

Самая высокая плотность среди населения птиц водохранилища у Озерной чайки – 40,83 особи/км². Затем идет Лысуха (31,25 особи/км²) и Грач (20 особи/км²). Самая низкая плотность населения у Вяхиря (0,63 особи/км²), Лебедя-шипуна (1,04 особи/км²), Обыкновенной сороки (1,25 особи/км²), Серой славки (1,88 (особи/км²) и Обыкновенной овсянки (1,88 особи/км²), что согласуется с данными других авторов [3; 4].

Таким образом, можно сказать, что территория водохранилища является местом обитания для достаточно большого количества птиц. Однако сильная антропогенная нагрузка в дальнейшем будущем может отрицательно сказаться на орнитологическом населении водохранилища.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гомель, К. В. Оценка населения водно-болотной орнитофауны акватории г. Минска в гнездовой период с экспресс-оценкой возможности шистосоматидной инвазии / К. В. Гомель, Д. А. Хандогий // Весці БДПУ. – 2012. № 1. – С. 11–14.

2. Гомель, К. В. Особенности распределения сообществ водноболотных птиц на территории города Минска в летний период с помощью дискриминантного анализа / К. В. Гомель // Весці БДПУ. – 2014. – № 1. – С. 39–43.

3. Хандогий, А. В. Структура сообщества водно-болотных птиц р. Свислочь / А. В. Хандогий, К. В. Гомель, А. А. Сахнюк // Сахаровские чтения 2016 года: экологические проблемы XXI века: материалы 16-й междунар. науч. конфер. – Минск, 2016. – С. 188–189.

4. Юрко, В. В. Биоразнообразии и успех размножения водоплавающих птиц на водохранилищах Минска / В. В. Юрко // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения академика Н. В. Смольского. – Минск, 2015. – С. 333–337.

ПРИМЕНЕНИЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЗАИМОСВЯЗИ АНАТОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

FACTOR ANALYSIS APPLICATION FOR ASSESSING RELATIONSHIPS OF THE ANATOMICAL PARAMETERS OF YEAR PORTS OF PINE ORDINARY

A. H. Xox, K. B. Mahankov

A. Khokh, K. Mahankov

*Научно-практический центр Государственного комитета
судебных экспертиз Республики Беларусь,
г. Минск, Республика Беларусь
npc@sudexpertiza.by*

*The Scientific and Practical Center of the State Committee
of forensic examinations of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

Деревья регистрируют все изменения, происходящие в окружающей среде, поэтому многие свойства древесины связаны с частными особенностями и характеристиками места произрастания. В настоящей работе с помощью процедуры многофакторного анализа были проанализированы взаимосвязи некоторых анатомических параметров годичных слоев сосны обыкновенной.

Trees record all the changes taking place in the environment, so many properties of the growing tree. In the presented work using the multifactor analysis procedure, relationship between some of anatomical parameters of the Scots pine annual layers were analyzed.

Ключевые слова: анатомические параметры, факторный анализ, радиальный прирост, сосна обыкновенная, ширина годичного слоя.

Keywords: anatomical parameters, factor analysis, radial growth, Scots pine, tree-ring width.

Особенности формирования клеточной структуры годичного слоя напрямую зависят от локальных географических и климатических факторов места произрастания и отличаются большей чувствительностью к их изменению, чем общие параметры радиального прироста [1]. В работе были исследованы образцы древесины сосны обыкновенной с 10 временных пробных площадей, заложенных в 2016 г. в Могилевской обл. Республики Беларусь (тип леса – сосняк мшистый). В качестве анализируемых анатомических параметров были выбраны следующие: n_{PT} – количество ранних трахеид; n_{PTT} – количество поздних трахеид; $RpPT$ – радиальный размер полостей ранних трахеид, мкм; $RpPTT$ – радиальный размер полостей поздних трахеид, мкм; $R_{dвсх}$ – радиальный диаметр вертикального

смоляного хода, мкм; Тдвсх – тангенциальный диаметр вертикального смоляного хода, мкм; ТрпРТ – тангенциальный размер полостей ранних трахеид, мкм; ТрпПТ – тангенциальный размер полостей поздних трахеид, мкм; ТдксРТ – толщина двойной клеточной стенки ранних трахеид, мкм; ТдксПТ – толщина двойной клеточной стенки поздних трахеид, мкм. Результаты измерений были представлены в виде многомерных случайные величины, в связи с этим возник вопрос: нельзя ли отбросить часть параметров или заменить их меньшим числом каких-либо функций от них, сохранив при этом всю информацию? Методы факторного анализа (метод главных компонент = метод снижения размерности многомерного пространства) позволяют это сделать. Факторный анализ проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoft, USA). Главная цель заключалась в сокращении числа переменных (редукция данных).

Вначале мы определяли структуру взаимосвязей между исследованными параметрами. Для этого строили корреляционную матрицу, которая приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции анатомических показателей годичных слоев

Переменная	n РТ	n ПТ	РрпРТ	РрпПТ	Рдвсх	Тдвсх	ТрпРТ	ТрпПТ	ТдксРТ	ТдксПТ
n РТ	1,00	0,07	-0,15	-0,15	0,79	0,81	0,42	0,37	0,56	-0,88
n ПТ	0,07	1,00	-0,58	0,47	0,22	0,23	-0,54	-0,02	-0,33	-0,01
РрпРТ	-0,15	-0,58	1,00	-0,72	0,17	0,15	0,63	0,22	-0,04	-0,03
РрпПТ	-0,15	0,47	-0,72	1,00	-0,30	-0,26	-0,44	0,16	-0,33	0,19
Рдвсх	0,79	0,22	0,17	-0,30	1,00	0,99	0,59	0,36	0,31	-0,76
Тдвсх	0,81	0,23	0,15	-0,26	0,99	1,00	0,56	0,42	0,24	-0,80
ТрпРТ	0,42	-0,54	0,63	-0,44	0,59	0,56	1,00	0,48	0,30	-0,49
ТрпПТ	0,37	-0,02	0,22	0,16	0,36	0,42	0,48	1,00	-0,04	-0,41
ТдксРТ	0,56	-0,33	-0,04	-0,33	0,31	0,24	0,30	-0,04	1,00	-0,40
ТдксПТ	-0,88	-0,01	-0,03	0,19	-0,76	-0,80	-0,49	-0,41	-0,40	1,00

*Отмеченные красным корреляции значимы на уровне $p < 0,05$

Попарно сопоставляя переменные из таблицы 1, можно получить некоторое представление об их связях и закономерностях. Однако сами по себе эти коэффициенты лишь констатируют факт наличия корреляции между парой сравниваемых анатомических показателей.

Далее по стандартным процедурам факторного анализа вычисляли значения главных компонент. В работе приведены только основные определяющие результаты вычислений.

Во-первых, это матрица факторных нагрузок, выполняющих роль коэффициентов корреляции каждого исследуемого показателя с каждым из 3-х выделенных нами по критерий Кайзера факторов (главных компонент) (табл. 2).

Таблица 2 – Факторные нагрузки 3-х выделенных главных факторов

Анатомический показатель	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
n РТ	-0,856720	0,361003	-0,239498
n ПТ	0,128377	0,852514	0,164456
РрпРТ	-0,321219	-0,833653	0,331452
РрпПТ	0,427885	0,683181	0,269209
Рдвсх	-0,895064	0,278404	0,104952
Тдвсх	-0,909407	0,241762	0,073198
ТрпРТ	-0,761452	-0,464696	0,242872
ТрпПТ	-0,494721	0,105056	0,647173
ТдксРТ	-0,502422	-0,078819	-0,727803
ТдксПТ	0,853277	-0,272707	0,076094

*Отмечены красным как значимые

Если факторные нагрузки больше $|0,75|$, то это соответствует сильным корреляциям показателей с факторами. Как видно из табл. 2, максимальное количество таких нагрузок – 5 – соответствует фактору 1.

Во-вторых, для перехода к окончательному толкованию вычисленных математических факторов для регионализации исследованных образцов требовалось узнать вклад каждого из них и их суммарный накопленный (кумулятивный) вклад. Эти данные приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Собственные значения факторов и накопленная (кумулятивная) информация в процентах, объясненной главными компонентами (математическими факторами)

Фактор	Собственное значение	Процент описания общей дисперсии	Кумулятивное собственное значение	Кумулятивный процент
1	4,47	44,70	4,47	44,70
2	2,46	24,62	6,93	69,32
3	1,30	12,96	8,23	82,29

В первом столбце табл. 3 даны собственные значения, во втором – процент общей дисперсии, соответствующий этим собственным значениям, далее кумулятивные или накопленные собственные значения (собственные

значения суммируются $4,47 + 2,46 = 6,93$ и т. д.) и кумулятивный процент дисперсии ($44,70 + 24,62 = 69,32$ и т. д.). Собственные значения представлены в порядке убывания, отражая тем самым степень важности соответствующих выделенных факторов для объяснения вариации исходных данных.

Исходя из табл. 3, следует, что максимальную изменчивость – 44,70 % – описывает фактор 1, то есть это и есть первая главная компонента. Наиболее тесно эта новая переменная связана со следующими биометрическими показателями: n_{PT} – количество ранних трахеид; $R_{dвсх}$ – радиальный диаметр вертикального смоляного хода, мкм; $T_{двсх}$ – тангенциальный диаметр вертикального смоляного хода, мкм; $T_{рпPT}$ – тангенциальный размер полостей ранних трахеид, мкм; $T_{дксPT}$ – толщина двойной клеточной стенки поздних трахеид, мкм.

В конечном итоге проведенный факторный анализ позволил выделить особо выраженные попарные корреляционные взаимосвязи анатомических показателей, сжать эту комплексную 10-тимерную исходную информацию до 3-мерного пространства, а сами эти взаимосвязи значительно контрастировать. Его результаты можно считать удовлетворительными, так как тремя выделенными главными факторами (компонентами) упорядочено и объяснено 83,29 % всей дисперсии по 10-ти показателям анатомической структуры годичных слоев, то есть именно этими факторами и определяется территориальная дифференциация исследованных образцов древесины. Остальные 16,71 % – это остаток корреляций между показателями, статистическая достоверность которых не доказана. Общий вид выявленной факторной картины дает основание для статистически доказанного использования анатомических параметров годичных слоев, особенно скоррелированных с фактором 1, при установлении места произрастания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Wimmer, R.* Wood anatomical features in tree-rings as indicators of environmental change / R. Wimmer // *Dendrochronologia*. – 2002. – Vol. 20, № 1–2. – P. 21–36.

БИОТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ BIOTECHNOLOGY OF WASTEWATER TREATMENT OF MILK PROCESSING INDUSTRY

**Г. Л. Чекал, Г. В. Крусир.
G. Chekal, G. Crusier**

*Одесская национальная академия пищевых технологий,
г. Одесса, Украина
galya.chekal@ukr.net
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine*

В настоящее время насущной проблемой цивилизации является нехватка энергетических ресурсов, обусловленная интенсивной эксплуатацией месторождений невозобновляемых энергоносителей. В свете этого необходимость перехода энергетики на возобновляемое сырье, использование продуктов жизнедеятельности живых организмов и их биомассы является очевидной. Она привела к появлению значительного количества работ, посвященных переработке биомассы, в частности получению горючего биогаза в результате природного процесса, именуемого метаногенезом. Метаногенез рассмотрен с разных позиций (особенности и состав метаногенной микрофлоры, метаболический путь и условия протекания процесса, выход и состав газа, применение и технология производства, включая перспективы дальнейшего развития, а также экологические аспекты).

At present, the pressing problem of civilization is the lack of energy resources, caused by the intensive exploitation of deposits of non-renewable energy sources. In light of this, the need for energy to switch to renewable raw materials, the use of the products of vital activity of living organisms and their biomass is obvious. It led to the emergence of a significant amount of work on the processing of biomass, in particular the production of combustible biogas as a result of a natural process called methanogenesis. Methanogenesis is considered from different perspectives (features and composition of methanogenic microflora, metabolic pathway and process conditions, gas yield and composition, application and production technology, including prospects for further development, and environmental aspects).

Ключевые слова: сточные воды, метаногенез, безотходная технология, метан, анаэробная микрофлора, парниковые газы, утилизация отходов, экология, энергетика, ферментация.

Keywords: sewage, methanogenesis, wasteless technology, methane, anaerobic microflora, greenhouse gases, waste utilization, ecology, energy, fermentation.