
ЗНАЧЕНИЕ БОНИТЕТА УСЛОВИЙ МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЯ БЕРЕЗЫ В ЭКОЛОГИИ *INONOTUS OBLIQUUS* (PERS.) PIL.

М.Э. Баландайкин

Ульяновский государственный университет
ул. Льва Толстого, 42, Ульяновск, Россия, 432017

Устанавливается специфика влияние классов бонитета *Betula pendula* Roth. на степень встречаемости в формируемых ею насаждениях патологического агента *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil.

Ключевые слова: *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil., *Betula pendula* Roth., бонитет.

Транскортикальный патоген *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil. поражает живые деревья березы (преимущественно), ольхи, реже — рябины, бука, ильмовых и некоторых других лиственных пород [7]. Лигнинразрушающий гриб вырабатывает оксидазы для разложения целлюлозы и лигнина и, проявляя тенденцию к специализации [9], вызывает активно развивающуюся коррозионно-деструктивную гниль сердцевины ствола дерева [5—7]. В научной литературе имеется достаточно сведений, касающихся определения фитосанитарного состояния лесных массивов, содержащих в своем видовом составе березу [2; 4; 14; 18] либо ольху черную или клейкую (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) [22], которые инфицированы косотрубчатым трутовиком, как неблагоприятные.

К важнейшим лесообразующим породам не только Ульяновской области, но и России в целом относится береза повислая (*Betula pendula* Roth.) — эврибионт-лесообразователь с широким ареалом биогеопроецирования таксона.

Как известно, главную роль в жизни леса играют условия произрастания. Поэтому в настоящей работе подлежали исследованию березовые насаждения различных классов бонитета с точки зрения поражаемости их инфекционным началом *I. obliquus*.

Испытания проводились в трех лесничествах Ульяновской области (Барышском, Вешкаймском и Ульяновском), в полной мере отражающих специфику природных условий региона в целом.

Экспериментальная часть

На первом этапе исследований по материалам лесоустройства выделялись наиболее распространенные в изучаемом регионе элементы таксационных признаков насаждений и проводилось рекогносцировочное обследование древостоев березы Барышского, Вешкаймского и Ульяновского лесничеств области с целью подбора мест для натурального оформления пробных площадей.

Эксперимент, направленный на выявление закономерности, определяющей характер встречаемости *I. obliquus* в лесах в зависимости от их бонитета, проводился на безразмерных пробных площадях по 1000 деревьев. Объем работ диф-

ференцировался по трем лесничествам области пропорционально доле участия классов условий местопроизрастания насаждений отдельных лесничеств в общей совокупной структуре рассматриваемого таксационного показателя.

Определение степени участия данного таксационного признака в распространении трутовика скошенного осуществлялось при относительной однородности прочих показателей в весенне-летний период. Исследования проводились по семь раз.

Таксация насаждений осуществлялась глазомерным и глазомерно-измерительными способами, обеспечивающими установленную Лесоустроительной инструкцией 2008 г. нормативную точность определения таксационных показателей лесов, по стандартным методикам, изложенным в [1; 12]. Пробные площади закладывались с соблюдением ОСТа 56-69-83 «Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки» [16].

Для бонитировки насаждений использовалась шкала классов бонитета, предложенная в 1911 г. М.М. Орловым в качестве единого стандарта для всех пород с учетом происхождения насаждений [20], действующая и в настоящее время в качестве норматива. В соответствии с данной шкалой различия в условиях произрастания леса характеризуются несколькими классами бонитета, обозначаемыми порядковыми номерами: I класс означает лучшие условия произрастания леса, а последующие — их постепенное ухудшение [1]. Позднее, когда в природе были найдены насаждения, по высоте выходящие за пределы шкалы, она была дополнена номерами Ia, Ib и Va, Vб [20].

Класс бонитета определялся по среднему возрасту и средней высоте основного элемента леса [12].

Так как в настоящем эксперименте число результатов измерений $n \leq 15$, их принадлежность к нормальному распределению не проверялась [17]. Статистическая обработка данных осуществлялась методом попарных сравнений, который допускает проведение математического анализа сравниваемых выборок по параметрам нормального распределения либо распределения Стьюдента в разнообразных исследованиях благодаря возможности сопоставления пар измерений [21].

В биологических исследованиях зачастую считается достаточным 5%-ный уровень значимости (вероятность ошибочной оценки $P = 0,05$) [10]. Именно поэтому здесь он и применялся.

Средняя квадратичная ошибка различий, наблюдаемых между парными вариантами, определялась как

$$m_d = \sqrt{\frac{\left(\frac{\sum d^2}{n} - D^2 \right)}{n-1}},$$

где d — разница между парными значениями сравниваемых величин; D — разница между средними величинами сравниваемых совокупностей.

Критерий достоверности рассчитывался по формуле $t = D/m_d$.

Обсуждение результатов и выводы

В рассматриваемых лесничествах Ульяновской области для березовых древостоев были выделены наиболее распространенные классы бонитета — Ia, I, II, III и V. IV класс для анализа не представлен, поскольку его совокупная доля участия в общей структуре таксационного показателя в среднем не превышала 0,23%. Таким образом, отсутствует одно звено из единого непрерывного интервала бонитировочной шкалы. Преобладающим является II класс, чья интегральная площадь по массиву березы — 73,04%, далее следовал I класс (около 20,1%). Площадь Ia, III и V классов в сумме едва превысила порог в 5%. Таким образом, ярко выражено преобладание высокобонитетных насаждений березы на обследуемой территории, т.е. в подавляющем большинстве случаев для березняков характерно высокое качество условий их произрастания, определяемое большей частью характером почвы (структура, химический состав, содержание гумуса, степень увлажнения, мощность почвенного слоя).

Полученная информация по выявлению возбудителя в насаждениях различного бонитета их условий местопроизрастания представлена в таблице.

Таблица

Встречаемость *I. obliquus* в насаждениях, отличающихся по бонитету, шт./1 тыс. деревьев

№ п/п	Класс бонитета				
	Ia	I	II	III	V
1	0	0	0	0	1
2	0	0	1	0	1
3	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	1
5	1	1	0	0	0
6	0	0	0	2	0
7	0	0	0	0	0
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	0,14 ± 0,14	0,14 ± 0,14	0,29 ± 0,18	0,29 ± 0,29	0,43 ± 0,20
<i>s</i>	0,38	0,38	0,49	0,76	0,53
\bar{x} , %	33,33	33,33	67	67	100
<i>D</i>	0,29	0,29	0,14	0,14	—
<i>D</i> ²	0,08	0,08	0,02	0,02	—
$\sum d^2$	4	4	1	7	—
<i>m_d</i>	0,29	0,29	0,14	0,40	—
<i>t</i>	1	1	1	0,35	—

Наблюдаемые различия частоты встречаемости скошенного трутовика в древостоях, сформировавшихся под воздействием условий различной степени доброкачественности, недостоверны, так как наибольшее экспериментальное значение *t* все равно ниже $t_{кр} = 2,45$ (0,05; 6). С учетом поправки Бонферрони абсолютный уровень значимости составит 0,005 (0,5%) при совокупном вычислении *t*-критерия и 0,0083 (0,8%) при сопоставлении одной условно контрольной выборки (V класса бонитета) со всеми остальными. Для трех первых выборочных совокупностей (Ia, I и II классы бонитета) расчетное $t = 1,00$, поскольку по от-

дельности равны их разности средних арифметических двух совокупностей, одна из которых константа (V класса бонитета), и средние квадратичные ошибки различий, наблюдаемые между парными вариантами.

Однако неопровержение H_0 -гипотезы еще нельзя рассматривать как доказательство равенства между неизвестными параметрами совокупностей, из которых извлечены сравниваемые выборки. В таких случаях вопрос о преимуществе одной статистической совокупности перед другой остается открытым. Ведь не исключено, что при повторных испытаниях H_0 -гипотеза может оказаться несостоятельной. Более того, и в тех случаях, когда H_0 -гипотеза опровергается, не следует спешить с окончательным выводом [10].

Таким образом, частота встречаемости *I. obliquus* несколько возрастает с увеличением цифры класса бонитета (предположительно прямая линейная зависимость). Если в Ia и I классах она составляет $0,14 \pm 0,14$ шт/1000 экземпляров деревьев (33,33% от V класса бонитета), то во вторых двух представленных (II и III) соответственно — $0,29 \pm 0,18$ и $0,29 \pm 0,29$ шт/1000 экземпляров деревьев (67% от V класса бонитета), а в насаждениях V класса уже возрастает до $0,43 \pm 0,20$ шт/1000 экземпляров деревьев. Здесь при стремлении к объяснению причин подобного поведения патогена по мере увеличения единицы бонитировочной шкалы может быть несколько подходов.

1. Понятие «бонитет насаждения» прежде всего определяет продуктивность леса, а она, как известно, во многом зависит от эдафических условий его роста. Поэтому долгое время в США и других высокоразвитых странах большое внимание уделялось исследованию эдафических характеристик с целью обнаружения их влияния на рост деревьев как важнейшего фактора окружающей среды, служащего в качестве надежного показателя бонитета насаждений. Из многочисленных абиотических факторов именно в почве находит свое отображение вся история развития конкретной территории. К тому же установление бонитета насаждения в зависимости от характеристики почвы имеет несколько преимуществ. Почва сравнительно стабильна и изменяется медленно. Бонитет может быть найден в зависимости от характеристики почвы независимо от наличия или отсутствия древостоя [1].

От почвы, помимо продуктивности, зависит также породный состав леса, его структура, долговечность и качество древесины [3]. На богатых почвах формируются широкие годичные слои, такая древесина имеет небольшую плотность, подвержена значительным деформациям, неустойчива к гниению. На сухих и заболоченных бедных почвах формируется древесина, обладающая высокой плотностью и прочностью. У хвойных пород при худших условиях произрастания образуется более плотная древесина. Для лиственных пород (береза, осина) на северо-западе европейской части страны наблюдается тенденция к увеличению плотности с улучшением почвенных условий [19].

Строение корневой системы древесных пород также зависит от почвенных характеристик. На богатых, хорошо дренированных почвах формируется глубокая корневая система, на переувлажненных почвах, на почвах с преобладанием тяжелых суглинков корневая система деревьев независимо от породы поверхностная.

Необходимо отметить, что хотя береза и отличается хорошо развитой разветвленной и пластичной корневой системой без стержневого корня, обуславливающей ее сравнительно меньшую по отношению ко многим другим древесным породам инерцию адаптационных процессов, порой позволяющую березнякам нивелировать влияние отдельных факторов среды, это не отменяет действие основных естественных (исторических) законов природы. Площадь распространения корней (проекция корней) деревьев в средних условиях значительно больше площади их крон (3—5 радиусов кроны) [15]. Поэтому оценка направления конкуренции корневых систем за эдафические условия вносит существенный вклад не только в интерпретацию настоящих результатов эксперимента, но и в окончательные итоги многих других исследований, посвященных биоэкологическим аспектам жизнедеятельности древесных пород. Следует иметь в виду, что более высокий класс бонитета обычно свойственен древостою в молодом возрасте. Снижение класса бонитета с возрастом обуславливается прежде всего особенностями почвенного профиля, глубиной корнеобитаемого слоя, который обычно определяется подстилающими слоями (щебень, известняк), степенью сомкнутости и так далее [11].

Необходимо принимать во внимание и то, что взаимоотношение между ростом деревьев в лесу и окружающей средой вообще довольно трудно измерить. Факторы, определяющие бонитет и сами растения, взаимодействуют и взаимозависимы, все это затрудняет выявление причинных связей. Бетрам Хуш (1963) указывает на то, что нельзя изучать изолированно отдельные факторы бонитета. В противном случае взаимозависимость может быть неопознанной [1].

2. Степень добротности условий местопроизрастания влияет на активность протекания физиологических процессов у растений, обуславливающих направление их врожденного иммунитета. Так, активный (специфический) иммунитет усиливает свое действие против инфекции с увеличением интенсивности биохимических реакций дерева в связи с более благоприятными факторами внешней среды. Как уже было сказано, механический состав почвы определяет многие характеристики не только насаждений, но и древесины: анатомо-морфологические особенности, набор особых химических веществ определенной концентрации в тканях и физиологические свойства, препятствующие внедрению и развитию патогена, которым предопределяется воздействие пассивного (неспецифического) иммунитета. Например, с ухудшением условий существования деревьев у последних образуется более плотная древесина и тем самым снижается вероятность риска развития на них патологического агента. Данное обстоятельство подтверждается и литературными данными. Условия произрастания играют большую роль в поражаемости деревьев грибами-трутовиками, так, растущие в горах деревья реже поражаются трутовиками, потому что древесина у них более плотная (вследствие ухудшения условий роста растений по мере продвижения биотопов к вершинам) [8].

Однако в источнике [18] описана прямо противоположная картина — при подъеме в горы (Саяны) количество деревьев, пораженных чагой, не уменьша-

ется, а наоборот, увеличивается. Подобное может объясняться различной долей участия рассмотренных выше факторов на разных территориях. Например, в Барышском, Вешкаймском и Ульяновском лесничествах Ульяновской области улучшение условий местопроизрастания березовых насаждений приводит скорее к большему повышению уровня активного иммунитета, нежели их ухудшение к увеличению действия пассивного в результате формирования упрочненной структуры древесных волокон. Определенное значение имеет биология древесной породы. Береза малотребовательна к почве (олиготроф), поэтому конкуренция корневых систем у нее не такая жесткая, как у многих других видов, что сказывается и на меньшей степени расstroенности ее низкобонитетных древостоев. Нельзя также забывать и о таких факторах, которые влияют на формирование биоэкологической специфичности возбудителя и уникальности растения-хозяина (в том числе на концентрацию и синтез химических соединений — антиоксидантов), особенностей природных условий региона в совокупности и др. А если учесть, что лиственные породы, произрастающие на территории, располагающейся ниже северо-запада европейской части страны, имеют такую же тенденцию к увеличению плотности древесины с улучшением почвенных условий в противовес хвойным [19], как и их виды с северного ареала, то тем более становится понятным именно такой характер распространения *I. obliquus* в березовых древостоях Ульяновского региона разреза классов бонитета. Последнее (в случае подтверждения гипотезы) в итоге неизбежно приведет исследователей к различным результатам по встречаемости патогенов в лесах отличающихся формаций.

С учетом всего вышеизложенного был проведен корреляционно-регрессионный анализ на регрессор класса бонитета и отклик — частоту встречаемости *I. obliquus*.

С коэффициентом корреляции $r = 0,96$ находит свое подтверждение предположение касательно наличия в постулируемом уравнении регрессии прямой сильной взаимосвязи класса бонитета условий местопроизрастания березы и встречаемости косотрубчатого трутовика (поскольку коэффициент r близок к 1 и $0,75 \leq r \leq 1,00$ [13]).

Оценка достоверности линейного коэффициента корреляции и значимости коэффициента регрессии оказалась положительной — рассчитанный t -критерий Стьюдента $t_{\text{набл}} = 6,05$, что превышает $t_{\text{кр}} = 3,18$ (0,05, 3). Вид уравнения прямой взаимосвязи между объясняемой переменной Y (частотой встречаемости *I. obliquus* в насаждениях) и объясняющей переменной X (их классом бонитета) показан на рисунке.

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,92$ в этом случае также показателен и указывает на достаточно высокое качество построенной модели — уравнением регрессии не учитывается лишь менее 8% остаточных факторов.

Заключение о достоверности всего однофакторного регрессионного уравнения и величины достоверности аппроксимации позволяет сделать F -критерий, экспериментальное значение которого 36,59 превосходит как критическое 10,13 (0,05, 1, 3), так и табличное 34,1 (0,01, 1, 3).

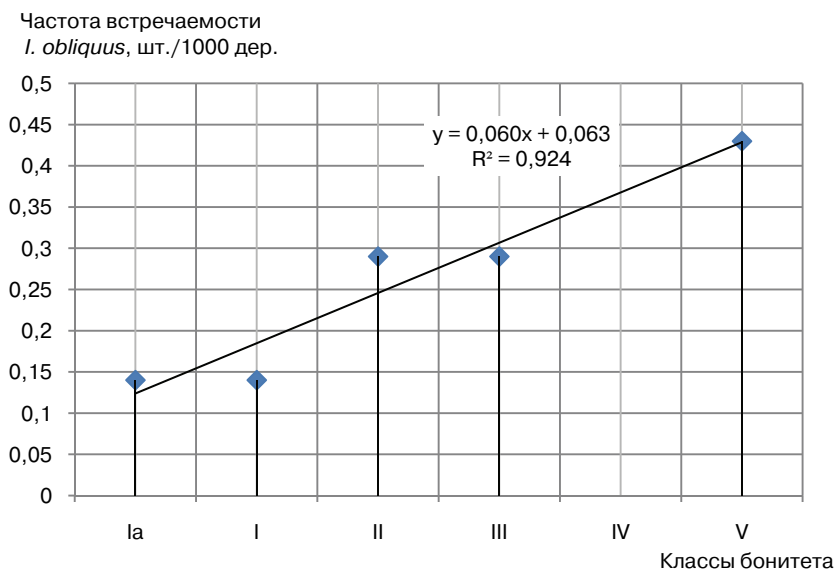


Рис. 1. Модель зависимости встречаемости *I. obliquus* от класса бонитета леса

Таким образом, парный корреляционно-регрессионный анализ позволил получить адекватную аналитическую форму взаимосвязи между частотой встречаемости *I. obliquus* в насаждениях и их классом бонитета. Однако в процессе статистического анализа необходимо учитывать, что результативный признак подвержен влиянию не только независимых переменных, но и неучтенных или случайных факторов, а также присутствию неизбежных ошибок измерения переменных величин при сборе и регистрации исходных данных.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Анучин Н.П.* Лесная таксация: Учебник для вузов. — 5-е изд., доп. — М.: Лесн. промышленность, 1982.
- [2] *Арковенко Е.А.* Санитарное состояние древостоев Лисинского учебно-опытного лесхоза // Сб. материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых «Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка», проходившей 15—16 ноября 2006 г. в Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии / Под общ. ред. А.А. Егорова. — СПб.: СПбГЛТА. — 2007. — С. 45—47.
- [3] *Атрохин В.Г.* Лесоводство и дендрология: Учебник для техникумов. — М.: Лесн. промышленность, 1982.
- [4] *Барсукова Т.Н., Мамедова О.В.* Ксилопаразитные трутовые грибы на территории Звенигородской биологической станции // Труды Звенигородской биологической станции. — Т. 3. — М.: Логос, 2001. — С. 100—105.
- [5] *Бондарцев А.С.* Трутовые грибы европейской части СССР и Кавказа. — М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1953.
- [6] *Бондарцева М.А., Пармасто Э.Х.* Определитель грибов СССР: Порядок афиллофоровые; Вып. 1: Семейства гименохетовые, лахнокладиевые, кониофоровые, щелелистниковые. — Л.: Наука, 1986.
- [7] *Вакин А.Т., Полуляринов О.И., Соловьев В.А.* Альбом пороков древесины. — М.: Лесная промышленность, 1969.

- [8] Гриб чага против 100 болезней / Ред.-сост. Е.М. Сбитнева. — М.: РИПОЛ КЛАССИК, 2009.
- [9] Жизнь растений. В 6 т. / Гл. ред. А.А. Федоров Т. 2: Грибы / Под ред. М.В. Горленко. — М.: Просвещение, 1976. — С. 234—242.
- [10] *Лакин Г.Ф.* Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1990.
- [11] Лесной план Ульяновской области: [утвержден распоряжением Губернатора Ульяновской области от 30.12.2008 г. № 858-р]. — Ульяновск, 2008.
- [12] Лесостроительная инструкция: [утверждена Приказом МПР России от 06.02.2008 г. № 31]. — М., 2008.
- [13] *Лялин В.С., Зверева И.Г., Никифорова Н.Г.* Статистика: теория и практика в Excel: Учеб. пособие. — М.: Финансы и статистика, 2010.
- [14] *Музыка С.М.* Макроскопические грибы в мониторинге окружающей природной среды северных районов Иркутской области // Хвойные бореальной зоны. — 2009. — № 1. — С. 126—131.
- [15] *Мартынов А.Н.* [и др.]. Основы лесного хозяйства и таксация леса: Учебное пособие для студентов направления 250300 «Технология и оборудование лесозаготовительного и деревообрабатывающего производств» и специальности 120303 «Городской кадастр». — СПб.: Лань, 2008.
- [16] Пробные площади лесостроительные. Метод закладки. ОСТ 56-69-83. — Утвержден и введен в действие приказом Государственного комитета СССР по лесному хозяйству от 23 мая 1983 г., № 72.
- [17] Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов измерений: ГОСТ 8.207-76. — Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 15 марта 1976 г. № 619 утвержден и введен в действие с 01.01.77.
- [18] *Синадский Ю.В.* Береза. Ее вредители и болезни. — М.: Наука, 1973.
- [19] *Уголев Б.Н.* Древесиноведение и лесное товароведение: Учебник для сред. проф. образования. — 2-е изд., стер. — М.: Академия, 2006.
- [20] *Ушаков А.И.* Лесная таксация и лесоустройство: Учеб. пособие. — М.: Издательство МГУЛ, 1997.
- [21] *Чупахина Г.Н.* Физиологические и биохимические методы анализа растений: Практикум. — Калининград: Калинингр. ун-т, 2000.
- [22] *Schumacher J., Heydeck P., Roloff A.* Lignicole Pilze an Schwarz Erle (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) — welche Arten sind bedeutsame Fäuleerreger? // Forstw. Cbl. — Berlin.: Blackwell Wissenschafts-Verlag. — 2001. — № 120. — P. 8—17.

VALUE OF THE QUALITY OF LOCALITY OF THE BIRCH IN ECOLOGY *INONOTUS OBLIQUUS* (PERS.) PIL.

M.E. Balandaykin

Ulyanovsk State University
Lev Tolstoy str., 42, Ulyanovsk, Russia, 432017

Specificity influence of yield class *Betula pendula* Roth. on occurrence degree in plantations of pathological agent *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil. is positioned.

Key words: *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil., *Betula pendula* Roth., growth class.