

Смоляной рак сосны обыкновенной в лесах Беларуси

Н. И. Федоров, В. А. Ярмолович

Смоляной рак сосны является одной из наиболее распространенных и вредоносных болезней в лесах Восточной Европы, в том числе и в сосновых насаждениях России и Беларуси. Вызывается заболевание двумя облигатными паразитами из порядка ржавчинных грибов — *Cronartium flaccidum* Wint. и *Peridermium pini* (Willd.) Lév. et Kleb.

Интерес к изучению смоляного рака сосны проявляется на протяжении более чем векового периода. Отечественными исследователями проведено значительное количество работ по изучению болезни (Керн, 1886; Политаев, 1894; Яницкий 1895; Матулянис, 1897; Конаржевский, 1898; Трошанин, 1929; Власов, 1929; Соловьев, 1929; Ковригин, 1936; Сокановский, 1932; Гусева, 1957; Воронцов, Сергеева, 1958; Федоров, 1964; Федоров и др. 1970; Воронцов 1971; Романовский и др., 1971; Рожков, 1975; Конев, 1979; Чураков, 1983, 1988; Панарина, 1985; Пауль, 1991 и др.). Во многих странах Западной Европы также проводилось и проводится изучение возбудителей смоляного рака (Naak, 1914; Klebahn, 1918; Liese, 1930; True, 1938; Milder, 1953; Pawsey, 1964; Hiratsuka, 1968, 1969; Van der Kamp, 1968, 1969, 1970; Klingström, 1963; Raddi, Ragazzi, 1982; Martinsson, Nilsson, 1987; Pei, Pawsey, 1990; Moricca, Ragazzi, 1996, 2000; Kaitera, Jalkanen, 1995 и др.).

Несмотря на множество проведенных исследований, до настоящего времени распространенность и вредоносность болезни в целом были изучены недостаточно. Не полностью были выяснены вопросы влияния эколого-лесоводственных показателей на степень поражения сосняков болезнью, особенности патогенеза болезни и биологии ее возбудителей, до сих пор не определен вид ржавчинного гриба, преобладающего в сосняках Восточной Европы, недостаточно обоснованы лесозащитные мероприятия, что и послужило предпосылкой для проведения данной работы.

В лесах Восточной Европы сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) занимает ведущее место. Так, к примеру, в Беларуси леса с господством данной породы произрастают на территории около 3,9 млн га (52,9% покрытой лесом площади) и имеют запас древесины свыше 600 млн м³. Они занимают разнообразные условия произрастания,

ГРИБНЫЕ СООБЩЕСТВА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

однако основная часть сосновых лесов (67%) произрастает на песчаных почвах недостаточного и неустойчивого увлажнения. Наибольшую площадь имеют молодые (41,5%) и средневозрастные (40,2%) сосняки. Половина общего запаса сосновых древостоев (49,8%) сосредоточена в средневозрастной группе. В целом по Беларуси преобладают сосняки мшистые (40,4%), вересковые (20,2%) и черничные (12,5%).

Распространенность смоляного рака сосны

Среди факторов, оказывающих влияние на лесопатологическое состояние древостоев, фитопатогенные организмы занимают ведущее место. В сосняках Беларуси наиболее часто встречаются следующие болезни, вызываемые патогенными грибами: сосновый вертун (*Melampsora pinitorqua* (d By) Rostr.), обыкновенное шютте (виды рода *Lophodermium*), снежное шютте (*Phacidium infestans* Karst.), пузырчатая ржавчина хвой сосны (виды рода *Coleosporium*), пестрая ситовая гниль корней (виды рода *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), белая заболонная гниль корней (*Armillaria*), пестрая ядровая гниль сосны (*Phellinus pini* (Thore et Fr.) Pil.), а также смоляной рак (*Cronartium flaccidum* и *Peridermium pini*).

В результате выборочного обследования сосняков было установлено (табл. 1), что наибольшую распространенность смоляной рак получил в сосняках подзоны дубово-темнохвойных лесов (28,2%), наименьшее — в подзоне грабовых дубрав (9,4%). Среди зараженных болезнью сосняков (88,3%) преобладают насаждения со слабой степенью поражения (до 5%), что обусловлено интенсивной хозяйственной деятельностью, и только около двух процентов поражено в сильной степени.

Таблица 1

Распространенность смоляного рака в сосняках Беларуси

Лесорастительная подзона	Обследовано, га	Площадь сосняков, в которых отмечено заболесвание	
		га	%
I. Дубово-темнохвойных (широколиственно-словоых) лесов	4889	1380	28,2
II. Грабово-дубово-темнохвойных лесов (слово-грабовых дубрав)	3720	685	18,4
III. Широколиственно-сосновых лесов (грабовых дубрав)	3340	315	9,4
Итого	11949	2380	19,9

Встречаемость пораженных болезнью сосняков растет по мере повышения возраста насаждений за счет накопления зараженных деревьев и сухостоя, погибшего от развития серянки. В молодняках I класса возраста, особенно до 10 лет, наблюдается наименьшая степень поражения (до 1%). Одной из причин этого является сложная визуальная диагностика болезни на молодых деревьях.

В условиях республики наименьшей пораженностью характеризовались сосняки, произрастающие в крайних по увлажнению условиях, — как очень сухих (1), так и мокрых (5). С уменьшением плодородия лесных почв постепенно снижается и зараженность смоляным раком. Средняя пораженность сосновых насаждений на высокопродуктивных почвах (I—Ia классы бонитета) при отсутствии хозяйственной деятельности достигает 15%, в насаждениях с низкой продуктивностью (Va-б классы бонитета) — только 5–9% деревьев.

Низкая полнота насаждений в большинстве случаев указывает на довольно высокую степень пораженности насаждений смоляным раком. Наиболее высокий процент поражения сосняков, составляющий в среднем 24%, зафиксирован при полноте насаждения 0,3–0,4. В сильно разреженных высоковозрастных композициях из деревьев сосны, произрастающих в условиях городской среды, в некоторых случаях болезнью были охвачены все деревья. В смешанных хвойно-лиственных насаждениях с участием сосны только в виде примеси отмечена наименьшая степень поражения смоляным раком (до 3%). Напротив, в чистых по составу сосновых насаждениях зараженность болезнью в среднем превышает 15%-ный уровень. Снижение степени пораженности сосняков серянкой происходит при повышении доли участия в составе других пород — березы, ели, ольхи, осины, однако дуб оказывает наибольшее положительное влияние.

Статистическая обработка экспериментального материала показала, что значения возраста, полноты, состава, бонитета, трофотопы, гигротопы по отдельности не имеют тесной корреляционной связи со степенью пораженности сосняков смоляным раком ($r < 0,5$). Поэтому для оценки выборки и установления формы связи были использованы методы множественной регрессии. В результате анализа была получена следующая формула связи:

$$Y = 0,10 + 0,13 A - 5,19 B + 5,70 A B - 11,53 P^3 + 2,41 \ln S, \quad (1)$$

где Y — % пораженных деревьев в насаждении; A — возраст насаждения, лет; B — показатель класса бонитета (табл. 2); P — полнота (0,1–1,0); S — доля участия сосны в составе насаждения (1–10).

ГРИБНЫЕ СООБЩЕСТВА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Таблица 2

Значения классов бонитета, используемых в формуле I

Класс бонитета	Ia	I	II	III	IV	V	Va
Значение	0	1	2	3	4	5	6

Уравнение имеет следующие параметры: коэффициент корреляции $r = 0,82$; критерий Фишера $F = 22,7$. Анализ остатков уравнения проводился путем сравнения вычисленного критерия Дарбина-Уотсона ($d = 1,798$) с табличными значениями и подтвердил значимость уравнения. Уравнение показывает среднюю корреляционную зависимость степени поражения насаждения смоляным раком от комплекса факторов: возраста, бонитета, полноты и состава насаждения. Добиться более высокой корреляционной зависимости не удалось в связи с тем, что трудно учесть множество других факторов, влияющих на процесс распространения и развития заболевания в насаждениях, произрастающих в различных экологических условиях.

Вредоносность смоляного рака в сосняках

Анализ модельных деревьев показал, что заражению подвергаются деревья практически всех классов возраста, однако наиболее часто (в 74% случаев) болезнь начинала развиваться на деревьях в возрасте 31–80 лет. Минимальный возраст, в котором происходит заражение, составляет 1–2 года. Максимальный возраст – около 111 лет, вероятно, этот предел обусловлен только лишь верхней границей возраста срубленных моделей. Максимальная продолжительность болезни на момент рубки наших модельных деревьев составила 52 года. На большинстве срубленных моделей размеры раковых язв еще не достигали своего максимального значения. В соответствии со средней скоростью роста раны по периметру ствола были вычислены прогнозные значения продолжительности болезни. Они показали, что при заражении дерева в возрасте 30 и более лет наиболее часто болезнь может развиваться на дереве в течение 20–40 лет. При медленном течении болезни прогнозируемый срок ее развития может достигать 140 лет. По окружности ствола мицелий распространяется в среднем со скоростью 2,3 см в год. Это примерно в 5 раз медленнее, чем рост раны по длине ствола, который в среднем за год составляет 10,6 см (примерно поровну вверх и вниз). Наибольшая скорость роста язвы наблюдается в начальный момент ее развития.

В подавляющем большинстве случаев на пораженных деревьях встречалась одна раковая язва (80%), реже – две (17%). Максимальное

количество язв на стволе, отмеченное нами, — 5, однако часто встречаются деревья, у которых кроме ствола поражены и некоторые ветви в кроне. Большинство раковых ран на обследованных деревьях располагалось в средней части кроны (43%), далее по убыванию: в верхней (25%), нижней (22%) и реже — под кроной (10%). Наибольшее число зараженных деревьев без признаков ослабления обычно имели язву под кроной, либо в нижней части ее, так как в этих частях с момента заражения и до появления видимых признаков ослабления язвой дерева проходит значительный промежуток времени в связи с большим периметром ствола.

Влияние раковой язвы на состояние дерева начинает сказываться при окольцованности ствола более $1/2$ его периметра. В категории «ослабленные» таких деревьев большинство. Начиная с категории «сильно ослабленные» и до категории «старый сухостой» преобладают уже деревья с кольцевой язвой. В категорию «сильно ослабленные» преимущественно входят деревья с язвой в верхней части кроны, то есть суховершинные, нижние ветви которых не утратили жизнеспособность; полностью усохшие деревья наиболее часто имеют язву в нижней половине кроны. В целом следует отметить, что значительная доля пораженных смоляным раком деревьев не имеет внешних признаков ослабления. Так, при перечете на пробных площадях к I категории состояния (без признаков ослабления) было отнесено примерно 29% пораженных деревьев. В результате накопления усохших от болезни деревьев их доля также велика (21%). Наименьшее количество в пораженных насаждениях (примерно 3%) имеют деревья, ежегодно отмирающие от смоляного рака.

Анализируя распределение деревьев по диаметру в целом на всех заложенных нами пробных площадях, следует отметить, что пораженные смоляным раком деревья относятся к средним ступеням толщины. Однако при рассмотрении распределения зараженных деревьев по ступеням толщины в каждом отдельно взятом древостое выяснилось, что пораженные деревья несколько превосходят по диаметру основную массу деревьев, но на незначительную величину (до 6%). Значит, облигатные патогены заражают хорошо развитые деревья, но в результате многолетнего развития болезни возраст этих деревьев постепенно снижается.

Исследования показали, что развивающаяся на стволе раковая рана влияет на распределение влаги в древесном стволе. Влажность как ядровой древесины, так и заболонной в центре раковой язвы оказалась гораздо ниже по сравнению с древесиной, находящейся за пределами раны. Причем, чем больше была степень охвата ствола язвой,

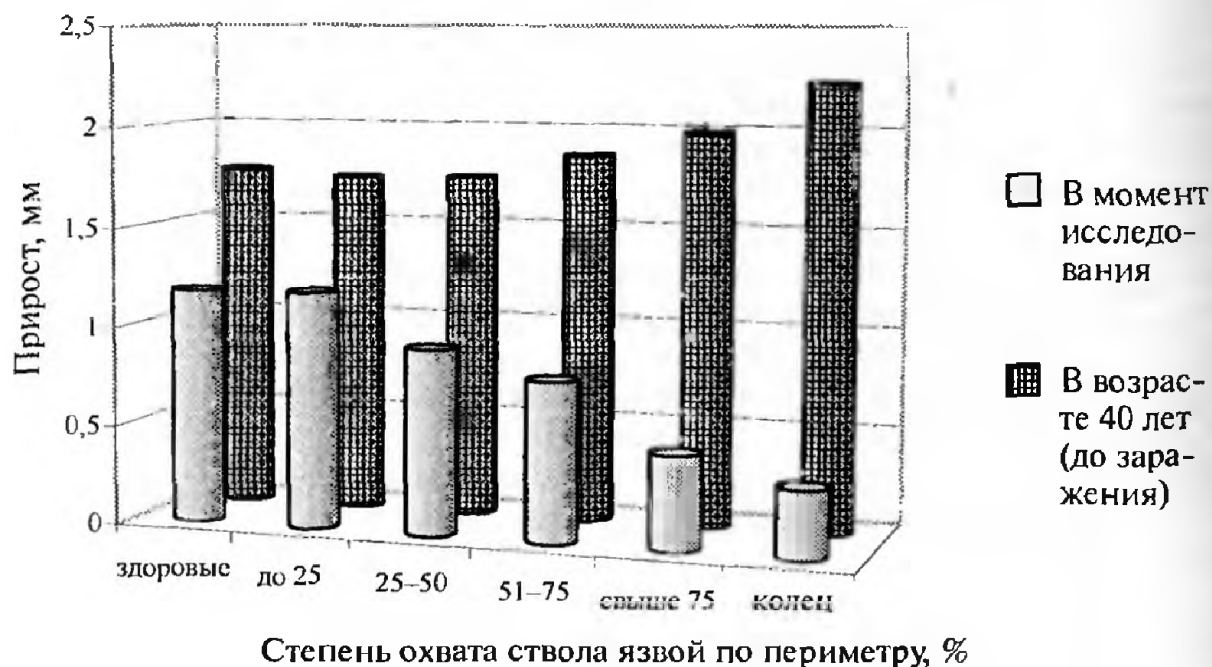
ГРИБНЫЕ СООБЩЕСТВА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

тем меньшей была влажность древесины. Причина этого заключается в том, что при более полном охвате ствола язвой происходит сильное засмоление заболони в центре поражения болезнью, которое блокирует продвижение влаги. Кроме того, снижение влажности древесины в районе расположения раковой язвы также вызвано потреблением ее мицелием патогена, развивающегося в заболонной древесине ствола и вызывающего разрушение смоляных ходов.

Практически во всех случаях влажность заболони, находящейся выше язвы и имеющей такую же экспозицию на стволе, оказывалась на 5–20% ниже по сравнению с заболонью противоположной стороны ствола. Значительных различий в плотности древесины (при 12%-ной влажности) в центре раковой язвы и за ее пределами нами не отмечено.

Несмотря на значительное влияние смоляного рака на водный режим и ассимиляционные процессы деревьев сосны семена, собранные с пораженных болезнью деревьев, по своим качественным показателям, а также по содержанию в них основных макроэлементов — азота, фосфора и калия — практически не отличались от здоровых, а иногда даже превосходили их.

Под воздействием болезни у зараженных деревьев наблюдается снижение текущего прироста (см. рис.). Во всех обследованных типах леса максимальное падение прироста, в 3–4 раза по сравнению со



Радиальный прирост здоровых и пораженных смоляным раком деревьев сосны

здоровыми деревьями, отмечено на пораженных смоляным раком суховершинных деревьях. Причем в более богатых условиях произрастания (сосняк кисличный) зараженное дерево слабее реагирует на интенсивность развития раковой язвы и охвата ею ствола по сравнению с деревьями, растущими на бедных песчаных почвах. На большинстве обследованных деревьев отмечено некоторое повышение радиального прироста сосны на начальном этапе развития язвы на стволе (охват до 25% периметра ствола). По мере увеличения размеров раковых язв и степени окольцованности ими ствола наблюдается снижение радиального прироста. Так, в категориях деревьев с охватом ствола язвой 50–75% и более его значение по сравнению со здоровыми деревьями падает до 40 и 70% соответственно. Кроме того, по сравнению со здоровыми у пораженных смоляным раком деревьев наблюдается снижение процента поздней древесины в годичных слоях на 10–15%.

Анализ радиального прироста деревьев по кернам древесины до момента заражения показал, что чаще поражаются деревья, имеющие в этом возрасте наиболее высокие показатели роста. Причем, чем выше оказывается прирост, тем больше вероятность, что в дальнейшем дерево будет поражено патогенами. Высокий прирост зараженных деревьев в начальной стадии поражения под влиянием растущей на стволе язвы с течением времени постепенно снижается — сначала до уровня средних показателей здоровых деревьев, а затем и ниже.

Смоляной рак сосны обыкновенной снижает выход деловой древесины из пораженных деревьев. Наибольшее влияние при этом оказывает протяженность раковой язвы. Максимальные потери в деловой древесине наблюдаются на деревьях с крупными раковыми ранами. Степень снижения выхода деловой древесины зависит также от места расположения раковой язвы по высоте ствола. Раковая рана в области кроны чаще оказывает влияние на выход тонкомерных сортиментов (балансы и др.), а язва под кроной снижает выход пиловочника. Сильная степень охвата язвой ствола по периметру, особенно в нижней части кроны и под ней, приводит к усыханию дерева, что значительно снижает ценность заготавливаемой древесины. Нами установлено, что при 20%-ной пораженности смоляным раком 80-летнего сосняка мшистого выход деловой древесины с 1 га снижается примерно на 9%. Стоимость заготовленных лесоматериалов (франко-лесосека) в этих условиях падает примерно на 8%. От развития смоляного рака в сосняках при рубках главного пользования лесохозяйственные предприятия Беларуси теряют примерно 265,6 млн руб., или 212,4 тыс. дол. США ежегодно.

Особенности биологии возбудителей смоляного рака

Возбудители смоляного рака относятся к ржавчинным грибам, характеризующимся сложным циклом развития, состоящим из нескольких типов спороношений. Эциальное (весеннее) спороношение, появляющееся на деревьях сосны обыкновенной, является основной вредящей стадией возбудителей болезни. В этой стадии оба патогена, *Cronartium flaccidum* и *Peridermium pini*, практически не отличаются друг от друга. Эции часто можно обнаружить на стволах и ветвях пораженных деревьев в конце весны – начале лета. В течение нескольких лет (1998–2001 гг.) в центральной части Беларуси нами проводилось наблюдение за сроками образования эциального спороношения (табл. 3). Продолжительность спороношения в зависимости от погодных условий и других факторов изменяется от двух до четырех недель. Интенсивность спороношения зависит от его продолжительности, количества и размеров образовавшихся на деревьях эций.

Таблица 3

Сроки эциального спороношения гриба *Peridermium pini*

Год	Сроки спороношения		Продолжительность спороношения, дни	Обильность спороношения
	начало	окончание		
1998	22 мая	15 июня	25	Средняя
1999	26 мая	20 июня	26	Высокая
2000	30 мая	11 июня	13	Низкая
2001	28 мая	24 июня	18	Средняя

Наши наблюдения также показывают, что минимальный возраст побега с эциями составляет, как правило, три, а иногда и два года. При способности патогена заражать однолетние побеги это может указывать на одно-, двухлетний срок его инкубационного периода. Минимальный возраст дерева, на котором нами было обнаружено спороношение, 5, максимальный – 105 лет, однако вряд ли это является предельным возрастом, так как болезнь способна развиваться на сосне значительно дольше.

Размеры эций грибов в условиях республики в среднем составляют $5,4 \times 3,8 \times 2,1$ мм, а эциоспор – $22,1 \pm 2,0 \times 16,9 \pm 1,7$ мкм. В разных районах Беларуси по этому признаку значительных различий не отмечено. Отношение длины к ширине в среднем варьирует незначительно и составляет $1,32 \pm 0,2$, то есть споры по форме почти округлые или слабоэллиптические. По нашим данным, в одной эции может содержаться от 7500 до 125000 спор (в зависимости от размера эция), в среднем составляя примерно 60 тыс. спор.

Эциальное спороношение нами было отмечено на стволе или ветвях на различной высоте, как в верхней, так и средней, реже в нижней части кроны. Под кроной, на стволе в области грубой коры, эции не наблюдались. Длина участка, занятого эциями, колеблется в широких пределах— от 0,5 до 40 см, в среднем составляя примерно 5 см. Ширина зоны с эциями (протяженность по периметру) составляет 1–8 см. Этот участок может быть кольцевым (чаще при развитии болезни на молодых побегах или ветвях сосны) или односторонним (на стволах деревьев, особенно в средней и нижней части кроны), располагаться в области мутовок или между ними. Нередко наблюдаются два-три участка ствола с эциями по разные стороны ствола с раковой язвой.

Наши исследования по изучению условий прорастания эциоспор показали, что они слабо прорастают в воде и на водном агаре. Добавление питательных элементов в среду приводило к увеличению числа проросших спор, наиболее успешно они проросли на среде сусло-агар со следующими элементами (на 1 л среды): $\text{CaNO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 500 mg; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 73 mg; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 25 mg; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 250 mg; KH_2PO_4 , 140 mg; $\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 14 mg. Однако добавление питательных элементов приводило к проблеме заражения среды посторонней быстрорастущей микрофлорой, в основном плесневыми грибами. Поэтому основная часть опытов была проведена на стандартной среде сусло-агар (табл. 4). В целом следует отметить, что способность спор к прорастанию в опытах в большой степени зависела от условий погоды во время их сбора. Если споры были собраны в дождливую погоду или при высокой относительной влажности воздуха, то их способность прорастать была очень низкой (проросло до 5% от обследуемого количества).

Таблица 4

Интенсивность прорастания эциоспор *Peridermium pini* на сусло-агаре

Номер образца	Местоположение образца	% проросших спор	% спор с одной ростковой трубкой	Средняя длина ростковых трубок после инкубации, мк	
				24 часа	72 часа
2	Березинский ГЗ	49	93	90	156
3	Бегомльский лесхоз	24	77	50	92
4	Минский леспаркхоз	35	82	45	83
8	Негорельский лесхоз	32	86	33	40
Среднее		35	85	55	93

Начальная стадия прорастания занимает значительный промежуток времени. По нашим наблюдениям, 6–7 часов при оптимальной температуре (+20 – +25°C) не приводят к заметной активности, после чего наступает быстрый рост гифы. Рассматривая процесс заражения эциоспорами *in vivo*, следует отметить, что данный сравнительно длительный период является критическим. Изменение условий внешней среды, и прежде всего снижение влажности, влечет за собой гибель патогена. Относительно низкая температура 15–17°C в опытах приводила к увеличению периода прорастания и снижению числа проросших спор.

Большинство проросших в наших опытах спор (около 85%) имели одну ростковую трубку, остальные – две. Ростки простирались чаще без ветвления, однако иногда имели неправильное дихотомическое ветвление. Их длина редко достигала 160 мкм даже после 96 часов инкубации. Ширина чаще была одинаковой на всем протяжении трубки (2,7–5,1 мкм) или слабо снижалась к вершине. Септирования в ростковых трубках нами не отмечено.

Замер на стволах раковых язв различных экспозиций показал, что совокупность таких условий, как хорошая освещенность и прогреваемость ствола, более тонкая кора, частое попадание спор и периодическое увлажнение, делают юго-западную сторону дерева местом более частого возникновения раковых язв.

На основании анализа результатов проведенных исследований по биологии патогена, характера поражения сосны, наличия возможных промежуточных растений-хозяев патогена, а также опытов по искусственному заражению следует, что в условиях Беларуси основным возбудителем смоляного рака является ржавчинный гриб *Peridermium pini* (Willd.) Lév. et Kleb.

Мероприятия по ограничению развития смоляного рака

В настоящее время вопросам надзора за появлением и развитием смоляного рака в республике уделяется довольно мало внимания, несмотря на то, что болезнь является распространенной и вредоносной и довольно хорошо визуально заметна на деревьях в насаждении при образовании засмоленных раковых язв. С целью своевременного выявления болезни рекогносцировочный надзор следует проводить в первую очередь в следующих типах сосняков: кисличном, черничном, орляковом и мшистом начиная с III класса возраста и старше, в насаждениях с полнотой 0,4 и выше, обращая особое внимание на состояние деревьев, растущих вдоль опушек и по границам выделов.

Проведение надзора за появлением смоляного рака в молодняках следует приурочивать к срокам эциального спороношения патогенов, так как раковые язвы на тонких стволиках трудноразличимы, развиваются очень быстро и зачастую трудно определить, по какой причине произошло усыхание дерева.

В зараженных насаждениях при наличии признаков поражения смоляным раком не менее чем на 5% деревьев следует проводить детальный надзор для уточнения характера протекания болезни. С этой целью на специально подобранных участках необходимо закладывать пробные площади, на которых следует производить сплошной пере-чет деревьев с подразделением их на категории состояния согласно «Санитарным правилам в лесах Республики Беларусь». Ввиду того, что раковые язвы чаще располагаются с южной (юго-западной) стороны ствола, при пере-чете на пробной площади рекомендуется двигаться в направлении с юга на север.

В Беларуси в настоящее время разработана и развивается система оперативного многоуровневого контроля за лесопатологическим состоянием лесов на основе аэрокосмической информации. В связи с установкой и вводом в эксплуатацию станции приема космической информации со спутников имеется возможность производить аналого-компьютерную обработку спектрзональных снимков для изучения и картирования лесопатологических явлений в лесах, в том числе своевременного выявления очагов смоляного рака. Такие работы уже проводятся в некоторых зарубежных странах, поэтому после предварительных испытаний и адаптации методики ранней диагностики смоляного рака в лесах можно рекомендовать и в условиях республики.

Одним из действенных методов селекции сосны на устойчивость к болезням является метод прямого отбора высокоустойчивых к заболеванию отдельных форм. Выращивание посадочного материала для создания культур сосны следует производить только из семян, собранных с узкокронных деревьев из шишек с бугристым и крючковатым апофизом.

Основным лесохозяйственным приемом борьбы со смоляным раком является своевременное проведение рубок ухода и выборочных санитарных рубок. При средней и сильной степени поражения болезнью рубки следует проводить в несколько приемов, не допуская значительного изреживания насаждений. При этом в первую очередь необходимо вырубать суховершинные и с крупными язвами на стволе под кроной и в ее нижней части деревья, а также заселенные стволовыми вредителями. Следует формировать высокополнотные сосняки с листовыми породами в их составе.

ГРИБНЫЕ СООБЩЕСТВА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Из проверенных нами средств защиты растущих деревьев от поражения смоляным раком можно рекомендовать биологические препараты – гризивиридин и флавесцин, а также химический – фундазол (0,5%-ный водный раствор). Препараты следует наносить непосредственно на поверхность раковой раны. Однако вследствие трудоемкости такой обработки, индивидуальному лечению препаратами рекомендуется подвергать только особо ценные деревья.

Заключение

1. Смоляной рак является одной из наиболее распространенных и вредоносных болезней в сосняках Беларуси, так как условия роста сосны в целом благоприятствуют развитию и распространению данной болезни. Болезнью поражено около 20% сосняков, большинство зараженных насаждений имеет слабую степень поражения. Наибольшему поражению в условиях Беларуси подвергаются чистые низкополнотные сосняки мшистого, орлякового, черничного и кисличного типов леса. При отсутствии мер ухода за лесом в насаждениях IV класса возраста и выше наблюдается накопление пораженных смоляным раком деревьев, а также сухостоя. Возраст (A), полнота (P), доля участка сосны в составе насаждения (S) влияют на степень поражения сосновых насаждений болезнью (Y). Влияние этих факторов можно выразить следующим уравнением:

$$Y = 0,10 + 0,13A - 5,19B + 5,70A \cdot B - 11,53P^3 + 2,41 \ln S.$$

2. На основании проведенных исследований биологии патогена, характера поражения сосны, наличия возможных промежуточных растений-хозяев патогена, а также опытов по искусственному заражению следует, что в условиях Беларуси основным возбудителем смоляного рака является ржавчинный гриб *Peridermium pini* (Willd.) Lév. et Kleb. с неполным циклом развития.

3. Наиболее часто, особенно в высоковозрастных насаждениях, смоляной рак развивается на дереве в течение нескольких десятков лет, образуя при этом раковые язвы, увеличивающиеся в размерах (вдоль и поперек ствола) и оказывая влияние на весь ход ростовых процессов деревьев. Состояние зараженных деревьев зависит от степени окольцованности ствола язвой. Признаки ослабления дерева визуально наблюдаются при охвате ствола раной по периметру более чем наполовину. Наиболее сильное влияние на состояние деревьев оказывают раковые язвы, расположенные в средней и нижней частях кроны. В лучших условиях произрастания (сосняк кисличный) влияние раковой язвы на ростовые процессы дерева

проявляется слабее. Раковая язва, постепенно окольцовывая ствол, препятствует нормальному транспорту воды в крону. При степени охвата ствола язвой более 75–80% снижение радиального прироста дерева происходит на 45–70%, у суховершинных деревьев – в 3–5 раз. Поражение растущих деревьев смоляным раком не оказывает существенного влияния на качественные показатели семян, однако использовать их для выращивания посадочного материала нежелательно.

4. Смоляным раком чаще поражаются хорошо развитые деревья, обладающие повышенным приростом. Они образуют хорошо прогреваемый верхний полог насаждения и наиболее доступны для заражения путем переноса спор облигатного паразита воздушными течениями. На начальных этапах развития болезни у зараженных деревьев наблюдается незначительная стимуляция ростовых процессов, которую можно рассматривать как ответную реакцию дерева на вторжение и развитие патогена.

5. Смоляной рак сосны снижает выход деловой древесины из пораженных деревьев. Степень снижения ее выхода зависит от длины и места расположения раковой язвы на стволе. Максимальная степень снижения наблюдается на деревьях с крупной язвой (более 2 м) под кроной или в ее нижней части. При 20% пораженности насаждения смоляным раком в возрасте главной рубки выход деловой древесины снижается примерно на 9%. Стоимость заготовленных лесоматериалов (франко-лесосека) в этих условиях падает примерно на 8%. Прогноз показывает, что от развития смоляного рака в сосняках при рубках главного пользования лесохозяйственные предприятия Беларуси будут терять примерно 265,6 млн руб., или 212,4 тыс. дол. США ежегодно.

6. С целью ограничения вредоносности болезни посадочный материал для создания культур должен выращиваться из семян, собранных с узкокронных деревьев из шишек с бугристым и крючковатым апофизом. Необходимо формировать высокополнотные смешанные разновозрастные сосняки. Для индивидуального лечения ценных деревьев сосны рекомендуются биологические препараты – гризивиридин и флавесцин, а также химический – фундазол (0,5%-ный водный раствор). Основным лесохозяйственным приемом борьбы с болезнью следует считать проведение рубок ухода и выборочных санитарных рубок. Своевременное выявление болезни в сосновых насаждениях республики при этом должно производиться на основании материалов рекогносцировочного и детального надзора.

ЛИТЕРАТУРА

Власов А. А. Поражение сосновых насаждений пузырчатой ржавчиной в Присурском лесном массиве // Изв. Казанского ин-та с.-х. и лесн. х-ва. Казань, 1929. Вып. 2. С. 21–23.

Воронцов А. И., Сергеева В. Г. Роль смоляного рака в усыхании сосновых насаждений // Науч. докл. высшей школы. Лесоинженерное дело. 1958. № 2. С. 14–17.

Воронцов А. И. Смоляной рак в лесах Приокско-Тerrasного заповедника // Тр. Приокско-Тerrasного государственного заповедника. М., 1971. Вып. 5. С. 29–50.

Гусева А. Н. Пузырчатая ржавчина в сосняках Южной Якутии // Лесное хоз-во. 1957. № 3. С. 39–41.

Керн Э. Э. Несколько слов о *Peridermium pini* – сосновом ржавчиннике // Лесной журн. 1886. Вып. 5. С. 503–505.

Ковригин С. А. Зараженность деревьев *Peridermium pini* в Брянском лесном массиве на различных почвообразующих породах // Тр. Брянского лесн. ин-та. Брянск, 1936. Т. 1. С. 15–17.

Конаржевский С. Опыт борьбы с ржавчинником // Лесной журн. 1898. Вып. 4. С. 348–349.

Конев Г. И. Сосновая губка и серянка – опасные заболевания сосны в Забайкалье // Лесное хоз-во. 1979. № 11. С. 51–53.

Матулянис П. С. К вопросу о повреждении сосны ржавчинником // Лесной журн. 1897. Вып. 2. С. 255–256.

Минкевич И. И. Математические методы в фитопатологии. Л., 1977. 48 с.

Панарина А. Д. Влияние рекреационного воздействия на распространение корневой губки и смоляного рака в сосновых насаждениях Нарочанского лесничества Мядельского лесхоза // Современные проблемы лесозащиты и пути их решения. Минск, 1985. С. 145–146.

Пауль Э. Э. Смоляной рак сосны и прочность древесного ствола // Тез. докл. Второй Всесоюз. науч.-тех. конференции «Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов». М., 1991. Ч. 1. С. 179–180.

Политаев В. К. К вопросу об эксплуатации сосновых насаждений, поврежденных грибом *Aecidium pini* // Лесной журн. 1894. Вып. 1. С. 31–32.

Рожков А. А. Смоляной рак (К борьбе с вредителями леса) // Защита растений. 1975. № 1. С. 44–45.

Романовский В. П., Кочановский С. Б., Михалевич П. К. Лесопатологическое состояние сосновых древостоев Беловежской пуши // Беловежская пуца (исследования), Минск, 1971. Вып. 4. С. 9–38.

Сокановский Б. В. *Peridermium pini* f. *corticola* Rabh. и его влияние на массовое размножение лесных вредителей // Защита растений. 1932. № 3. С. 9–15.

Соловьев Ф. А. Пузырчатая ржавчина сосны // Зап. лесн. оп. станция. Л., 1929. Вып 6, ч. 1. С. 35–36.

Трошанин П. Г. Исследование зараженности сосновых насаждений пузырчатой ржавчиной // Лесн. опыт. станция. Бюл. № 2. Казань, 1929. С. 27–28.

Федоров Н. И. Влияние смоляного рака на содержание хлорофилла в хвое и водный режим деревьев сосны // Ботаника (исследования). Минск, 1964. Вып. 6. С. 255–258.

Федоров Н. И., Раптунович Е. С., Воронкова Н. Г. Влияние смоляного рака на интенсивность дыхания и активность окислительных ферментов сосны // Микол. и фитопат. 1970. Т. 4, вып. 1. С. 44–50.

Чураков Б. П. Грибы и грибные болезни сосны обыкновенной в ленточных борах Алтайского края. Иркутск, 1983. С. 68–73.

Чураков Б. П. Влияние фитопатогенных грибов на дифференциацию деревьев сосны обыкновенной // Изв. вузов. Лесной журн. 1988. № 2. С. 7–10.

Яницкий И. О. О повреждениях сосновых насаждений пузырчатой ржавчиной // Лесной журн. 1895. Вып. 6. С. 525–526.

Naak O. Der Kienzopf (*Peridermium pini* (Willd.) Kleb.). Seine Übertragung von Kiefer zu Kiefer ohne Zwischenwirt. f. // Forst Jagdwesen. 1914. Bd. 46. S. 3–46.

Hiratsuka Y. Morphology and cytology of aeciospores and aeciospores germ tubes of host-alternating and pine-to-pine races of *Cronartium flaccidum* in northern Europe // Can. J. Bot. 1968. Vol. 46. P. 1119–1126.

Hiratsuka Y. *Endocronartium*, a new genus for autoecious pine stem rusts // Can. J. Bot. 1969. Vol. 47. P. 1493–1495.

Kaitera J., Jalkanen R. Distribution of *Endocronartium pini* in Northern Finland // Proc. 4th IUFRO Rusts of Pines. Working Party Conf. Tsucuba. 1995. P. 115–118.

Klebahn H. *Peridermium pini* (Willd.) Kleb. und seine Übertragung von Kiefer zu Kiefer // Flora. 1918. Bd. 11. S. 194–207.

Klingström A. Germination of aeciospores of *Peridermium pini* (Pers.) Lev // Svensk Botan. Tidskr. 1963. Vol. 57. P. 277–282.

Liese J. Der Kienzopf und der Choriner Provenienzfläche // Z. Forst- und Jagdwesen. 1930. Prod. 62. S. 23–45.

Martinsson O., Nilsson B. The impact of *Cronartium flaccidum* on the growth of *Pinus sylvestri*. // Scand. J. Forest Res. 1987. Vol. 2. № 3. P. 349–357.

Moricca S., Ragazzi A. Culture characteristics and variation of *Cronartium flaccidum* isolates // Can. J. Bot. 1996. Vol. 74. N 6. P. 924–933.

Moricca S., Ragazzi A. Antagonism of two-needle pine stem rust fungi *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* by *Cladosporium tenuissimum* in vitro and in planta // Phytopathology. 2000. Vol. 91. N 1. P. 122–132.

Mülder D. Die disposition der Kiefer für den Kiensofphbefall als Kernproblem waldbautechnischer Abwehr // Schriftreihe der Forstl. Fak. der Universität Göttingen und Mitteilungen der Niedersächsischen Forstl. 1953. Bd. 10. S. 1–35.

ГРИБНЫЕ СООБЩЕСТВА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Pawsey R. G. Resin-top disease of Scots pine (*Peridermium pini*) // For. Comm. Leaf. 1964. Vol. 49. 8 p.

Pei M. H., Pawsey R. G. Axenic culture of *Peridermium pini* // Mycol. Res. 1990. Vol. 95 (1). P. 108–115.

Raddi P., Ragazzi A. Italian studies on resistance to pine blister rust (*Cronartium flaccidum*) // Resistance to Diseases and Pests in Forest Trees. Wageningen. Pudoc. 1982. P. 236–242.

True R. Gall development on *Pinus sylvestris* attacked by the Woodgate *Peridermium* and morphology of the parasite // Phytopathology. 1938. Vol. 28. P. 24–26.

Van der Kamp B. J. *Peridermium pini* (Pers.). Lev. and resin-top disease of Scots pine. I. A review of the literature // Forestry. 1968. Vol. 41. P. 190–198.

Van Der Kamp B. J. *Peridermium pini* (Pers.) Lev. and the resin-top disease of Scots pine. II. Lesion anatomy // Forestry. 1969. Vol. 42. P. 185–201.

Van Der Kamp B. J. *Peridermium pini* (Pers.) Lev. and the resin-top disease of Scots pine. III. Infection and lesion development // Forestry. 1970. Vol. 43. P. 73–88.