

## ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ КОРНЕВЫХ И СТОЛОВЫХ ГНИЛЕЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS*) В УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛЕСАХ

©2013 Д.В. Веселкин,<sup>1,2</sup> Е.В. Колтунов<sup>3</sup>, С.Ю. Кайгородова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт экологии растений и животных УрО РАН, г.Екатеринбург

<sup>2</sup> Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г.Екатеринбург

<sup>3</sup> Ботанический сад УрО РАН, г.Екатеринбург

Поступила 11.02.2013

Изучена связь между распространением стволовых и корневых гнилей и агрохимическими свойствами почв в урбанизированных насаждениях *Pinus sylvestris* L. Исследования проведены на 12 пробных площадях, расположенных на территории г. Екатеринбурга и в его окрестностях. Установлено, что доли деревьев с корневыми гнилями и суммарно с корневыми и стволовыми гнилями теснее всего связаны с соотношением  $N_{\text{легкогидролизуемый}} / P_2O_5$  в лесной подстилке. С ростом относительной обеспеченности азотом пораженность гнилевыми болезнями возрастает, с ростом относительной обеспеченности фосфором – снижается. Другие агрохимические свойства почв оказались менее тесно связанными с распространением гнилей.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, стволовые гнили, корневые гнили, урбанизированные леса, рекреация, техногенное загрязнение, агрохимические свойства почв, рН почвы, легкогидролизуемый азот.

Проблемы рационального использования и охраны урбанизированных лесов в промышленных регионах в связи с ростом масштабов антропогенных воздействий становятся в последнее время особенно актуальными [16, 17]. Для разработки экологически обоснованных принципов управления лесами, в том числе городскими и пригородными, необходимо детальное исследование механизмов, детерминирующих их устойчивость при разных антропогенных воздействиях.

Одним из основных последствий снижения устойчивости древостоев и их иммунитета в условиях антропогенных, и в частности, рекреационных нагрузок, является значительный рост пораженности инфекционными болезнями, особенно вызываемыми ксилотрофными базидиомицетами. Наибольшее значение имеют корневые и стволовые гнили. К настоящему времени результаты исследований разных авторов [4, 6–11, 18] однозначно свидетельствуют о возрастании уровня пораженности древостоев гнилевыми болезнями в городских и пригородных лесах. Высокие рекреационные нагрузки сопровождаются механическими повреждениями стволов и корневых лап деревьев [8, 9], уплотнением почв и изменением их состава, ухудшением кислородного режима, обеднением видового состава почвенной микро-

флоры со сдвигом в сторону преобладания патогенных форм [2, 3, 13, 14, 24]. Также в городских условиях высокая рекреационная нагрузка часто сочетается с загрязнением почвы и воздушной среды. Это сопровождается снижением устойчивости древостоев и иммунитета деревьев, вследствие чего пораженность древостоев гнилевыми болезнями возрастает.

Детальный анализ факторов устойчивости лесов к патогенным грибам не входит в задачу настоящего исследования, но в целом известно, что устойчивость древостоев к гнилевым болезням детерминируется большим кругом причин, отдельные из которых к настоящему времени изучены недостаточно. Можно предполагать, что в условиях урбанизированной среды ранги отдельных факторов, детерминирующих параметры иммунитета древостоев, могут значительно изменяться. В связи с этим нами изучено влияние агрохимического состава почв на распространение стволовых и корневых гнилей сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в урбанизированных насаждениях, испытывающих разные уровни рекреационной нагрузки и аэротехногенного загрязнения.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

**Участки и пробные площади.** Исследования проводились на 12 постоянных пробных площадях, расположенных по три площади на четырех участках, два из которых находятся в г. Екатеринбурге, а два – за городом (рис. 1).

Вследствие этого пробные площади различаются набором доминирующих антропогенных факторов, которые условно обозначены как факторы «урбанизации» и «рекреационной нагрузки». Отдавая отчет, что рекреационные воздейст-

Веселкин Денис Васильевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник.

E-mail: denis\_v@ipae.uran.ru

Колтунов Евгений Владимирович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник.

E-mail: evg\_koltunov@mail.ru

Кайгородова Светлана Юрьевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник.

E-mail: Kaygorodova@ipae.uran.ru

вия могут рассматриваться как часть комплексного фактора урбанизации, мы считаем возможным использовать предложенную схему по следующим причинам: На одном из участков в черте города (территория дендрария Ботанического сада УрО РАН) вследствие заповедного режима (запрет посещения), преимущественно, выражен только один фактор – урбанизация или комплексное воздействие городской среды, основным составляющим которого являются разные формы химического (аэротехногенного) загрязнения. Рекреационные нагрузки выражены относительно слабо. На другом городском участке (лесопарк рядом с дендрарием) воздействие фактора урбанизации сочетается с заметной рекреационной нагрузкой. Участок, с умеренной рекреационной нагрузкой, где аэротехногенное загрязнение, предположительно, выражено лишь на уровне регионального фона, расположен в 10 км от Екатеринбурга. Контрольный участок, на котором не выражены ни урбанизация, ни рекреационные нагрузки, а уровень атмосферного загрязнения также, предположительно, соответствует региональному фону, расположен также в 10 км от Екатеринбурга.

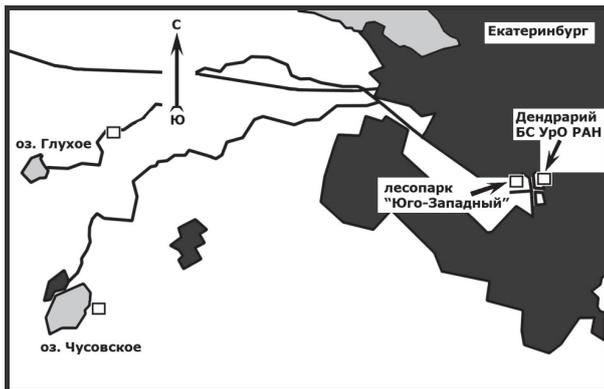


Рис. 1. Схема расположения участков (отмечены квадратами)

Пробные площади, размерами порядка 50х50 м имеют близкое сходство по лесорастительным условиям (сосняк разнотравный), таксационным параметрам древостоев, рельефу, возрасту древостоев, почвенным условиям.

**Почвенный покров и агрохимические свойства почв.** На каждой площади заложено и описано по одному почвенному разрезу. В почвенных образцах, отобранных из трех верхних горизонтов (лесной подстилки, гумусово-аккумулятивного и подгумусовых) стандартными методами [1, 19] определены: кислотность (рН, гидролитическая), содержание обменных оснований (Са, Mg, Са+Mg, степень насыщенности основаниями) и элементов минерального питания (подвижные соединения калия, фосфора, нитраты). Все измерения выполнены в лаборатории ИЭРиЖ УрО

РАН, аккредитованной в системе аналитических лабораторий (аттестат РОСС.RU0001.515630). Содержание легкогидролизуемого азота определяли в вытяжке Тюрина-Кононовой (0,5 н H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) [15] методом высокотемпературного сжигания в токе кислорода на автоматическом анализаторе Multi N/C (фирмы: Analytic-Jena AG, Германия).

**Пораженность сосны корневыми и стволовыми гнилями** изучали путем взятия кернов из ствола и трех корневых лап у каждого из 30 деревьев сосны первого яруса [8, 9]. Деревья для взятия кернов брали на каждой пробной площади без отбора, по трансекте, через одинаковое расстояние от предыдущего дерева. Встречаемость стволовых и корневых гнилей учитывали раздельно. Кроме того определяли суммарную пораженность сосны гнилевыми болезнями, т.е. долю деревьев, которые имеют гниль хотя бы одной локализации – или стволовую, или корневую или и ту и другую [7]. В настоящей работе использованы оценки, не дифференцированные по стадиям развития гнилевых болезней.

**Статистический анализ.** При исследовании взаимосвязи между агрохимическими свойствами почв и пораженностью древостоев гнилями использовали непараметрический коэффициент корреляции Спирмена ( $r_s$ ), учетной единицей при расчете которого было значение признака на одной пробной площади ( $n = 12$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Общая характеристика древостоев.** Все пробные площади представлены спелыми высокополнотными древостоями сосны 100–150-летнего возраста II–III классов бонитета со средней высотой 25–30 м и средним диаметром 36–48 см [23]. Деревья сосны первого яруса на всех участках не различались по продолжительности жизни хвои, степени дефолиации и относительному жизненному состоянию [22]. В урбанизированных лесах заметно трансформирован травяно-кустарничковый ярус, подлесок и подрост деревьев [5, 20].

**Почвенный покров** исследованных участков представлен средне- и слабокаменистыми типичными и оподзоленными буроземами, формирующимися в условиях хорошего дренажа. Оценки плотности гумусовых горизонтов ненарушенных выделов на всех площадях близки (0,77–0,85 г/см<sup>3</sup>). Под влиянием вытаптывания плотность верхних горизонтов повышается в 1,2–1,5 раза (до 0,95–1,10 г/см<sup>3</sup>), подстилки и гумусовые горизонты выбиваются и эродируются. В городских лесах наблюдается снижение мощности подстилки в 1,5–1,8 раза, по сравнению с участком с региональным уровнем атмосферного загрязнения без рекреационных нагрузок.

Агрохимические свойства урбанизированных и неурбанизированных почв заметно различались.

В городских лесах, по сравнению с загородными, установлено подщелачивание верхних горизонтов на 0,2-0,5 единицы рН и накопление обменных оснований. Почвенный поглощающий комплекс в условиях городской среды насыщен, в основном, кальцием и общая степень насыщения (Ca+Mg) достигает 45–60% по сравнению с 25–40% на загородных участках. Из элементов минерального питания существенно возросло только содержание азота; количество калия и фосфора не изменяется ни в связи с фактором урбанизации, ни в связи с фактором рекреации. Вместе с тем содержание легкогидролизуемых форм азота в условиях урбанизации существенно увеличивается: примерно в 2 раза в подстилках (от 11–22 мг/100 г почвы на загородных участках до 25–45 мг/100 г почвы в городских лесах) и примерно в 1,3 раза в гумусовых горизонтах (от 3–6 до 5–7 мг/100 г почвы).

Таким образом, трансформация исходно кислых лесных почв под влиянием фактора урбанизации протекает довольно типично. Эффекты подщелачивания, насыщения обменного комплекса кальцием, увеличения обменной емкости и обогащения элементами питания ранее неоднократно показаны для урбанизированных почв [3, 13, 14, 24]. По нашему мнению, наиболее важной особенностью изученного почвенных свойств в урбанизированных лесах является возрастание содержания подвижных форм азота. Это свидетельствует о неспособности фитоценозов полно-

стью использовать ресурсы биогенных элементов местообитаний в городских условиях.

Количественные особенности **пораженности сосны обыкновенной корневыми и стволовыми гнилями** на исследованных площадях детально описаны ранее [7]. Как показали результаты, основные различия в распространении гнилей наблюдаются между городскими и загородными участками (табл. 1). Наибольшая степень пораженности гнилевыми болезнями наблюдалась в урбанизированных лесах (42–90%), а в загородных лесах она была значительно ниже (11–38%). Вместе с тем следует отметить, что самая высокая пораженность гнилями выявлена в условиях без выраженных рекреационных нагрузок, но при высоком уровне аэротехногенного загрязнения воздушной среды – на территории закрытого для посещения дендрария, где общая пораженность гнилевыми болезнями варьировала от 67 до 90%. В активно посещаемом лесопарке поражены 42–67% деревьев. На основании полученных результатов можно предположить, что интенсивное аэротехногенное загрязнение воздушной среды в условиях урбанизации оказывает более заметное воздействие на снижение иммунитета сосны и, соответственно, на пораженность сосны гнилевыми болезнями, по сравнению с умеренным техногенным загрязнением почвы или умеренным уровнем рекреационной дигрессии [7].

**Таблица 1.** Доля деревьев *Pinus sylvestris*, пораженных гнилевыми болезнями в разных условиях

Тип гнилей	Загородные участки		Городские участки	
	без выраженных рекреационных нагрузок, %	с выраженными рекреационными нагрузками, %	без выраженных рекреационных нагрузок, %	с выраженными рекреационными нагрузками, %
Стволовые гнили	0–14	13–38	33–60	25–33
Корневые гнили	0–11	0–13	40–56	25–33
Общая пораженность гнилями	11–14	25–38	67–90	42–67

**Связь распространения гнилей с агрохимическими свойствами почв.** Влияние кислотности почв на микобиоту и развитие инфекционных болезней деревьев до настоящего времени является предметом дискуссий [26, 27]. Так, показано, что при щелочной реакции почвенного раствора, особенно при превышении порога 6,0–6,5 рН возрастает инфекционная активность *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. на хвойных деревьях [25]. По полученным нами результатам, рН почвенных растворов не достигают столь высоких значений, составляя 5,7–5,9 рН в подстилках и 5,6–5,8 рН в гумусовых горизонтах на урбанизированных участках. Тем не менее, наблюдается значимая положительная взаимосвязь между величиной рН подстилки и пораженностью сосны корневыми гнилями и общей пораженностью (табл. 2). При

этом на всех графиках на рисунке 2 заметно «отклоняющееся» положение одной пробной площади (№ 6), расположенной на территории дендрария, на которой наблюдаются высокая интенсивность поражения стволовыми и корневыми гнилями, с трудом объяснимая в рамках гипотезы об однозначной взаимосвязи между рН почвы и распространением гнилей.

Таким образом, на проанализированных участках выражена сопряженность между рН подстилки и распространением гнилей сосны обыкновенной. Но эта связь, вероятно, не является функциональной, и нет свидетельств в пользу того, чтобы считать возрастание величины рН подстилки на урбанизированных площадях прямой причиной роста уровня пораженности сосны гнилевыми болезнями, а также рассматривать рН

подстилки как значимый фактор снижения иммунитета сосны к патогенным грибам.

Используя расчет коэффициентов корреляций (см. табл. 2), выполнен поиск агрохимических свойств почв, в наибольшей степени связанных со встречаемостью гнилевых поражений сосны. Тестировалась связь в отношении значительного количества почвенных характеристик, отдельно измеренных в лесных подстилках и гумусовых горизонтах. Как показали результаты, наиболее тесно величины долей деревьев, пораженных гниевыми болезнями, коррелируют с соотношением количества доступных для растений форм азота и фосфора в подстилке (соотношения  $N_{\text{легкогидролизуемый}} / P_2O_5$ ). Значения коэффициентов корреляции между этим показателем и встречаемостью гнилей не только статистически значимы, но и по абсолютным значениям приближаются к характеристикам функциональных, т.е. причинно-следственных, связей. Интересно, что наибольшие значения соотношения  $N_{\text{легкогидролизуемый}} / P_2O_5$  наблюдаются для пробной площади № 6, на которой установлен максимальный уровень гнилевых поражений (рис. 3). Такая тесная зависимость по-

зволяет заключить, что на исследованных участках высокая устойчивость к воздействию корневых и стволовых патогенов характерна для деревьев, растущих в условиях относительного дефицита подвижных или доступных форм азота по сравнению с доступными формами фосфора. При преимущественном увеличении содержания в подстилке доступных форм азота, по сравнению с фосфором, наблюдается рост доли пораженных деревьев. В то же время необходимо отметить, что доли деревьев с корневыми гнилями и общая пораженность положительно, но не очень тесно, коррелируют с абсолютным (в мг/100 г почвы) содержанием легкогидролизуемого азота в почве. С уровнем обеспеченности доступным азотом гумусового горизонта или с содержанием фосфора распространение гнилей, вероятно, не связано. В целом можно заключить, что уровень распространения гнилей в урбанизированных лесах преимущественно определяется именно балансом содержания основных элементов минерального питания в почве, а не уровнем абсолютной обеспеченности ими.

**Таблица 2.** Корреляционная зависимость между агрохимическими свойствами почв и уровнем пораженности *Pinus sylvestris* гниевыми болезнями

Свойства почв	Горизонт	Тип гнилевых болезней					
		стволовые		корневые		общая пораженность	
		<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
рН водный	A0	<b>+0,68</b>	<b>0,016</b>	<b>+0,70</b>	<b>0,011</b>	<b>+0,76</b>	<b>0,004</b>
	A1	+0,35	0,269	+0,45	0,144	+0,46	0,136
Насыщенность основаниями	A0	+0,49	0,106	<b>+0,75</b>	<b>0,005</b>	<b>+0,70</b>	<b>0,011</b>
	A1	+0,16	0,625	+0,42	0,179	+0,27	0,397
Содержание обменных оснований	A0	+0,53	0,078	<b>+0,59</b>	<b>0,045</b>	<b>+0,67</b>	<b>0,017</b>
	A1	+0,48	0,111	+0,49	0,103	<b>+0,62</b>	<b>0,033</b>
K <sub>2</sub> O	A0	-0,20	0,534	+0,06	0,862	-0,10	0,753
	A1	+0,08	0,803	-0,11	0,744	+0,02	0,957
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	A0	-0,26	0,417	-0,11	0,734	-0,17	0,594
	A1	-0,13	0,685	-0,54	0,070	-0,35	0,270
N <sub>легкогидролизуемый</sub>	A0	+0,48	0,117	<b>+0,61</b>	<b>0,034</b>	<b>+0,64</b>	<b>0,024</b>
	A1	-0,04	0,897	+0,22	0,495	+0,11	0,745
Соотношение $N_{\text{легкогидролизуемый}} / P_2O_5$	A0	<b>+0,76</b>	<b>0,004</b>	<b>+0,85</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>+0,90</b>	<b>&lt;0,001</b>
	A1	+0,09	0,770	+0,54	0,069	+0,32	0,313

Примечания: *r*<sub>S</sub> – коэффициент корреляции Спирмена; *P* – уровень значимости; значимые коэффициенты выделены полужирным шрифтом; *n* = 12.

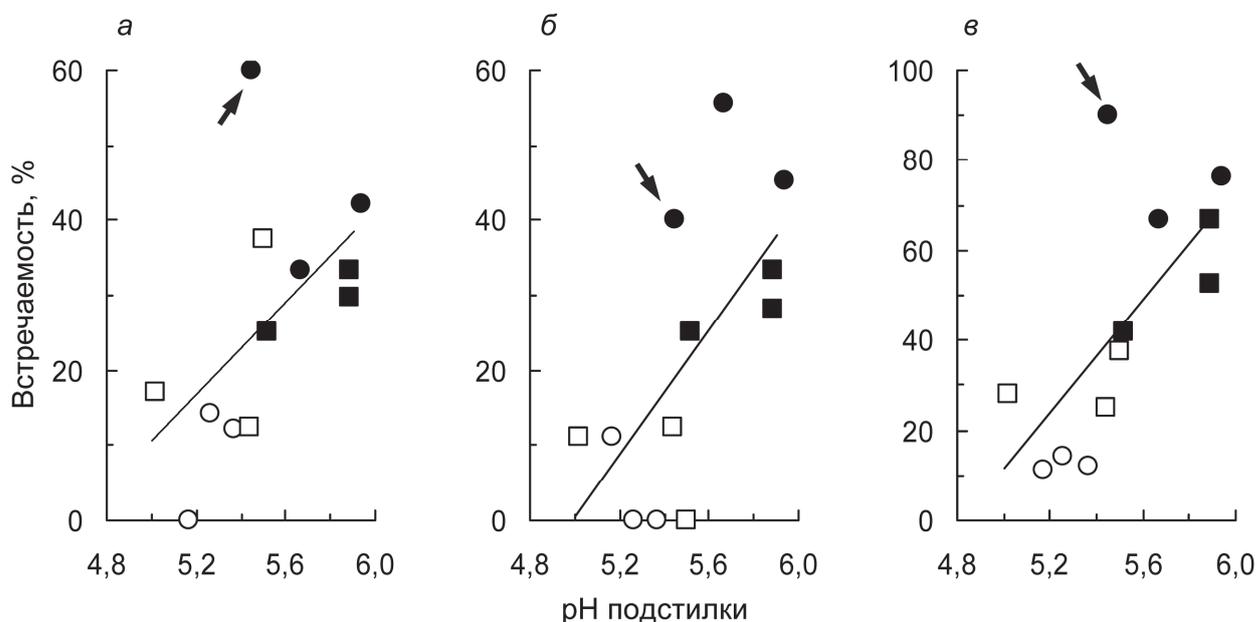
Обсуждаемые результаты в целом соответствуют представлениям, что высокая пораженность сосны гниевыми болезнями в городских насаждениях может объясняться комплексом факторов, таких как высокий уровень рекреационной нагрузки в комплексе с аэротехногенным загрязнением, антропогенная трансформация почв, высо-

кий возраст древостоев, трансформация почвенной микобиоты в сторону преобладания патогенных видов [2]. Это сопровождается снижением иммунитета древесных растений и ростом пораженности древостоев гниевыми болезнями.

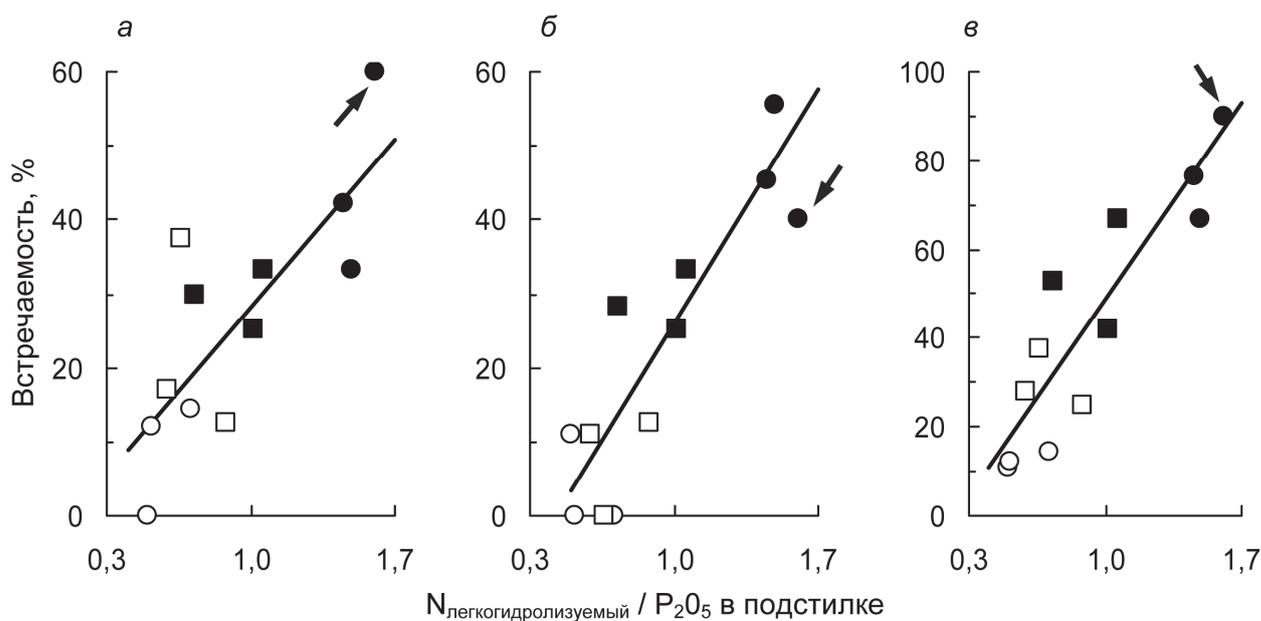
По нашему мнению, выявленные взаимосвязи между интенсивностью распространения гнилей и

почвенными характеристиками урбанизированных лесов представляют значительный интерес. Мы предполагаем, что возрастание доли поврежденных деревьев с ростом рН почвы и обеспеченности подвижными формами азота относительно фосфора может иметь как функциональный, так и коррелятивный характер. Сходные закономерности

ранее были установлены как при исследовании устойчивости древесных растений [21], так и, например, при изучении факторов устойчивости подсолнечника к белой гнили [12]: уровень устойчивости положительно коррелировал с содержанием в почве доступного фосфора и отрицательно – с содержанием азота.



**Рис. 2.** Зависимость между рН подстилки и встречаемостью стволовых (а), корневых (б) гнилей и общей пораженностью гнилями (в) *Pinus sylvestris*. Здесь и на рис. 3 разными фигурами обозначены сочетания условий: незалитые фигуры – загородные участки, залитые – городские; кружки – площади без выраженных рекреационных нагрузок, квадраты – площади с выраженными рекреационными нагрузками; стрелкой отмечена наиболее «уклоняющаяся» пробная площадь на территории дендрария.



**Рис. 3.** Зависимость между соотношением подвижных форм азота и фосфора в подстилке и встречаемостью стволовых (а) и корневых (б) гнилей и общей пораженностью гнилями (в) *Pinus sylvestris*.

Можно предполагать, что изменения обсуждаемых почвенных свойств в урбанизированных лесах могут оказывать влияние на обилие, видовой состав или патогенность паразитических ксилотрофных грибов, а, также, возможно, на уровень иммунитета деревьев. Важным аргументом в пользу того, что почвенные характеристики могут быть фактором, заметно влияющим на степень пораженности сосны гнилевыми болезнями, а, следовательно, и на уровень иммунитета деревьев, является более тесная связь со свойствами почвы (рН, насыщенность основаниями, содержание  $P_2O_5$ , соотношение  $N_{\text{легкогидролизуемый}} / P_2O_5$ ) распространения корневых гнилей, по сравнению со стволовыми (см. табл. 2). Гипотезы для объяснения такого влияния различны, но могут быть объединены в две группы: 1) изменения в сообществах фитопатогенных организмов вследствие, например, общих сдвигов в соотношении обилия основных групп почвенных организмов или оптимизации условий обитания и активности для отдельных видов грибов; 2) изменение состояния деревьев – разная скорость роста деревьев и их частей, разное строение корней и древесины, разное соотношение активности процессов первичного и вторичного метаболизма в зависимости от почвенных характеристик.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Распространение стволовых и, особенно, корневых гнилей в насаждениях сосны обыкновенной, произрастающих в широком диапазоне антропогенного загрязнения и рекреационной нарушенности на территории крупного промышленного города и в его окрестностях, наиболее тесно связано с соотношением количества легкогидролизуемого азота и доступного растениям фосфора в лесной подстилке. С ростом относительной обеспеченности азотом уровень пораженности гнилевыми болезнями возрастает, с ростом относительной обеспеченности фосфором – снижается. Другими почвенными свойствами, выступающими предикторами уровня пораженности гнилями, являются рН подстилки и ее насыщенность основаниями, с увеличением которых доля деревьев с корневыми гнилями также возрастает. Возможный функциональный характер связи между агрохимическими свойствами почв, особенно соотношением  $N_{\text{легкогидролизуемый}} / P_2O_5$  и распространением гнилей открывает возможность разработки мер снижения пораженности гнилевыми болезнями в урбанизированных или особо ценных насаждениях. Этот прием – внесение удобрений – известен в сельскохозяйственной фитопатологии и используется для регуляции видового состава сапротрофной почвенной микобиоты и снижения пораженности растений инфекционными болезнями [12].

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке Интеграционного проекта УрО РАН (проект 12-И-4-2057), руководителями и авторами идеи которого являются д.б.н. С.А. Шавнин (БС УрО РАН) и д.б.н. Е.Л. Воробейчик (ИЭРиЖ УрО РАН).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
2. *Ахметов В. М.* Корневые гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Нижнем Прикамье и меры по снижению их вредности: на примере Национального парка "Нижняя Кама": дисс. ... канд. с.-х. наук. Йошкар-Ола, 2007. 202 с.
3. *Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В.* Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация) М.; Смоленск: Ойкумена, 2003. 266 с.
4. *Залесов С.В., Колтунов Е.В.* Корневые и стволовые гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в Нижне-Исетском лесопарке г. Екатеринбурга // Аграрный вестник Урала. 2009. № 1. С. 73–75.
5. *Золотарёва Н.В., Подгаевская Е.Н., Шавнин С.А.* Изменение структуры напочвенного покрова сосновых лесов в условиях крупного промышленного города // Изв. Оренб. гос. аграр. ун-та. 2012. Т. 5. № 37. С. 218–221.
6. *Кобец Е.В.* Рекомендации по защите хвойных пород от корневой губки в лесах европейской части России. Пушкино: ВНИИЛМ, 2001. 16 с.
7. *Колтунов Е.В.* Корневые и стволовые гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в условиях антропогенного воздействия // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6. С. 254–254.
8. *Колтунов Е.В., Залесов С.В., Лаишевцев Р.Н.* Корневая и стволовая гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в городских лесопарках г. Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. Изд-во УГЛТУ, 2007. Вып. 1. С. 238–246.
9. *Колтунов Е.В., Залесов С.В., Демчук А.Ю.* Корневые и стволовые гнили и состояние древостоев Шарташского лесопарка г. Екатеринбурга в условиях различной рекреационной нагрузки // Аграрный вестник Урала. 2011. № 8. С. 43–46.
10. *Лебедев А.В.* Корневая губка в рекреационных ельниках и диагностика поражений деревьев // Изв. вузов. Лесной журн. 1998. №4. С. 29–35.
11. *Митрофанова Н.А., Чураков Б.П., Ханбекова В.Р.* Влияние рекреационной дигрессии на встречаемость дереворазрушающих грибов в дубовых экосистемах Ульяновской области // Проблемы лесной микологии и фитопатологии: материалы VIII междунар. конф. / под ред. В.Г. Стороженко и др. Ульяновск: УЛГУ, 2012. С. 224–227.
12. *Пахненко Е.П.* Роль почвы и удобрений в устойчивости растений к патогенным грибам в агроценозах: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. М., 2001. 49 с.
13. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрель, 1999. 768 с.
14. *Почва, город, экология / ред. Г.В. Добровольский.* М.: Фонд За экономическую грамотность, 1997. 310 с.
15. *Практикум по агрохимии: учеб. пособие / ред. В.Г. Минеев.* М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

16. Рысин Л.П., Рысин С.Л. Перспективы развития урбо-лесоведения в России // Вестн. МГУЛ – Лесной вестн. 2007. № 4. С. 45–49.
17. Рысин С.Л., Рысин Л.П. О необходимости разработки концепции рекреационного лесопользования на урбанизированных территориях // Вестн. МГУЛ – Лесной вестн. 2011. № 4. С. 129–138.
18. Селочник Н.Н. Факторы деградации лесных экосистем // Лесоведение. 2008. № 5. С. 52–60.
19. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
20. Толкач О.В., Добротворская О.Е. Состояние возобновления в зеленых зонах г. Екатеринбурга // Изв. Самарского НИЦ РАН. 2011. Т. 13. № 1(4). С. 919–921.
21. Федоров Н.И. Корневые гнили хвойных пород. М.: Лесная пром-сть, 1984. 160 с.
22. Шавнин С.А., Галако В.А., Менищikov С.Л., Власенко В.Э., Марущак В.Н. Жизнеустойчивость лесных экосистем урбанизированной территории г. Екатеринбурга // Изв. Оренб. гос. аграр. ун-та. 2010 а. Т. 3. № 27. С. 41–43.
23. Шавнин С.А., Галако В.А., Менищikov С.Л., Власенко В.Э., Марущак В.Н. Лесоводственно-таксационная оценка экологического состояния лесов в условиях рекреации и техногенного загрязнения // Изв. Оренб. гос. аграр. ун-та. 2010 б. Т. 3. № 27. С. 37–40.
24. Шергина О.В. Морфологические и физико-химические особенности почв города Иркутска // География и природные ресурсы. 2006. № 1. С. 82–90.
25. Gibbs J.N., Greig B.J.W., Pratt J.E. Fomes root rot in Thetford Forest, East Anglia: past, present and future // Forestry. 2002. Vol. 75. № 2. P. 191–202.
26. Johansson S.M., Pratt J.E., Asiogbu F.O. Treatment of Norway spruce and Scots pine stumps with urea against the root and butt rot fungus *Heterobasidion annosum* – possible modes of action // For. Ecol. Manag. 2002. Vol. 157. № 1–3. P. 87–100.
27. Puddu A., Luisi N., Capretti P., Santini A. Environmental factors related to damage by *Heterobasidion abietinum* in *Abies alba* forests in Southern Italy // For. Ecol. Manag. 2003. Vol. 180. № 1–3. P. 37–44.

## THE INFLUENCE OF SOIL AGROCHEMICAL PROPERTIES ON THE ROOT AND STEM ROT OF *PINUS SYLVESTRIS* IN URBANIZED FORESTS

© 2013 D.V. Veselkin<sup>1,2</sup>, E.V. Koltunov<sup>3</sup>, S.Ju. Kajgorodova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of plant and animal ecology, Ural Branch RAS, Ekaterinburg

<sup>2</sup> Ural federal university named after First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg

<sup>3</sup> Botanical Garden, Ural Branch RAS, Ekaterinburg

The interrelation between of stem and root rot distribution and agrochemical soil properties in urbanized pine forests is studied. The investigations was done at Ekaterinburg territory and the surrounding area on 12 sampling areas. The proportion of trees with root rot and the total from the root and stem rot is most closely related with the ratio  $N_{\text{easy hydrolyzable}} / P_2O_5$  in the forest floor, it was established. With the increase of nitrogen relative ensuring – the root and stem rot infestation is increased, with the increase of phosphorus relative ensuring – is reduced. The other agrochemical soil properties were less closely associated with the spread of rot.

Key words: *Pinus sylvestris*, rotting of stem, root rot, urban forests, recreation, aerotechnogenic pollution, soil agrochemical properties, easily hydrolyzable nitrogen.

---

*Veselkin Denis Vasil'evich, Candidate of Biology, Senior researcher. E-mail: denis\_v@ipae.uran.ru*

*Koltunov Evgenij Vladimirovich, Doctor of Biology, Leading researcher. E-mail: evg\_koltunov@mail.ru*

*Kajgorodova Svetlana Jur'evna, Candidate of Biology, Researcher. E-mail: Kaygorodova@ipae.uran.ru*