

ОРИГИНАЛЬНЫЕ
СТАТЬИ

УДК 630*443:582.632.1(571.51)

ЭКОЛОГО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БЕРЕЗНЯКОВ
НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОЙ ГРУППЫ РАЙОНОВ

© 2015 г. А. И. Татаринцев¹, Л. Н. Скрипальщикова²

¹ Сибирский государственный технологический университет
660049, Красноярск, просп. Мира, 82

² Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

E-mail: lespat@mail.ru, lara@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 03.12.2014 г.

По данным проведенного обследования санитарное и жизненное состояние насаждений *Betula pendula* Roth. в лесах Красноярской группы районов (южная часть Средней Сибири) в целом оценивается как удовлетворительное, но около половины из тех, что приближены к урботерриториям, являются ослабленными. Состояние насаждений достоверно ухудшается с повышением рекреационной нагрузки, влияние техногенного загрязнения незначительное. Среди выявленных на березе представителей патогенной биоты наиболее значимы возбудители некрозно-раковых и гнилевых болезней. В березняках обнаружено повсеместное распространение бактериальной водянки (возбудитель *Erwinia multivora* Scz.-Parf.), распространенность болезни – от единичных больных деревьев до очагового поражения (10–38 %). В большей степени поражены березняки в таежных лесах в сравнении с лесостепью и высокобонитетные насаждения, произрастающие на влажных почвах. Распространенность бактериоза нарастает с повышением возраста и полноты древостоев и не зависит от уровня рекреационной нагрузки. Пораженные водянкой деревья являются фактическим или потенциальным отпадом. В таежных березняках поражение и загнивание корней вызывает опенок осенний (*Armillaria mellea sensu lato*), что приводит к единичному, реже групповому усыханию деревьев. Гриб обычно элиминирует предварительно ослабленные экземпляры. В деструкции древесной биомассы участвует комплекс афиллофороидных гименомицетов, полупаразитные представители которых вызывают развитие стволовой гнили, понижающей товарность древостоев и приводящей к накоплению гнилевого ветролома. Распространенность гнили достоверно выше в порослевых березняках – до 20 % и более. Связи пораженности гнилью с таксационными показателями древостоев не установлено.

Ключевые слова: березняки, состояние насаждений, рекреационная нагрузка, техногенное загрязнение, патогенные консорты, бактериальная водянка, гнилевые болезни.

DOI: 10.15372/SJFS20150201

ВВЕДЕНИЕ

Красноярский край занимает значительную часть западной территории Средней Сибири (Средняя Сибирь, 1964). Рассматриваемый регион относится к числу наиболее богатых лесными ресурсами. На начало 2014 г. лесом в крае была покрыта территория в

105.1 млн га, при этом 14.3 % покрытой лесом площади приходилось на насаждения с преобладанием березы (в основном *Betula pendula* Roth.), которые уступали только лиственничникам (Государственный доклад..., 2014). Увеличение площадей березняков в последние десятилетия происходит вследствие формирования производных насаждений

на многочисленных вырубках и гарях в хвойных таежных и подтаежных лесах. Коренные березняки на территории края характерны для южной полосы подтаежных ландшафтов Западно-Сибирской равнины, а также для лесостепных ландшафтов, где они встречаются в виде перелесков и колков (Ильина, 1982; Чеха, Шапарев, 2004). Наиболее распространены березовые насаждения в южной части Красноярского края. Так, в лесничествах Красноярской группы районов березняки занимают 17–53 % от общей площади покрытых лесом земель (Татаринцев, 2014). Здесь они продуцируют на фоне разного уровня антропогенных воздействий (рекреационная и пастбищная нагрузка, техногенное загрязнение), в определенной степени влияющих на их состояние. Наибольший антропогенный стресс испытывают насаждения, примыкающие к г. Красноярску. Оценка состояния пригородных березняков по разным аспектам дана нами раньше в ряде публикаций (Экологическое состояние..., 2009; Стасова и др., 2011, 2013; Скрипальщикова и др., 2012а, б; Татаринцев, 2014). Цель данной работы – дать комплексную эколого-фитопатологическую оценку березовым насаждениям, произрастающим на обширной территории, прилегающей к Красноярску. В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи: оценить санитарное и жизненное состояние березняков с учетом лесорастительных условий; изучить влияние на состояние пригородных насаждений техногенного загрязнения и рекреационной нагрузки; выявить патогенные консорты на березе и эколого-ценотические особенности пораженности березняков основными болезнями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в березовых насаждениях на территории шести лесничеств, приближенных к Красноярску: Красноярского, Мининского, Маганского, Емельяновского, Большемуртинского и Балахтинского. Согласно лесорастительному районированию (Коротков, 1994), изучаемые насаждения располагаются в границах пояса подта-

ежных сосновых, горно-таежных кедровых лесов Восточно-Саянской лесорастительной провинции (ЛП) Алтае-Саянской горной лесорастительной области (ЛО) и лесостепной зоны Канско-Красноярско-Бирюсинской ЛП Средне-Сибирской плоскогорной ЛО.

Использовали данные детального обследования, выполненного по существующим методикам (Мозолевская и др., 1984; Руководство..., 2007) на 31 пробной площади (ПП), заложенной в наиболее характерных березняках разно- и крупнотравной групп типов леса, в том числе 16 ПП – в таежных лесах, 15 ПП – в лесостепной зоне. Обследованием охвачены древостои разного возраста (45–100 лет), полноты (0.5–0.8) и бонитета (I–IV), различающиеся по эдафическим условиям (гигрогенный ряд – свежие, влажные). По составу представлены как чистые березняки, так и с примесью (в сумме до 1–4 единиц) сосны, осины, лиственницы, реже ели, пихты. В таежном поясе древостои смешанного (семенного, порослевого) происхождения, в лесостепной зоне преобладают порослевые березняки.

На каждой ПП вели сплошной пересчет деревьев по ступеням толщины и категориям состояния. Последние представляют интегральную оценку состояния деревьев по комплексу визуальных признаков (густоте и цвету кроны, наличию и доле усохших ветвей, состоянию коры и др.): 1 – без признаков ослабления; 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие; 5 – сухостой, в том числе текущего года и прошлых лет (Руководство..., 2007). Диагностику инфекционных болезней осуществляли по анатомо-морфологическим нарушениям у деревьев, морфологическим и репродуктивным образованиям возбудителей, руководствуясь специальной литературой (Щербин-Парфененко, 1963; Журавлев и др., 1979; Кузьмичев и др., 2004; Гниненко, Жуков, 2006; Томошевич, 2012). Для определения (по базидиомам) ксилотрофных грибов на березе, включая деструкторов древесного опада (опада), дополнительно использовали определители Л. В. Любарского, Л. Н. Васильевой (1975) и Т. Ниемеля (2001). Современные латинские названия видовых таксонов грибов приведе-

ны в соответствии с публикацией СABI «Index Fungorum» (<http://www.speciesfungorum.org>).

Уровень рекреационных нагрузок на березняки оценивали согласно ОСТ 56-100-95 и рекомендациям Н. С. Казанской, В. В. Ланиной, Н. Н. Марфенина (1977) по пяти стадиям дигрессии лесных насаждений (в исследованных насаждениях дигрессия не превышала IV стадии). Стадии выделялись в зависимости от отношения площади, вытоптанной до минерального горизонта поверхности почвенного покрова, к общей площади обследуемого участка: I стадия дигрессии – ненарушенная лесная подстилка, полный набор характерных для данного типа леса травянистых видов, незначительные тропы, занимающие до 5 % площади; II – лесные тропы занимают 5–10 % площади, начинается вытаптывание подстилки и проникновение опушечных видов под полог; III – выбитые участки занимают 10–15 % всей площади, мощность подстилки уменьшается, начинается внедрение луговых и сорных видов под полог леса; IV – чередование подроста и подлеска, ограниченных полянами и тропинками, на полянах полностью разрушается подстилка, разрастаются луговые травы, выбитые участки занимают 15–25 % площади.

В качестве показателей техногенной нагрузки на пригородные березняки использовали количество пыли и содержание общего фтора (как наиболее фитотоксичного элемента) на единицу зеленой биомассы деревьев. Они установлены для насаждений (по пяти средним модельным деревьям) на пяти ПП в лесостепной зоне, разноудаленных от основных источников промышленного загрязнения в городе (КрАЗ, ТЭЦ-3, промышленные и теплоэнергетические предприятия правобережной части). Аккумуляцию пыли определяли по Ж. Детри (1973), накопление фтора – химическими методами с использованием гостированных методик (Методические указания..., 1995).

Состояние березняков на ПП (в том числе в части пораженных гнилевыми и некрозно-раковыми болезнями) оценивали по материалам лесопатологической таксации через средневзвешенный индекс состояния (Руко-

водство..., 2007), который рассчитывали по формуле

$$K_{cp} = (P_1 K_1 + P_2 K_2 + P_3 K_3 + P_4 K_4 + P_5 K_5) / 100,$$

где P_i – доля каждой категории состояния, % от запаса; K_i – индекс категории состояния дерева.

При $K_{cp} \leq 1.5$ насаждение относится к здоровым; $1.5 < K_{cp} \leq 2.5$ – к ослабленным; $2.5 < K_{cp} \leq 3.5$ – к сильно ослабленным; $3.5 < K_{cp} \leq 4.5$ – к усыхающим; $K_{cp} > 4.5$ – к погибшим.

Дополнительно определяли жизненное состояние древостоев по методике В. А. Алексеева (1989) путем расчета показателя L , %:

$$L = (100 A_1 + 70 A_2 + 40 A_3 + 5 A_4) / \sum A,$$

где A_1, A_2, A_3, A_4 – запас соответственно здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и усыхающих деревьев, m^3 ; $\sum A$ – общий запас деревьев на пробной площади, m^3 .

При показателе L 100–80 % жизненное состояние древостоя оценивается как «здоровое», 79–50 % – древостой считается поврежденным (ослабленным), 49–20 % – сильно поврежденным (сильно ослабленным), при 19 % и ниже – полностью разрушенным.

Распространенность болезней (пораженность насаждений) определяли как долю (%) пораженных деревьев от всего объема (шт.) выборочной совокупности.

Обработку и анализ полученных данных осуществляли с использованием пакета анализа Microsoft Excel 2010 и пакета программ STATISTICA 64.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам проведенного обследования санитарное и жизненное состояние березняков в районе исследований в целом характеризуется как удовлетворительное (табл. 1): среднее значение индекса состояния – 1.58, показателя жизненного состояния – 83 %. Насаждения относятся к I (жизнеспособные) – II (с нарушенной жизнеспособностью) классам биологической устойчивости. В последнем случае степень нарушения устойчивости слабая – текущий отпад по запасу не превышает 10 %. Тем не менее березняки приблизительно на половине площадей представлены ослаблен-

Таблица 1. Оценка состояния березняков

Индекс состояния $K_{\text{ср}}$		Показатель жизненного состояния L , %	
$M \pm m^*$	min-max^{**}	$M \pm m$	min-max
<i>Таежные леса</i>			
1.61±0.06	1.3–2.0	82.0±1.7	69.9–92.4
<i>Лесостепь</i>			
1.54±0.04	1.3–1.8	84.1±1.0	77.4–90.4
<i>По всему массиву</i>			
1.58±0.03	1.3–2.0	83.0±1.0	69.9–92.4

Примечание. Здесь и далее в таблицах * – среднее значение со стандартной ошибкой; ** – крайние значения.

ными древостоями с индексом состояния 1.6–2.0.

Несмотря на несколько лучшие средние показатели состояния у лесостепных березняков, статистически достоверных различий (на основе двухвыборочного t -теста для средних) в состоянии насаждений двух лесорастительных зон не установлено: по средневзвешенному индексу состояния $K_{\text{ср}} - t_{\text{факт}} (1.07) < t_{0.05} (2.06)$; по показателю жизненного состояния $L - t_{\text{факт}} (1.03) < t_{0.05} (2.06)$.

Негативное влияние на состояние лесных насаждений может оказывать комплекс сопряженных факторов как эндогенной, так и экзогенной природы. К первым относятся различные представители лесного сообщества, в том числе животные-фитофаги, фитопатогенные организмы, вызывающие инфекционные заболевания древесных растений. Сюда можно отнести и антагонистические взаимоотношения (обычно конкурентные) между представителями фитоценоза. Экзогенные факторы – это внешние лимитирующие факторы природного и антропогенного происхождения.

Возможное ухудшение состояния лесных фитоценозов, функционирующих на относительно чистом фоне, большей частью обусловлено указанными эндогенными и природными экзогенными факторами. Насаждения, примыкающие к крупным промышленным городам, находятся на фоне значительного и хронического действия антропогенных факторов. Последние непосредственно дестабилизируют состояние лесных ценозов и нередко являются причиной их деградации, а также изменяют характер консортивных связей в сообществах, где ядром выступают породы-эдификаторы.

Исследуемые березняки произрастают в пределах антропогенно освоенной территории, в связи с чем значительная их часть, как отмечено ранее, испытывает рекреационные нагрузки, часто в сочетании с техногенными. Степень воздействия этих факторов на насаждения зависит от расположения насаждений относительно населенных пунктов, промышленных зон и автомагистралей. Среди представленных в настоящей работе объек-

Таблица 2. Техногенная нагрузка и состояние пригородных березняков

№ ПП	Источники загрязнения	Техногенная нагрузка		Показатели санитарного состояния древостоев		
		Техногенная пыль, г/кг абс. сух. массы	Общий фтор в смытых листьях, мг/кг	Сильно ослабленные деревья, % от запаса	Отпад (усыхающие деревья, сухостой), % от запаса	Индекс состояния $K_{\text{ср}}$
28	ТЭЦ-3, КрАЗ	4.8	21.9	10.1	6.7	1.6
29	ТЭЦ-3, КрАЗ	7.9	22.0	5.5	11.9	1.4
30	ТЭЦ-3, КрАЗ	8.2	36.0	6.2	6.3	1.4
31	Предприятия правобережья города	12.0	15.6	8.0	14.2	1.7
23 (контроль)	Вне основного направления выбросов	1.6	8.5	9.2	7.9	1.3

тов наибольшие антропогенные нагрузки, включая хроническое техногенное загрязнение, принимают на себя березняки лесостепной зоны, приближенные к восточной промышленной окраине Красноярска (насаждения между поселками Березовка и Есаулово) при преобладании ветров западных румбов (Экологическое состояние..., 2009). В табл. 2 приведены количественные параметры техногенной нагрузки и состояния древостоев для указанных насаждений (ПП 28–31) и для контрольного насаждения, расположенного на условно чистом фоне рядом с Погорельским бором (около 40 км на север от города).

Как видно, приведенные показатели антропогенного загрязнения пригородных березняков в разы выше в сравнении с таковыми контрольного насаждения. Многолетнее аэротехногенное загрязнение рассматриваемых насаждений в первую очередь влияет на физиолого-биохимические процессы и анатомическое строение тканей деревьев. Установлено, что длительное воздействие промышленных выбросов, содержащих техногенную пыль и токсичные металлы, приводит к снижению годичных приростов ксилемы в стволах *B. pendula*, увеличению числа лучей и сосудов, уменьшению диаметра последних (Стасова и др., 2011, 2013).

По интегральному морфологическому показателю K_{cp} состояние древостоев, подверженных хроническому загрязнению, в среднем несколько хуже контрольных (табл. 2). Однако выполненный дисперсионный анализ с индивидуальным подходом к учетным еди-

ницам (ПП) не выявил в выборочном комплексе значимого влияния техногенной нагрузки на состояние березняков (табл. 3).

Рекреационные нагрузки на лесные экосистемы как следствие различных форм рекреационного лесопользования вполне очевидны для территорий с высокой плотностью населения. Значительный уровень их воздействия обуславливает дигрессию биогеоценозов, в частности фитоценозов. Дигрессия в изучаемых березняках в соответствии с вышеприведенными градациями варьирует от начальных признаков перегрузки насаждений (I стадия) вследствие сезонной добычательской и бивачной рекреации в удаленных от населенных пунктов массивах до критического нарушения (IV стадия) в пригородных лесах. Признаки значительных рекреационных нагрузок и дигрессии проявляются на всех уровнях организации фитоценозов, в том числе в определенном ослаблении древостоев, о чем свидетельствуют средние значения индекса состояния березняков K_{cp} по стадиям рекреационной дигрессии: I стадия – 1.52 ± 0.04 ; II – 1.60 ± 0.11 ; III – IV – 1.69 ± 0.06 . Статистическая значимость влияния рассматриваемого фактора на состояние березняков подтверждена результатами дисперсионного анализа (табл. 4).

Неотъемлемым компонентом лесных биоценозов являются фитопатогенные организмы, среди которых наибольшее значение имеют консорты древесных растений. Инфекционные болезни лесообразующих пород способны стать существенным лимити-

Таблица 3. Результаты однофакторного дисперсионного анализа влияния техногенного загрязнения на состояние березняков

Показатель	Степень влияния, %	F-критерий	p-уровень
Техногенная пыль	0.4	2.14	> 0.05
Общий фтор	0.5	1.64	> 0.05

Таблица 4. Дисперсионный анализ влияния рекреационной нагрузки на состояние березняков

Факторы	Число степеней свободы	Дисперсия (сумма квадратов)	Вариансы (средние квадраты)	Степень влияния, %	F-критерий	p-уровень
Рекреационная нагрузка	3	0.275	0.092	25.1	3.02	0.05
Случайные и ошибки	27	0.819	0.030	74.9		
Все	30	1.094		100		

Таблица 5. Инфекционные болезни в березовых насаждениях

Болезнь	Возбудитель (уровень паразитизма)	Объект поражения	
		Древостой	Подрост
Черная пятнистость листьев	<i>Atopospora betulina</i> (Fr.) Petr. (факультативный сапротроф)	+	+
Темно-коричневая пятнистость листьев	<i>Ophiognomonina intermedia</i> (Rehm) Sogonov (факультативный сапротроф)	+	+
Бурая пятнистость листьев	<i>Cylindrosporium betulae</i> Davis,	+	+
	<i>Marssonina betulae</i> (Lib.) Magnus (факультативные сапротрофы)	–	+
Мучнистая роса листьев	<i>Erysiphe ornate</i> (U. Braun) U. Braun & S. Takam.	–	+
	<i>Phyllactinia guttata</i> (Wallr.) Lev. (облигатные паразиты)	+	+
Пузырчатка (курчавость) листьев	<i>Taphrina betulina</i> Rostr.;	+	+
Бактериальная водянка	<i>T. carnea</i> Johans. (облигатные паразиты)	–	–
	<i>Erwinia multivora</i> Scz.-Parf. (факультативный сапротроф)	+	–
Стволовая гниль	<i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst.;	+	–
	<i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr.;	–	–
	<i>Inonotus obliquus</i> (Ach. ex Pers.) Pilat;	–	–
	<i>Phellinus igniarius</i> (L.) Quel.;	–	–
	<i>Piptoporus betulinus</i> (Bull.) P. Karst. (факультативные сапротрофы, паразиты)	–	–
Корневая гниль	<i>Armillaria mellea</i> sensu lato (факультативный паразит)	+	–

Примечание. «+» – наличие инфекционных патологий, «–» – их отсутствие.

тирующим фактором как на ценопопуляционном, так и на экосистемном уровнях.

Среди инфекционных патологий, выявленных в березняках (табл. 5), значительным разнообразием характеризуются болезни филлосферы, вызываемые микромицетами с разным уровнем паразитизма. Большинство болезней листьев встречаются в насаждениях повсеместно и активно проявляются во второй половине вегетации. Однако их вредоносность незначительна, в ряде случаев они могут ослаблять молодняки, подрост вследствие уменьшения физиологически активной поверхности ассимилирующего аппарата и преждевременной дефолиации растений.

Более значимы представители патогенной биоты, осваивающие древесную фитомассу и вызывающие некрозно-раковые и гнилевые болезни березы. К числу первых относится бактериальная водянка (бактериальный мокрый рак), специфическими симптомами которой являются: насыщение жидкостью и газами древесины ствола и отмирающих тканей луба; появление через трещины в ко-

ре красновато-коричневого экссудата; образование раковых ран с рваными краями; измельчение и дехромация листовой пластинки, изреживание кроны вследствие поражения проводящих структур (Гниненко, Жуков, 2006; Черпаков, 2011; Татаринцев, 2014). Развитие болезни обычно сопровождается появлением на стволах водяных побегов, нередко морозобойных трещин.

В результате обследования установлено повсеместное распространение водянки в березняках рассматриваемой территории (Татаринцев, 2014). При этом масштабы поражения насаждений неравнозначны: от единичных деревьев до возникших и возникающих очагов. Очаговое поражение древостоев (распространенность болезни 10–38 %) зафиксировано на учетных единицах в более чем половине случаев; пораженные деревья не обнаружены только на одной ПП. На поражаемость березняков бактериальной водянкой влияет комплекс факторов, что обуславливает значительное варьирование распространенности болезни ($V > 50\%$). Большей пораженностью характеризуются березняки в таеж-

Таблица 6. Пораженность березняков бактериальной водяной (распространенность болезни), %

Таежные леса		Лесостепь		По всему массиву
$\frac{13.9 \pm 2.1^*}{2.3-38.4^{**}}$		$\frac{8.0 \pm 1.6}{0-20.4}$		$\frac{11.1 \pm 1.4}{0-38.4}$
С учетом увлажнения почв				
Свежие	Влажные	Свежие	Влажные	
$\frac{10.0 \pm 2.0}{2.3-15.7}$	$\frac{16.3 \pm 2.9}{5.5-38.4}$	$\frac{4.6 \pm 1.8}{0-9.8}$	$\frac{10.3 \pm 2.1}{0.6-20.4}$	

Таблица 7. Дисперсионный анализ влияния лесорастительных условий на распространенность бактериальной водянки

Факторы	Число степеней свободы	Дисперсия (сумма квадратов)	Вариансы (средние квадраты)	Степень влияния, %	F-критерий	p-уровень
Лесорастительная зона (А)	1	234.394	234.394	13.1	4.90	0.036
Увлажнение почв (В)	1	264.342	264.342	14.8	5.52	0.026
Взаимодействие (АВ)	1	0.808	0.808	0.1	0.02	0.898
Случайные и ошибки	27	1292.563	47.873	72.0		
Все		1792.107		100.0		

Таблица 8. Корреляция между распространенностью бактериальной водянки (P) и таксационными показателями древостоя

Показатель	P, %	Доля березы в составе	Средний возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Бонитет	Полнота
P, %	1	–	–	–	–	–	–
Доля березы в составе	–0.2970	1	–	–	–	–	–
Средний возраст, лет	0.6754	–0.2919	1	–	–	–	–
Средний диаметр, см	0.6570	–0.2407	0.9142	1	–	–	–
Средняя высота, м	0.6844	–0.3535	0.8656	0.8959	1	–	–
Бонитет	–0.5127	0.2710	–0.4485	–0.5641	–0.8075	1	–
Полнота	0.4429	–0.2752	0.0263	0.0745	0.2235	–0.2398	1

Примечание. Полу жирным выделены значимые коэффициенты корреляции ($p < 0.05$).

ных лесах в сравнении с лесостепью (табл. 6). Усреднение данных о распространенности водянки в рамках лесорастительных зон с учетом степени увлажнения почв позволяет говорить о более интенсивном поражении насаждений на влажных почвах.

Двухфакторный дисперсионный анализ показал значимое влияние ($p < 0.05$) на распространенность болезни обоих показателей лесорастительных условий (лесорастительной зоны, степени увлажнения почв) (табл. 7). Взаимодействие факторов не оказывает влияния на показатель-отклик.

Для изучения связи распространенности водянки с лесоводственно-таксационными показателями березняков выполнен корреляционный анализ (табл. 8). В результате уста-

новлена достоверная прямая связь пораженности березняков болезнью с возрастом, средней высотой, средним диаметром и полнотой древостоев, обратная связь – с классом бонитета. Очевидно, эти зависимости можно объяснить исходя из особенностей биоэкологии возбудителя и патогенеза водянки. С возрастом доля пораженных деревьев в насаждении повышается вследствие накопления инфекции и хронического течения болезни. В то же время более успешная передача бактериальной инфекции и оптимальные микроклиматические условия для развития патогена создаются в высокополнотных насаждениях. При этом в большей степени поражаются водянойкой высокопродуктивные березняки.

В целях получения уравнения зависимости распространенности бактериальной водянки от комплекса таксационных показателей древостоев проведен множественный регрессионный анализ методом пошагового отбора факторов. Итоговое уравнение, включающее наиболее значимые параметры, имеет вид:

$$P = 0.570 A - 1.915 H - 6.745 B + 38.963 Pl,$$

где P – распространенность водянки, %; A – средний возраст древостоя, лет; H – средняя высота древостоя, м; B – класс бонитета; Pl – относительная полнота.

Адекватность уравнения подтверждается следующими показателями: множественный коэффициент корреляции $R = 0.952$; критерий Фишера $F = 65$ ($p < 0.05$).

Влияния рекреационной нагрузки, ослабляющей древостой, на поражение березняков бактериальной водянкой в выборочном комплексе не установлено: связь распространенности болезни с уровнем рекреации характеризуется $R = -0.151$; $p = 0.417$ (> 0.05).

В пределах насаждений отмечается поражение деревьев из разных ступеней толщины пропорционально их представленности (Татаринцев, 2014). При этом большая доля пораженных водянкой экземпляров приходится на средние ступени: средний диаметр деревьев с признаками болезни близок к среднему диаметру древостоя.

В очагах бактериоза основная часть больных деревьев относится к категориям ослабленные и сильно ослабленные, средневзвешенный индекс их состояния 2.18 ± 0.09 (1.6–3.1). Худшим состоянием характеризуются деревья, отстающие в своем развитии (низких классов Крафта), имеющие на стволах значительные некрозы и раковые язвы (некрозно-раковая форма болезни). По материалам обследования не установлено досто-

верной связи санитарного состояния березняков (средневзвешенного индекса состояния) с пораженностью бактериальной водянкой (распространенностью болезни) – $R = 0.295$; $p = 0.107 > 0.05$. Тем не менее, учитывая хронический характер течения патологического процесса, можно ожидать повышения распространения и вредоносности данного бактериоза.

В патологическом усыхании деревьев в березняках принимает участие *Armillaria mellea* s.l. (опенок осенний), вызывающий токсигенное поражение и загнивание древесины корней. Однако в отличие от насаждений хвойных пород на территории Сибири, в которых опенок выступает одной из основных причин куртинного усыхания и даже распада древостоев (Павлов и др., 2007, 2009), в березняках патоген вызывает единичное, реже групповое (в таежных лесах) усыхание деревьев, обычно элиминируя предварительно ослабленные, в том числе водянкой, экземпляры. Очевидно, береза проявляет определенную устойчивость к опенку, подтверждением чему явился один из объектов обследования в подтаежной зоне (ПП 15, Мининское лесничество). В насаждении выявлен очаг корневой гнили (возб. *A. mellea* s.l.), в результате поражения им из состава древостоя практически полностью выпала осина (изменение формулы состава: 5Б4Ос1С → 8Б2С+Ос). Лишь у единичных ослабленных берез в области корневых лап была отмечена инвазия опенка, при этом на момент обследования индекс состояния насаждения $K_{ср}$ составил 1.4, показатель жизненного состояния $L = 88,6$ %.

Результатом деятельности ряда полупаразитных представителей ксиломикокомплекса в березняках является развитие стволовой гнили (см. табл. 5), которая понижает товарность древостоев и приводит к накоплению

Таблица 9. Распространенность стволовой гнили, %

По всему массиву	В березняках разного происхождения		Двухвыборочный t -тест для средних
$\frac{7.8 \pm 0.9^*}{0.7-24.6^{**}}$	Преимущественно семенного	$\frac{5.0 \pm 0.7}{0.7-9.1}$	$t_{факт} (3.33) > t_{0.05} (2.06)$
	Преимущественно порослевого	$\frac{9.8 \pm 1.2}{3.0-24.6}$	

гнилевого ветролома. Проникновение доразрушающих грибов в стволы происходит спорами через поранения (сухобочины, морозобойные трещины, подгары), у порослевых деревьев – мицелиально-комлевым путем из материнского пня. Пораженность березняков стволовой гнилью в среднем не превышает 10 %, но бывает 20 % и более (табл. 9). Распространенность гнили достоверно выше в насаждениях порослевого происхождения (преобладают в лесостепной зоне) в сравнении с семенными березняками, что подтверждается сравнительной оценкой выборочных средних по *t*-критерию и является вполне объяснимым фактом. Несколько выше пораженность насаждений на более влажных почвах. Связи распространенности стволовой гнили с таксационными параметрами древостоев не установлено.

Ксилолиз древесного опада, опада в исследуемых березняках наряду с вышеупомянутыми ксилотрофными грибами осуществляют следующие сапротрофные представители ксиломикокомплекса: *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, *T. hirsuta* (Wulfen) Lloyd, *T. gibbosa* (Pers.) Fr., *Daedaleopsis septentrionalis* (P. Karst.) Niemela, *Trichaptum biforme* (Fr.) Ryvarden, *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat., *Lenzites betulina* (L.) Fr.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории Красноярской группы районов (южная часть Средней Сибири) береза повислая (*Betula pendula* Roth.) – один из основных лесообразователей – представлена производными и в меньшей степени коренными древостоями семенного и порослевого происхождения. Несмотря на относительно удовлетворительное состояние березняков, приблизительно на половине занимаемых ими площадей они ослаблены. К числу основных лимитирующих факторов, определяющих состояние насаждений, относятся антропогенные воздействия и патогенные организмы.

Исследуемые березняки подвержены рекреационным нагрузкам, которые возрастают по мере приближения к населенным пунктам, автомагистралям и обуславливают со-

ответствующий уровень дигрессии насаждений. Последнее проявляется на всех уровнях организации фитоценозов, в том числе в закономерном ослаблении древостоев. Насаждения, приближенные к промзонам урботерриторий, дополнительно испытывают хроническое техногенное загрязнение, влияние которого на состояние березняков незначительно.

Среди выявленных патогенных консортов, ассоциированных с березой, наиболее значимы представители, осваивающие ткани ветвей, стволов и корней. В березняках рассматриваемой территории обнаружено повсеместное распространение бактериальной водянки, масштабы болезни варьируют от поражения единичных деревьев до возникших и возникающих очагов. Наибольшей пораженностью характеризуются березняки в таежных лесах (по сравнению с лесостепью) или высокобонитетные насаждения, произрастающие на богатых влажных почвах. Распространенность бактериоза нарастает с повышением возраста и полноты древостоев и не зависит от уровня рекреационной нагрузки. В пределах фитоценозов при развитии очагов водянки поражаются деревья разного диаметра, пропорционально представленности ступеней толщины. Учитывая отмечаемое повышение распространенности и вредоносности бактериальной водянки, в березняках региона ее следует относить к категории основных патологических факторов и объектов лесопатологического мониторинга.

В освоении древесной фитомассы, накапливаемой в насаждениях, участвует комплекс ксилотрофных грибов, среди которых наряду с типичными деструкторами древесного опада и опада установлены полупаразитные виды, вызывающие гнилевые болезни березы. Токсигенное поражение и загнивание древесины корней вызывает опенок осенний (*Armillaria mellea sensu lato*). Береза проявляет определенную устойчивость к данному патогену, в насаждениях таежной зоны опенок вызывает единичное, реже групповое усыхание деревьев, обычно элиминируя предварительно ослабленные экземпляры. Результатом деятельности ряда

трутовых грибов – раневых паразитов является развитие стволовой гнили, которая понижает товарность древостоев и приводит к накоплению гнилевого ветролома. Распространенность гнили достоверно выше в порослевых березняках, где может достигать 20 % и более; при этом связи пораженности с таксационными показателями древостоев не выявлено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев В. А.* Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // *Лесоведение*. 1989. № 4. С. 51–57.
- Гниненко Ю. И., Жуков А. М.* Научно-методические рекомендации по выявлению очагов и диагностике бактериальной водянки березы. Пушкино: ВНИИЛМ, 2006. 18 с.
- Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2013 год». Красноярск, 2014. 347 с.
- Детри Ж.* Атмосфера должна быть чистой. М.: Прогресс, 1973. 380 с.
- Журавлев И. И., Селиванова Т. Н., Черемиснов Н. А.* Определитель грибных болезней деревьев и кустарников. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 246 с.
- Ильина И. С.* Зональные закономерности растительного покрова Западно-Сибирской равнины // *Изв. ВГО*. 1982. № 5. С. 376–386.
- Казанская Н. С., Ланина В. В., Марфенин Н. Н.* Рекреационные леса. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 96 с.
- Коротков И. А.* Лесорастительное районирование России и республик бывшего СССР // *Углерод в экосистемах лесов и болот России*. Красноярск, 1994. С. 29–47.
- Кузьмичев Е. П., Соколова Э. С., Мозолевская Е. Г.* Болезни древесных растений. Справочник. М.: ВНИИЛМ, 2004. 120 с.
- Любарский Л. В., Васильева Л. Н.* Дереворазрушающие грибы Дальнего Востока. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1975. 218 с.
- Методические указания по ионометрическому определению содержания фтора в растительной продукции, кормах и комбикормах. МСК, ЦИНАО, 1995.
- Мозолевская Е. Г., Катаев О. А., Соколова Э. С.* Методы лесопатологических обследований очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 152 с.
- Ниемеля Т.* Трутовые грибы Финляндии и прилегающей территории России. Хельсинки, 2001. 120 с.
- ОСТ 56-100-95 «Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы». 1995.
- Павлов И. Н., Миронов А. Г., Юшкова Т. Ю.* Активизация патогенных свойств грибов комплекса *Armillaria mellea sensu lato* в хвойных лесах юга Восточной Сибири // *Хвойные бореальной зоны*. 2007. Т. XXIV. № 1. С. 9–20.
- Павлов И. Н., Барабанова О. А., Агеев А. А., Шкуренко А. С., Кулаков С. С., Шпенглер Д. В., Губарев П. В.* Основная причина массового усыхания пихтово-кедровых лесов в горах Восточного Саяна – корневые патогены // *Хвойные бореальной зоны*. 2009. Т. XXVI. № 1. С. 33–41.
- Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований. Приложение 3 к приказу Рослесхоза от 29.12.2007 № 523. 74 с.
- Скрипальщикова Л. Н., Стасова В. В., Татаринцев А. И., Пляшечник М. А., Некрасова А. А.* Мониторинг состояния березовых древостоев пригородных лесов г. Красноярска // *Экосистемы Центральной Азии: исследования, сохранение, рациональное использование*. Кызыл: Тувинский гос. ун-тет, 2012а. С. 175–177.
- Скрипальщикова Л. Н., Стасова В. В., Татаринцев А. И., Пляшечник М. А.* Аккумуляция техногенной пыли березняками разнотравными в зоне воздействия известняковых карьеров г. Красноярска // *Вестник КрасГАУ*. 2012б. № 10. С. 96–100.
- Средняя Сибирь / под ред. И. П. Герасимова, В. С. Преображенского, Г. Д. Рихтера. М.: Наука, 1964. 480 с.
- Стасова В. В., Скрипальщикова Л. Н., Зубарева О. Н., Татаринцев А. И.* Строение и развитие тканей ствола *Betula pendula* (Betulaceae) в условиях антропогенного

- загрязнения // Раст. ресурсы. 2011. Т. 47. Вып. 2. С. 66–75.
- Стасова В. В., Скрипальщикова Л. Н., Секретенко О. П., Татаринцев А. И., Пляшечник М. А.* Влияние тяжелых металлов на структуру древесины *Betula pendula* (Betulaceae) в техногенно-нарушенных ландшафтах Красноярской лесостепи // Раст. ресурсы. 2013. Т. 49. Вып. 4. С. 532–541.
- Татаринцев А. И.* Эколого-ценотические особенности пораженности березняков бактериальной водянкой в южной части Средней Сибири (Красноярская группа районов) // Сиб. экол. журнал. 2014. № 2. С. 273–281.
- Томашевич М. А.* Атлас патогенных микроорганизмов древесных растений Сибири. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2012. 250 с.
- Чернаков В. В.* Бактериозы лесных пород: диагностика, специфичность патологических процессов // Болезни и вредители в лесах России: век XXI. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2011. С. 96–98.
- Чеха В. П., Шапарев Н. Я.* Ландшафтная характеристика и природные ресурсы Красноярского края. Красноярск: РИО КГПУ, 2004. 184 с.
- Щербин-Парфененко А. Л.* Бактериальные заболевания лесных пород. М.: Гослесбумиздат, 1963. 148 с.
- Экологическое состояние пригородных лесов Красноярска / отв. ред. Л. И. Милютин. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2009. 179 с.

Ecological and Phytopathological Status of Birch Stands on the Territory of Krasnoyarsk Group of Districts

A. I. Tatarintsev¹, L. N. Skripalshcikova²

¹ Siberian State Technological University

Prospect Mira, 82, Krasnoyarsk, 660049 Russian Federation

² V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch

Akademgorogok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation

E-mail: lespat@mail.ru, lara@ksc.krasn.ru

According to inspection data, the health and vital status of birch (*Betula pendula* Roth.) stands in Krasnoyarsk group of lands (southern part of Central Siberia) were estimated (established) as satisfactory in general; about half of birch stands near urbanized areas were weakened. The condition of stands decreased significantly with increased recreation use, the effect of technogenic pollution was negligible. The most valuable (important) representatives of pathogenic biota identified on birch trees were infestations of necrotic cancer and rot diseases. In birch stands the bacterial dropsy was found to be widespread (agent of infection – *Erwinia multivora* Scz.-Parf), occurrence of the disease ranged from a single ill tree up to 10–38 % of the stands. The birch stands in taiga areas were affected to a greater extent than in forest-steppe; there were high yield class stands on moist soils. Prevalence of bacteriosis rose with increasing stand age and density and not dependent on recreation use level. Trees with dropsy are dead in fact or potentially. In taiga birch forests the infection and rot of roots was caused by honey agaric (*Armillaria mellea* sensu lato), that lead to single or, rarely, group tree drying and the fungus usually eliminated already weakened trees. Wood biomass was destroyed by complex of aphyllorphorous Hymenomycetes, their hemiparasitic species caused stem rots that decreased stand marketability and also resulted in rot-related wind-break accumulation. Occurrence of rot was significantly higher in second growth birch stands, possibly above 20 %; the relationship between rot prevalence and forest assessment was not revealed.

Keywords: birch stands, tree stand status, recreational impact, technogenic pollution, pathogenic consorts, bacterial dropsy, rot diseases.

How to cite: Tatarintsev A. I., Skripalshcikova L. N. Ecological and phytopathological status of birch stands on the territory of Krasnoyarsk group of districts // *Sibirskij Lesnoj Zurnal* (Siberian Journal of Forest Science). 2015. N. 2: 8–19 (in Russian with English abstract).