

Лабораторные и полевые опыты показали высокую биологическую эффективность фунгицида Менара, КЭ (98,2%) при опрыскивании растений сосны 0,1% рабочей жидкостью (норма расхода препарата 0,5 л/га) в начале мая (с началом роста побегов) с повторной обработкой через 3 недели. Среди биологических препаратов наиболее эффективны Фрутин, Ж (83,4%); Фитопротектин, Ж (89,7%); Бетапротектин, Ж (82,6%).

Проведенные исследования позволили установить возраст и условия назначения мероприятий по химической или биологической защите – в сосняках до 7 лет с развитием заболевания в средней и сильной степени (более 10% или балле поражения – 2 и выше). При эпифитотийном уровне развития диплодиоза экономический эффект (на 1 га) от применения фунгицида Менара составляет 1637,3 тыс. руб. (в ценах на 2012 г.) с сокращением затрат лесного хозяйства на выращивание лесных культур сосны обыкновенной в течение двух лет на 18%; биопрепарата Фитопротектин – 106,1 тыс. руб. и 1,1% соответственно. В масштабах республики при среднем уровне эпифитотии диплодиоза обработка только двухлетних лесных культур сосны может сэкономить от 61,5 (Фитопротектин, Ж) до 949,6 млн. руб. (Менара, КЭ).

Выводы. Из болезней, приводящих к усыханию однолетних побегов сосны, наиболее часто в Беларуси встречается диплодиоз. Эта болезнь зарегистрирована нами в лесных насаждениях Беларуси впервые, но в настоящее время уже имеет значительные распространённость (37,2% обследованной площади) и вредоносность. Установлено, что наибольшую распространённость диплодиоз имеет в возрасте насаждений 6–10 лет (58,6%), на участках леса I–II классов бонитета (32,5% и 41,6% соответственно), в чистых по составу насаждениях, в типе леса сосняк черничный (57,9%), такие участки следует в первую очередь назначать для ведения лесопатологического надзора. Вредоносность диплодиоза заключается в гибели до 40% пораженных растений (в возрасте до 3-х лет), а также в снижении прироста деревьев по диаметру на 4,3–20,4%, по высоте на 2,0–19,5% (в зависимости от степени поражения); вредоносность соснового вертуна – в деформации ствола пораженных деревьев (в 58,8% случаев). Разработанная шкала оценки вредоносности дает возможность прогнозировать ущерб от диплодиоза и обосновывать целесообразность защитных мероприятий.

Установленный цикл развития *S. sapinea* и исследования эффективности фунгицидов и биопрепаратов позволили разработать научно обоснованную систему защитных мероприятий, включающих: двукратное применение фунгицида Менара, КЭ (экономический эффект 1637,3 тыс. руб./га) или биопрепарата Фитопротектин, Ж (106,1 тыс. руб./га), а также внесение селитры аммиачной (1,0%), способствующее снижению распространённости диплодиоза в 3 раза, или суперфосфата двойного (1,0%), снижающего распространённость соснового вертуна в 5 раз.

Литература

1. Федоров, Н.И. Лесная фитопатология: учеб. для студентов специальности «Лесное хозяйство» / Н.И. Федоров. – Минск, БГТУ, 2004. – 462 с.
2. Падутов, В.Е. Методы молекулярно-генетического анализа / В. Е. Падутов, О.Ю. Баранов, Е.В. Воропаев. – Минск. – 2007. – 176 с.

ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ ЛЕСА В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

Арефьев Ю.Ф.¹, Парамонова Т.А.²

¹Воронежский государственный лесотехнический университет, arefjev@voronezh.net;

²Ульяновский государственный университет, paramonova-77@mail.ru

PROBLEM OF FOREST PROTECTION IN THE CONDITIONS OF GLOBAL WARMING

Arefjev Y.F.¹, Paramonova T.A.²

Global warming strengthens the influence on the natural phenomena in the world and in the European part of Russia. As a result of it, the problem of forest protection from the pathogenic organisms becomes complicated. The scientific understanding of this phenomenon will allow not only to improve in due time considerably protection of forest plantings against pathogenic organisms, but also to slow down the further development of process of climate warming. Test objects in our researches were ascomycet *Erisiphe alphitoides*, basidiomycets *Heterobasidion annosum* and *Porodaedalea pini*. Researches were spent in oak and forests of the European part of Russia.

Глобальное потепление, как следствие индустриальной революции, усиливает своё влияние на природные явления в мире [4] и в европейской части России [3]. В результате обостряется проблема защиты леса от патогенных организмов. Научное понимание этого феномена позволяет не только радикально улучшить защиту лесных насаждений, но и замедлить процесс потепления климата. Цель исследований – обосновать эффективность эколого-генетического подхода в защите древесных растений от патогенных грибов. На основе результатов исследований и литературных данных [2-5] предложены превентивные меры по ограничению развития патогенных грибов в сосновых борах и дубравах России и замедлению будущих климатических изменений.

Объекты и методика. Многолетние исследования (с 1996 года, когда потепление климата стало более заметным) проводились в дубравах и сосняках Среднерусской лесостепи (Шипов лес, Хреновской бор, в лесных культурах Учебно-Опытного лесхоза Воронежского государственного лесотехнического университета, а также в сосновых древостоях Ульяновской области (Кузоватовское, Переньгульское, Барышское и Инзенское лесничества).

Тест-объекты: аскомицет *Erisiphe alphitoides*, базидиомицеты *Heterobasidion annosum* и *Porodaedalea pini*.

Патосостояние деревьев и насаждений оценивалась по 5-ти балльной шкале (табл. 1).

Таблица 1. Шкала оценки патосостояния деревьев и насаждений

Баллы	Сохранность кроны и ствола, %	Индексы
4	100	Полная (total)
3	> 50, ср. 75	Высокая (heavy)
2	< 10, ср. 5	Средняя (moderate)
1	< 10, ср. 5	Низкая (light)
0	0	Нулевая (zero)

Лучшее патосостояние деревьев и насаждений оценивается высшим баллом 4, худшее – баллом 0.

Обилие (*abundance*) спорокарпов *Erisiphe alphitoides*, *Heterobasidion annosum*, *Porodaedalea pini*, как среднее число особей, приходящихся на 100 деревьев определялось по 5-ти балльной шкале (табл. 2).

Таблица 2. Шкала оценки обилия спорокарпов патогенных грибов

Баллы	Среднее число особей на 100 деревьев по видам грибов			Уровни обилия
	<i>Erisiphe alphitoides</i>	<i>Heterobasidion annosum</i>	<i>Porodaedalea pini</i>	
4	15 - 25, ср. 20	5 – 6, ср. 5,5	5 – 6, ср. 5,5	Очень высокий уровень
3	9 - 14, ср. 15	3 – 4, ср. 3,5	3 – 4, ср. 3,5	Средний уровень обилия
2	2 – 8, ср. 5	2 – 3, ср. 2,5	2 – 3, ср. 2,5	Низкий уровень обилия
1	< 2, ср. 0,5	< 1, ср. 1	< 1, ср. 1	Единичный уровень
0	0	0	0	Нулевой уровень

Примечание. Среднее число базидиокарпов *Heterobasidion annosum* определялось в очагах корневой гнили, *Porodaedalea pini* – в сосновых древостоях IV – V классов возраста, *Erisiphe alphitoides* – на 1 см² листовой пластинки пораженных патогеном листьев (в лесной подстилке)

Развитие болезни определялось по формуле:

$$D = \frac{\sum (n \times b)}{N \times B} 100\%$$

где D – развитие болезни, %; N – общее количество учтённых растений; B – высший бал по принятой шкале; n – число растений определённого балла; b – определённый балл.

Статистический анализ. Количественные оценки были получены на основе однофакторного вариантного анализа. Их достоверность проверялась посредством χ^2 . Уровень значимости $P = 0,05$.

Результаты исследований и их анализ. Динамика патосостояния исследованных насаж-

дений в Среднерусской лесостепи (Воронежская область) в период 1991–2014 гг. представлена в табл. 3.

Таблица 3. Динамика патосостояния насаждений в Шиповом лесу и Хреновском бору в период 1991–2014 гг.

Характеристика насаждений				Патосостояние (балл) по периодам наблюдений (годы)			Уровень значимости, %
Лесорастит. условия	Состав	Полнота	Возраст, лет	1991–1995	1996–2010	2011–2014	
Шипов лес							
Д ₂	8Д2Я	0,8	65	3,6	3,4	2,9	0,05
Хреновской бор							
А ₂	8С2Д	0,8	40	3,4	3,1	2,8	0,05

Как следует из табл. 3, патосостояние исследованных насаждений в Шиповом лесу и Хреновском бору имело тенденцию к ухудшению. Среди патогенных организмов в Шиповом лесу доминировал сумчатый гриб *Erisiphe alphitoides*, в Хреновском бору – базидиальные грибы *Heterobasidion annosum* и *Porodaedalea pini*.

Динамика развития болезни листьев дуба, вызываемой патогеном *Erisiphe alphitoides*, корневой пёстрой ямчато-волокнуистой гнили сосны, вызываемой патогеном *Heterobasidion annosum*, стволовой пёстрой ядровой гнили, вызываемой патогеном *Porodaedalea pini*, в исследованных насаждениях, представлена в таблице 4.

Таблица 4. Динамика развития болезней (D), вызываемых грибами *Erisiphe alphitoides*, *Heterobasidion annosum*, *Porodaedalea pini*, в исследованных насаждениях

Патогены	Развитие болезней (%) по периодам наблюдений (годы)			Уровень значимости, %
	1991–1995	1996–2010	2011–2014	
<i>Erisiphe alphitoides</i>	86	91	94	0,05
<i>Heterobasidion annosum</i>	48	53	55	> 0,05
<i>Porodaedalea pini</i>	8	13	17	0,05

Как следует из таблицы 4, развитие болезней, вызываемых *Erisiphe alphitoides* и *Porodaedalea pini* в исследуемом периоде, имело тенденцию к росту, болезнь, вызываемая *Heterobasidion annosum*, имела устойчивый характер.

Динамика обилия спорокарпов патогенных грибов *Erisiphe alphitoides*, *Heterobasidion annosum*, *Porodaedalea pini* в исследуемом периоде, представлена в таблице 5.

Таблица 5. Динамика обилия спорокарпов патогенных грибов *Erisiphe alphitoides*, *Heterobasidion annosum*, *Porodaedalea pini*, в исследованных насаждениях

Патогены	Динамика обилия спорокарпов (%) по периодам наблюдений (годы)			Уровень значимости, %
	1991–1995	1996–2010	2011–2014	
<i>Erisiphe alphitoides</i>	32	21	8	0,05
<i>Heterobasidion annosum</i>	4	0,8	0,1	0,05
<i>Porodaedalea pini</i>	0,9	0,3	0,02	0,05

Как следует из таблицы 5, динамика обилия спорокарпов патогенных грибов *Erisiphe alphitoides*, *Heterobasidion annosum*, *Porodaedalea pini*, в исследованных насаждениях, имела чётко выраженную тенденцию к снижению.

Таким образом, в условиях Среднерусской лесостепи (Воронежская область) проявилась противоречивая тенденция повышения или стабилизация развития болезней, вызываемых грибами *Erisiphe alphitoides*, *Heterobasidion annosum*, *Porodaedalea pini*, при чётко выраженной тенденции снижения обилия их спорокарпов. Данный феномен объясняется доминированием асексуального цикла размножения патогенных грибов.

Обилие спорокарпов *Porodaedalea pini* в сосняках Ульяновской области представлено в таблице 6.

Таблица 6. Обилие спорокарпов *Porodaedalea pini* в сосняках Ульяновской области

Типы леса	Обилие спорокарпов, %	Уровень значимости, %
Сосняк сложный	2,8	0,05
Сосняк разнотравный	2,5	0,05
Сосняк лишайниковый	1,9	0,05

Как следует из таблицы 6, уровень обилия спорокарпов *Porodaedalea pini* в сосняках Ульяновской области значительно превышает уровень обилия спорокарпов в сосняках более южной Воронежской области (табл. 5). Данный феномен объясняется ингибированием сексуального цикла развития патогена в условиях более тёплого и сухого климата. Развитие болезни происходит почти исключительно по асексуальному циклу.

Асексуальный цикл развития патогенных грибов более опасен для насаждений древесных растений, поскольку при этом распространяют наиболее вирулентные штаммы патогена. В популяции патогена доминирует направленный естественный отбор, инициирующий эпифитотии. Проблема защиты леса от патогенных организмов в условиях глобального потепления заключается в том, чтобы противостоять развитию эпифитотий. Наиболее эффективен для достижения этой цели эколого-генетический подход, формирование мозаичных насаждений.

Мозаичность является важнейшим фактором устойчивого развития лесов в лесостепном регионе и противостоять негативному эффекту глобального потепления. Линейные лесные монокультуры способствовали широкому распространению эпифитотий. В монокультурах снижается уровень биологического разнообразия, нарушаются принципы естественной авторегуляции в лесных экосистемах. Формируется биотическая дезинтеграция. Мозаичные насаждения, как альтернатива линейным монокультурам, наиболее близки естественным лесам. В их жизни активизируются регуляторы биоразнообразия – естественный отбор, конкуренция, инбридинг, генетический дрейф.

В условиях мозаичных насаждений в популяциях патогенных организмов доминирует дизруптивная (разрывающая, на разные экологические ниши) форма естественного отбора, снижающая приспособленность патогенов. В результате формируется биотическая интеграция, как основа превентивной лесозащиты.

Инбридинг в популяциях патогенных организмов повышает гомозиготность потомств, снижая их приспособленность, вызывая инбридинговую депрессию в популяциях.

Заключение. Глобальное потепление активизирует асексуальный цикл развития патогенных грибов, в результате которого повышается вероятность возникновения эпифитотий. Особенно значительно влияние потепления на лесопатологическую ситуацию в Среднерусской лесостепи России. В качестве превентивной защиты лесных насаждений рекомендуется формирование мозаичных насаждений. Полноценные мозаичные насаждения будут противостоять глобальному потеплению через регуляцию патогенеза в лесных экосистемах, увеличение запаса воды в почве, транспорта воды в атмосферу, через снижение CO₂ в атмосфере.

Литература

1. Парамонова, Т.А. Анализ состояния сосновых древостоев Ульяновской области [Текст] / Т.А. Парамонова, Е.А. Тюрина // Актуальные проблемы мониторинга экосистем антропогенно нарушенных территорий: материалы научно-практич.конф. с междунар. участием. – Ульяновск: УлГУ, 2011. – С. 63 – 66.
2. Arefjew, Ju.F. Genetisch-ökologische Aspekte des Forstschutzes [Text] / Ju.F. Arefjew // DerWald. – 1995. – № 7. – S. 238 – 239.
3. Arefjew, Ju.F. Symptome der Klimaänderung – ein Beispiel aus Russland [Text] / Ju.F. Arefjew // AFZ Der Wald. – 1999. – № 11. – S. 558 – 560.
4. Giertych, M. & Matyas, C. Genetics of Scots Pine. Developments in plant genetics and breeding. Amsterdam, The Netherlands. – 1991. – 280 pp.
5. Kölling, Ch. Waldumbau unter den Vorzeichen des Klimawandels [Text] / Ch. Kölling, Ch. Ammer // AFZ Der Wald. – 2006. – № 20. – S. 1086 – 1089.