текущего года (ТГ), в том числе часть вегетационного сезона до момента сбора биологического материала (январь–июль). Учитывая, что биологический материал собран в июле текущего года, анализируемый годовой период обозначен по этому году (например, материал собран в 2016 г., но в анализ включены погодные факторы с мая 2015 г.).

Для анализа благоприятности погоды использованы результаты ежесуточных наблюдений за количеством осадков (мм) и температурой воздуха (°C). На основании этих данных были вычислены среднемесячные температуры воздуха, в том числе сумма активных (эффективных) температур (выше +10°C), сумма осадков (мм) за месяц и за период с эффективными температурами. В качестве показателя увлажнения использован гидрометрический коэффициент Т.Г. Селянинова (ГТК) [12; 20]. ГТК представляет отношение суммы осадков за период с температурой более +10°C к сумме температур за этот период, уменьшенной в 10 раз. Используются данные автоматизированного мониторинга состояния атмосферного воздуха и осадков в г. Нижний Тагил (пост № 2 – поселок Сухоложский Дзержинский район; пост № 4 – Техпоселок, Тагилстроевский район) [21]. Таким образом, в анализ на первом этапе включены следующие данные по погодным факторам: среднемесячная сумма осадков и среднемесячные температуры с мая ПГ по июль ТГ, ГТК, сумма эффективных температур, сумма осадков за период с эффективными температурами с мая по сентябрь ПГ и с мая по июль ТГ. Основываясь на наших предыдущих исследованиях [3, с. 493], дополнительно в анализ были включены суммы осадков с октября по ноябрь ПГ и с января по май ТГ. Всего в анализе на первом этапе 56 погодных факторов.

Корреляционный анализ данных

Сложность оценок влияния погодных факторов на биологические процессы в природных фитоценозах связана с взаимной корреляцией многочисленных анализируемых показателей (среднемесячные температуры, осадки, ГТК), затрудняющих выделение ведущих, статистически значимых параметров. Ранее в исследовании межгодовой изменчивости качества семенного потомства пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.) была установлена корреляционная зависимость между отдельными погодными факторами [6, с. 347]. С помощью линейного корреляционного анализа была проведена проверка на скоррелированность комбинаций погодных факторов, которые вносят наибольший вклад в межгодовую изменчивость погоды. Было выполнено 1568 переборов подобных вариаций.

В ходе корреляционного анализа были установлены статистически высоко значимые связи между суммой осадков июня ТГ и суммой осадков за пери-

од с активными температурами июня ТГ, температурой августа ПГ и суммой активных температур августа ПГ, температурой июля ТГ и суммой активных температур июля ТГ ($r = 0,99$; $p < 0,01$). Кроме того, активные температуры и сумма осадков за этот период входят в значения ГТК. Учитывая выше сказанное, эти показатели были исключены из дальнейшего анализа.

*Выделение погодных факторов,
которые вносят наибольший вклад
в изменчивость погоды*

Для редукции гидрометеорологических данных исследованного района за 4-летний период (2016–2019 гг.) был использован метод главных компонент. Из выбранных погодных параметров (ГТК мая–сентября ПГ, мая–июля ТГ; среднемесячное количество осадков и среднемесячные температуры с мая по декабрь ПГ, с января по июль ТГ, а также сумма осадков за октябрь–ноябрь ПГ и с января по май ТГ) максимальные факторные нагрузки связаны с весенне-летними ГТК, осадками и температурами (май–июль) и зимне-весенними осадками (F1 и F2), объясняющих

80,5% общей дисперсии условий формирования и развития листа.

Далее был проведен повторный анализ данных методом главных компонент, в который включены только погодные факторы, дающие статистически значимые факторные нагрузки (табл. 2). Более 50% факторных нагрузок определяет F1. Максимальные факторные нагрузки приходятся на долю ГТК июня–сентября ПГ и мая–июля ТГ, среднемесячное количество осадков июня–июля, октября и декабря ПГ, а также марта–мая, июля ТГ, температуры июля–августа, декабря ПГ и февраля, июня–июля ТГ. Так как на долю F1 приходится более 50% факторной нагрузки, в дальнейшем для оценки интегрального показателя степени благоприятности погодных условий мы ограничились выделенными по F1 погодными факторами.

Перевод абсолютных значений показателей погоды в баллы осуществляли с использованием пятибалльной шкалы (табл. 1), разработанной авторами на основании литературных источников и интернет-ресурсов [12; 20].

Таблица 2 – Факторные нагрузки статистически значимых погодных показателей на главные компоненты за период 2016–2019 гг.

Показатели	Месяц	Главные компоненты	
		1	2
ГТК	май ПГ	-0,128	-0,869
	июнь ПГ	-0,802	0,547
	июль ПГ	-0,841	0,468
	сентябрь ПГ	0,792	-0,582
	май ТГ	-0,943	0,324
	июнь ТГ	0,709	-0,392
	июль ТГ	0,979	-0,124
Среднемесячное количество осадков	май ПГ	-0,269	0,888
	июнь ПГ	-0,953	0,246
	июль ПГ	-0,931	0,356
	октябрь ПГ	-0,716	-0,653
	ноябрь ПГ	0,659	-0,744
	декабрь ПГ	-0,729	-0,682
	октябрь–ноябрь ПГ	-0,254	-0,931
	январь–май ТГ	-0,763	-0,437
	январь ТГ	-0,535	-0,718
	февраль ТГ	0,573	0,537
	март ТГ	-0,811	0,573
	апрель ТГ	-0,751	-0,578
	май ТГ	0,835	0,549
	июнь ТГ	0,697	-0,455
июль ТГ	0,958	0,085	
Среднемесячная температура	май ПГ	-0,273	-0,957
	июнь ПГ	-0,530	-0,845
	июль ПГ	0,962	0,096
	август ПГ	0,808	-0,247
	октябрь ПГ	0,503	0,681
	ноябрь ПГ	-0,422	0,903
	декабрь ПГ	-0,817	0,572
	январь ТГ	0,311	0,805
	февраль ТГ	-0,836	-0,523
	март ТГ	0,511	-0,646
	апрель ТГ	-0,593	-0,805
	июнь ТГ	-0,702	-0,464
	июль ТГ	-0,769	0,638
Собственные значения		17,779	13,261
Доля дисперсии		0,508	0,379

Примечание. Полужирным шрифтом выделены показатели максимальных факторных нагрузок.

Для получения комплексной оценки погодно-климатических условий исследуемых периодов наблюдения и ее математического выражения абсолютные значения погодных факторов, выделенных методом главных компонент, переводим в баллы, основываясь на данных таблицы 1. Для этого находим уровень отклонения абсолютных значений от климатической нормы и даем балльную оценку каждому показателю погоды (табл. 3). Вычисляем средний балл степени благоприятности погоды по каждому году наблюдения.

Средний балл степени благоприятности погоды позволяет выстроить временной градиент, отражающий ее соответствие климатической норме. В рассматриваемом примере получен следующий временной ряд: 2017 – 2016 – 2018 – 2019 гг. Наиболее благоприятный 2019 г. – имеет средний балл благоприятности, близкий к максимально возможному – 4. Максимально неблагоприятный в нашем случае 2017 г.

Далее можно анализировать зависимость исследуемых признаков растений от интегрального показателя

степени благоприятности погоды или оценивать влияние этого фактора на исследуемый признак. В качестве примера приведем анализ влияния погодных факторов на индекс формы листовой пластинки (ИФ – отношение длины от кончика листовой пластинки до самого широкого места к длине от самого широкого места до основания листовой пластинки), который отражает степень вытянутости листовой пластинки.

В ходе однофакторного дисперсионного анализа, в котором в качестве действующих на исследуемый признак факторов выступала степень благоприятности погоды, установлено высоко значимое влияние исследуемого фактора на ИФ (рис. 1). При ухудшении погодных условий происходит увеличение ИФ, следовательно, вытягивание верхушки листовой пластинки.

Зависимость исследуемого показателя от степени благоприятности погоды аппроксимируется уравнением линейной регрессии: $y = (4,42 \pm 0,37) - (0,60 \pm 0,14)x$ ($R^2 = 0,018$; $df = 1$; 998 ; $p = 0,00002$) (рис. 2).

Таблица 3 – Комплексная оценка гидрометеорологических условий исследуемых периодов

Значимые признаки по F1	Норма для г. Нижний Тагил	Значения погодно-климатических факторов				Баллы			
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
ГТК июня ПГ	1,0–1,5*	3,32	0,92	4,03	1,92	2	4	1	4
ГТК июля ПГ	1,0–1,5*	1,77	0,85	1,96	1,14	4	4	4	5
ГТК сентября ПГ	1,0–1,5*	0,06	2,26	0,00	0,61	1	3	1	3
ГТК мая ТГ	1,0–1,5*	0,72	0,15	0,61	0,41	4	1	3	2
ГТК июня ТГ	1,0–1,5*	0,92	4,03	1,92	1,23	4	1	4	5
ГТК июля ТГ	1,0–1,5*	0,85	1,96	1,14	1,80	4	4	5	4
Ос. июня ПГ	89	173,30	42,50	155,60	70,90	1	1	1	4
Ос. июля ПГ	94	96,90	48,10	92,90	66,30	5	1	5	3
Ос. марта ТГ	34	34,10	5,20	40,40	20,50	5	3	5	4
Ос. июля ТГ	94	48,10	92,90	66,30	98,30	1	5	3	5
Ос. октября ПГ	52	83,60	36,9	22,40	31,20	2	4	3	3
Ос. декабря ПГ	29	35,50	20,20	15,20	14,30	5	5	4	4
Ос. апреля ТГ	41	87,90	22,40	10,00	24,40	1	4	2	4
Ос. мая ТГ	61	24,60	38,30	39,00	41,20	2	3	3	4
Ос. января–май ТГ	185	189,60	102,90	119,30	153,40	5	1	1	2
Т. февраля ТГ	-12,7	-4,82	-12,34	-12,66	-12,77	3	5	5	5
Т. июня ТГ	15,4	15,60	13,38	13,09	14,08	5	4	4	4
Т. июля ПГ	17,9	13,94	18,35	15,82	18,83	4	5	4	5
Т. августа ПГ	15,4	11,72	20,57	15,53	14,11	4	3	5	4
Т. декабря ПГ	-11,9	-8,61	-16,72	-8,03	-11,34	4	3	4	5
Т. июля ТГ	17,9	18,35	15,82	18,83	17,62	5	4	5	5
Средний балл						3,38	3,24	3,43	4,00

Примечание * – оптимальное значение ГТК, для других показателей указана климатическая норма.

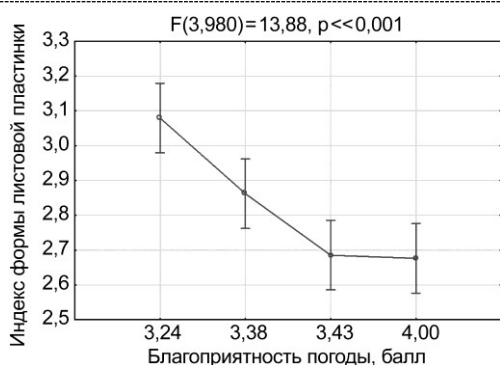


Рисунок 1 – Изменение индекса формы листовой пластинки в градиенте благоприятности погодных условий

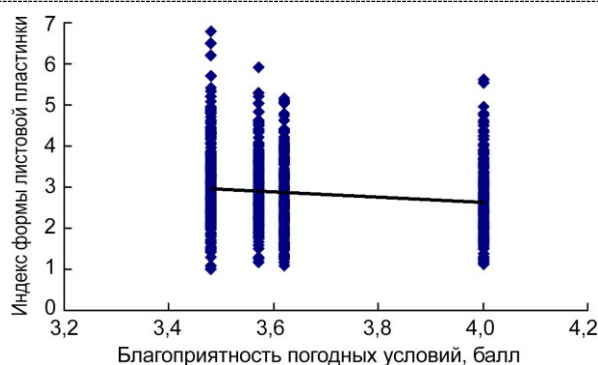


Рисунок 2 – Зависимость индекса формы листовой пластинки от степени благоприятности погодных условий исследуемых лет наблюдения

Таким образом, установлена статистически значимая зависимость индекса формы листовой пластинки *Betula pendula* Roth от интегрального индекса степени благоприятности погоды.

Заключение

В работе предложена технология оценки интегрального показателя степени благоприятности погодных условий. Для вычисления этого показателя исследователю необходимо располагать определенным набором погодных факторов. Подбор погодно-климатических факторов осуществляется исходя из биологических особенностей вида, целей исследования, периода сбора биологического материала. Погодные факторы должны иметь характеристики, выраженные в абсолютных значениях (мм, °С и т.п.). В анализ не включаются взаимосвязанные погодные факторы. Для редукации гидрометеорологических данных используют метод главных компонент. В дальнейший анализ включают погодные факторы, обуславливающие более 50% факторной нагрузки. Выделение погодных факторов, определяющих максимальные факторные нагрузки, позволяет в дальнейшем, во-первых, использовать их для расчета интегрального показателя степени благоприятности погоды, во-вторых, для оценки зависимости конкретного исследуемого признака от этих факторов.

Располагая абсолютными значениями выделенных на предыдущем этапе погодных факторов, переводим их в относительные с учетом отклонений от климатической нормы (осадки или температура) или оптимальных показателей погоды (ГТК). Вычисляем среднее значение благоприятности погодных условий по каждому исследуемому году. Ранжируем исследуемые периоды, учитывая максимально возможный балл (равен 4).

В данной работе представлены результаты факторного анализа, в ходе которого выделены погодно-климатические факторы, оказывающие влияние на изменчивость погоды с учетом периода развития листа – с момента его закладки (закладка почки) – май предыдущего года, до момента сбора материала (отрыв листа от побега) – июль текущего года. На основе полученных данных возможно проведение множественного регрессионного анализа, с целью определения статистически значимого влияния выделенных ПКФ по F1 и F2 на исследуемые признаки. Если мы имеем дело с градиентом эдафических условий в локалитетах сбора биологического материала, то возможен анализ реакции исследуемых биологических признаков на этот градиент в благоприятные и неблагоприятные годы.

Список литературы:

1. Жуйкова Т.В., Безель В.С., Позолотина В.Н., Северюхина О.А. Репродуктивные возможности растений в градиенте химического загрязнения среды // Экология. 2002. № 6. С. 431–436. [Zhuikova T.V., Bezel V.S., Pozolotina V.N., Severyukhina O.A. The Reproductive capacity of plants in a gradient of chemical environmental pollution // Russian Journal of Ecology. 2002. T. 33, № 6. P. 407–412].
2. Жуйкова Т.В., Гордеева В.А., Безель В.С., Костина Л.В., Ившина И.Б. Структурно-функциональное состояние почвенной микробиоты при химическом загрязнении среды // Поволжский экологический журнал. 2016. № 2. С. 186–198. [Zhuikova T.V., Gordeeva V.A.,

Bezel V.S., Kostina L.V., Ivshina I.B. The structural and functional state of soil microbiota in a chemically polluted environment // Biology Bulletin. 2017. Vol. 44, № 10. P. 1228–1236].

3. Жуйкова Т.В., Безель В.С., Бергман И.Е., Гордеева В.А., Мелинг Э.В. Зависимость фитомассы травяных сообществ, произрастающих на антропогенно трансформированных территориях, от погодных факторов // Сибирский экологический журнал. 2018. № 4. С. 489–501. [Zhuikova T.V., Bezel V.S., Bergman I.E., Gordeeva V.A., Meling E.V. Dependence of phytomass of herbaceous ceptoses on weather Factors in anthropogenically impacted areas // Contemporary Problems of Ecology. 2018. Vol. 11, № 4. P. 428–437].

4. Жуйкова Т.В., Мелинг Э.В., Безель В.С. Динамика альфа-разнообразия в ходе восстановительной сукцессии травяных сообществ залежей и отвалов // Экология. 2022. № 3. С. 178–188.

5. Жуйкова Т.В. Растительные системы в условиях техногенной трансформации среды. М.: Наука, 2022. 339 с.

6. Антонова Е.В., Позолотина В.Н. Межгодовая изменчивость качества семенного потомства пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus*) в условиях хронического облучения // Экология. 2020. № 5. С. 341–353.

7. Антонова Е.В., Позолотина В.Н. Влияние хронического облучения и климатических факторов на популяцию пустырника пятилопастного // Современные подходы и методы в защите растений: сб. мат-лов II междунар. науч.-практ. конф. 16–18 ноября 2020 г. Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2020. С. 128–129.

8. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений. М.: Высшая школа, 1977. 287 с.

9. Мустафаев Б.А. Практикум по основам луговодства: учеб.-метод. пособие по проведению лабораторно-практических занятий. Павлодар: Изд-во Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова, 2007. 240 с.

10. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь: Т. 2: К–П / отв. сост. К.Ш. Хайруллин; под ред. А.И. Бедрицкого. СПб.: Лет. сад, 2009. 308 с.

11. Климатические данные городов по всему миру [Электронный ресурс] // <https://ru.climate-data.org>.

12. Романова Э.П., Куракова Л.И., Ермаков Ю.Г. Природные ресурсы мира: учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 1993. 304 с.

13. Климат Нижнего Тагила / под ред. д-ра геогр. наук Ц.А. Швер. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 135 с.

14. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.

15. Определитель сосудистых растений Среднего Урала / П.Л. Горчаковский и др. М.: Наука, 1994. 525 с.

16. Числа хромосом цветковых растений флоры СССР. Aceraceae – Menyanthaceae / под ред. А.Л. Тахтаджяна. Л.: Наука, 1990. 510 с.

17. Николаева Н.Н., Лери М.М., Веселкова Л.Л. Морфометрия вегетативных почек березы: брахибласты // Структурные и функциональные отклонения от нормального роста и развития растений под воздействием факторов среды: мат-лы междунар. конф. / отв. ред. Л.Л. Новиковская. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. С. 209–215.

18. Николаева Н.Н., Лери М.М., Веселкова Л.Л. Морфометрия вегетативных почек березы: ауксисбласты // Структурные и функциональные отклонения от нормального роста и развития растений под воздействием факторов среды: мат-лы междунар. конф. / отв. ред. Л.Л. Но-

вицкая. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. С. 215–220.

19. Schmitt U., Jalkanen R., Eckstein D. Cambium dynamics of *Pinus sylvestris* and *Betula* spp. in the Northern Boreal Forests in Finland // *Silva Fennica*. 2004. № 38 (2). P. 167–178.

20. The encyclopedia of world climatology (Encyclopedia of earth sciences series) / ed. by J.E. Oliver. Dordrecht: Springer, 2005. 854 p.

21. Архив погоды в Нижнем Тагиле [Электронный ресурс] // Расписание погоды. https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Нижнем_Тагиле.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p>Жуйкова Татьяна Валерьевна, доктор биологических наук, доцент, декан факультета естествознания, математики и информатики; Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) Российского государственного профессионально-педагогического университета (г. Нижний Тагил, Свердловская область, Российская Федерация). E-mail: hbfnt@rambler.ru.</p> <p>Мелинг Элеонора Васильевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник экологической лаборатории; Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) Российского государственного профессионально-педагогического университета (г. Нижний Тагил, Свердловская область, Российская Федерация). E-mail: meling-e@mail.ru.</p> <p>Попова Анастасия Сергеевна, младший научный сотрудник экологической лаборатории; Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) Российского государственного профессионально-педагогического университета (г. Нижний Тагил, Свердловская область, Российская Федерация). E-mail: stassy.popova@yandex.ru.</p>	<p>Zhuikova Tatyana Valerievna, doctor of biological sciences, associate professor, dean of Natural Sciences, Mathematics and Computer Science Faculty; Nizhny Tagil State Social and Pedagogical Institute (Branch) of Russian State Vocational Pedagogical University (Nizhny Tagil, Sverdlovsk Region, Russian Federation). E-mail: hbfnt@rambler.ru.</p> <p>Meling Eleonora Vasilievna, candidate of biological sciences, senior researcher of Ecological Laboratory; Nizhny Tagil State Social and Pedagogical Institute (Branch) of Russian State Vocational Pedagogical University (Nizhny Tagil, Sverdlovsk Region, Russian Federation). E-mail: meling-e@mail.ru.</p> <p>Popova Anastasia Sergeevna, junior researcher of Ecological Laboratory; Nizhny Tagil State Social and Pedagogical Institute (Branch) of Russian State Vocational Pedagogical University (Nizhny Tagil, Sverdlovsk Region, Russian Federation). E-mail: stassy.popova@yandex.ru.</p>

Для цитирования:

Жуйкова Т.В., Мелинг Э.В., Попова А.С. К методике оценки интегрального показателя степени благоприятности погодных условий для растений // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11, № 2. С. 45–51. DOI: 10.55355/snv2022112106.